



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SUCUK ÜRETİMİNDE ETİN SARIMSAKLA MUAMELESİNİN
PROTEİN FOSFORİLASYONU, FİZİKOKİMYASAL ve
BİYOKİMYASAL NİTELİKLERE ETKİSİ

Ahmet DURSUN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

HATAY
ARALIK - 2022



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SUCUK ÜRETİMİNDE ETİN SARIMSAKLA MUAMELESİNİN
PROTEİN FOSFORİLASYONU, FİZİKOKİMYASAL ve
BİYOKİMYASAL NİTELİKLERE ETKİSİ**

Ahmet DURSUN
ORCID:0000-0003-0736-8740

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Zehra GÜLER
ORCID:0000-0003-1889-9379

HATAY
ARALIK - 2022

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SUCUK ÜRETİMİNDE ETİN SARIMSAKLA MUAMELESİNİN
PROTEİN FOSFORİLASYONU, FİZİKOKİMYASAL ve BİYOKİMYASAL
NİTELİKLERE ETKİSİ**

Ahmet DURSUN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Zehra GÜLER danışmanlığında hazırlanan bu tez // tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Başkan

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Doç. Dr.
Üye

Kod No:

Doç. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 19 D 004

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

30/12/2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Ahmet DURSUN

ÖZET

SUCUK ÜRETİMİNDE ETİN SARIMSAKLA MUAMELESİNİN PROTEİN FOSFORİLASYONU, FİZİKOKİMYASAL ve BİYOKİMYASAL NİTELİKLERE ETKİSİ

İki kısımdan oluşan bu çalışmada; ilk kısım kesim sonrası farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) sarımsak uygulamasının etlerde protein fosforilasyonu ile etin kimyasal, fiziksel, glikolitik, proteolitik, lipolitik nitelikleri ve uçucu bileşenlerine etkileridir. İkinci kısımda anılan oranlarda sarımsak uygulanmış ve farklı sürelerde (24 ve 48 saat) olgunlaştırılmış etlerden üretilen sucuklarda yine ette belirtilen niteliklere ilaveten duyuşal değerlendirmeler de depolama süresince tespit edilmiştir. Sarımsak uygulanan etler, sarımsak uygulanmayana (kontrol) kıyasla daha fazla metmyoglobin ve daha az oksimiyoglobin, a^* değeri (kırmızılık), renk stabilitesi, laktik ve formik asit içeriklerine ($P<0.001$) sahip olmuştur. Ayrıca daha yüksek glukoz ($P<0.05$), sitrik, pürivik, süksinik ve asetik asit ($P<0.001$) içeriğı ve pH değeri ($P<0.01$) göstermişlerdir. Glikojen fosforilaz, pürivat kinaz, fosfofruktokinaz, gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz ve triozfosfat izomeraz glikoliz enzimlerinin fosforilasyonları ile aktiviteleri ilişkilendirilerek, sarımsağın glikolizi inhibe edebileceğı belirlenmiştir. Depolamayla artan proteoliz indeksi, her iki sarımsak oranında; protein olmayan azot (NPN), Arg+Thr+Ala ve Tyr, %2 sarımsaklı etlerde önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Tiyobarbütirik asit reaktif maddelerin miktarı sarımsaklı etlerde daha fazla artmış; peroksit değeri, palmitik ve stearik asit en fazla depolamanın sonunda %2 sarımsaklı etlerde ($P<0.05$) belirlenmiştir. Sarımsak oranı arttıkça uçucu aldehit bileşenlerde de önemli ($P<0.001$) bir artma olmuştur. Sonuç olarak, sarımsağın ette ‘prooksidan’ olabileceğı belirlenmiş olup; taze et için uygulanması tavsiye edilebilir olmamaktadır.

Sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar, sarımsaksız olgunlaştırılan et sucuklarına (kontrol) kıyasla daha yüksek pH ($P<0.001$), fermentasyon sonrasında daha fazla sükroz ve fruktoz ($P<0.05$) içerikleri göstermiştir. Ayrıca sarımsaklı et sucukları daha az laktik, süksinik, asetik, bütirik, formik, propiyonik ve pürivik asit, NPN, toplam serbest aminoasit, Asp, Ser+Asn, Arg+Thr+Ala, Glu, Pro, Ile+Leu, Phe+Trp ve Lys içeriklerine sahip olmuştur. Sarımsakla et olgunlaştırmanın, sucuklarda depolamanın sonunda daha az palmitik, stearik ve oleik asit içeriğine; 30. günde de daha az etanol ve hekzanol içeriklerine neden olduğı gözlemlenmiştir. Sucuklar için en yüksek (9 puan üzerinde 7.42) ve en düşük (6.00) genel kabul edilebilirlik puanları sırasıyla depolamanın başlangıcında %2 sarımsakla ve depolamanın sonunda sarımsaksız 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra kontrole kıyasla sarımsakla olgunlaştırılan et sucukları daha az sertlik ($P<0.001$) ve çiğnenebilirlik ($P<0.05$) göstermiştir. Sonuç olarak, sucuk üretimi için sarımsağın kesimden sonra ete uygulanması sucukta istenilen düzeyde fermentasyon sağladığı gibi, daha az heterofermentatif organik asit oluşumuna, depolama süresince daha az proteolize ve lipolize neden olmuştur. Bu anlamda, sucuğa işlenecek etin özellikle 24 saatten daha uzun sürede olgunlaştırılmasında, bunun sarımsak uygulanarak gerçekleşmesi ürün kalite nitelikleri üzerine daha olumlu etkiler oluşturabilecektir.

2022, 320 sayfa

Anahtar Kelimeler: Et-sucuk, fosforilasyon, metmyoglobin, lipoliz, proteoliz

ABSTRACT

EFFECT of MEAT TREATMENT with GARLIC on PROTEIN PHOSPHORYLATION, PHYSICOCHEMICAL and BIOCHEMICAL PROPERTIES in SUCUK PRODUCTION

This study consists of two parts. The first part is on the effect of different garlic rates (0%, 1% and 2%) in the meat treatment after slaughter on the protein phosphorylation, chemical, physical, glycolytic, proteolytic, lipolytic, and volatile compounds. The second part is on the use of meat samples with different garlic ratios and aged in different time duration (24 and 48 hours) in sucuk production. In addition to these analyses, the sensory evaluation was performed in different sucuk samples during storage. It was observed that the garlic-treated meats compared to garlic-free (control) had less ($P<0.001$) oxymyoglobin, a^* value (redness), color stability, lactic and formic acid contents. But, they had more glucose ($P<0.05$), citric, pyruvic, succinic and acetic acid ($P<0.001$) contents. It was determined that garlic inhibited glycolysis by correlating the phosphorylation of glycolytic enzymes including glycogen phosphorylase, pyruvate kinase, phosphofructokinase, glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase and triosephosphate isomerase. In samples with different garlic rates, proteolysis index increased with storage. The increase in non-protein nitrogen (NPN), Arg+Thr+Ala and Tyr were significant ($P<0.05$) in meat with 2% garlic. The increase in thiobarbituric acid reactive substrates was more in meats with garlic. The peroxide value, palmitic and stearic acids were determined at the highest level in meat with 2% garlic at the end of storage ($P<0.05$). As the rate of garlic increased, there was a significant ($P<0.001$) increase in volatile aldehydes. As a result, it has been determined that garlic can be a 'prooxidant' in meat; it is not recommended to apply to fresh meat.

Sucuks produced from garlic-treated meat had a higher pH ($P<0.001$) value, and more sucrose and fructose after fermentation ($P<0.05$) compared to that of garlic-free one. They had also less lactic, succinic, acetic, butyric, formic, propionic and pyruvic acid, NPN, total free amino acid and Asp, Ser+Asn, Arg+Thr+Ala, Glu, Pro, Ile+Leu, Phe+Trp and Lys contents. It was observed that aging with garlic produced less palmitic, stearic and oleic acids in sucuks at the end of storage; resulted in less ethanol and hexanol on the 30th day of storage. The maximum ('7.42' out of '9') and minimum ('6' out of '9') overall acceptability scores for sucuk were observed in the meat samples aged for 48 h with 2% garlic at the beginning of storage and without garlic at the end of storage, respectively. Moreover, less firmness ($P<0.001$) and chewiness ($P<0.05$) were found in garlic-aging meat sucuks compared to control one. As a result, the application of garlic to the meat at pre-rigor stage for sucuk production not only provided the desired level of fermentation in sucuk, but also caused less heterofermentative organic acid formation and proteolysis and lipolysis during the storage period. In this context, if the meat which has been aged more than 24 h will be processed into sucuk, it may be more beneficial in terms of the product quality to perform this process with garlic.

2022, 320 pages

Key Words: Meat-sucuk, phosphorylation, metmyoglobin, lipolysis, proteolysis

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımda sürekli yanımda olan, gerek doktora tez konumun belirlenmesinde gerekse araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Zehra GÜLER'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez konusunun belirlenmesi ve çalışmaların takibinde profesyonel yaklaşımları ve öngörülleri ile katkı sağlayan Tez İzleme Komitesi üyeleri Prof. Dr. Yahya Kemal AVŞAR ve Doç. Dr. Cemil KÜREKÇİ'ye, elektroforez analizlerinde yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Yaşar AKIŞCAN ve Doç. Dr. Enver Ahmet DEMİR'e, laboratuvar çalışmalarımda yapmış oldukları katkı ve yardımları nedeniyle Arş. Gör. Dilek TÜRKMEN ve Sibel ABAY'a, duyuşal değerdendirmelerde panelist olarak yer alan HMKÜ Ziraat Fakültesi öğretim elemanlarına, maddi destek veren HMKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (Proje No: 19D004), HMKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü çalışanlarına ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiş herkese teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni, maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım aileme sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince daima yanımda olan kıymetli eşim Tuğba ve biricik kızım Tuğçe Naz'a sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak bu doktora tez çalışmasını sevgili annem Şerife DURSUN'un anısına ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Et proteinlerinin fosfoproteomik nitelikleri.....	5
2.2. Etin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal nitelikleri	22
2.3. Fermente sosislerin fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve duyuşal nitelikleri	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM	42
3.1. Materyal.....	42
3.2. Yöntem	43
3.2.1. Sucuk Üretimi.....	44
3.2.2. Analiz Yöntemleri	46
3.2.2.1. Kurumadde miktarının belirlenmesi.....	46
3.2.2.2. Toplam protein miktarının belirlenmesi.....	46
3.2.2.3. Yağ miktarının belirlenmesi	47
3.2.2.4. Kül miktarının belirlenmesi.....	47
3.2.2.5. Toplam fosfor miktarının belirlenmesi.....	47
3.2.2.6. pH değerinin belirlenmesi	48
3.2.2.7. Titrasyon asitliğinin belirlenmesi	48
3.2.2.8. Organik asit ve karbonhidratların belirlenmesi	49
3.2.2.9. Protein ekstraksiyonu ve jel elektroforezi	52
3.2.2.10. Protein olmayan azot tayini	53
3.2.2.11. Proteoliz indeksi	54
3.2.2.12. Serbest amino asitlerin belirlenmesi.....	54
3.2.2.13. Serbest yağ asitlerinin belirlenmesi.....	58
3.2.2.14. Peroksit değerinin belirlenmesi	59
3.2.2.15. Tiyoobarbitrik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi	60
3.2.2.16. Uçucu bileşenlerin belirlenmesi	61
3.2.2.17. Renk Analizi.....	62
3.2.2.18. Tekstür Analizi	63
3.2.2.19. Duyusal niteliklerin belirlenmesi	65
3.2.3. İstatistiksel Analiz Yöntemi	65
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	67
4.2. Post-mortem et nitelikleri ve proteinlerinin fosforilasyonu	67
4.2.1. Kurumadde, protein, yağ ve kül	67
4.2.2. pH değeri ve titrasyon asitliği.....	69
4.2.3. Etin fosfoproteomik ve biyokimyasal nitelikleri	71
4.2.3.1. Fosfoproteomik nitelikler	71
4.2.3.2. Glikolitik nitelikler	89
4.2.3.3. Proteolitik nitelikler.....	98
4.2.3.4. Lipolitik nitelikler.....	106

4.2.3.5. Uçucu bileşenler	116
4.2.4. Etin fiziksel nitelikleri	125
4.2.4.1. Renk nitelikleri	125
4.2.4.2. Tekstürel nitelikler	133
4.3. Fermentasyon ve depolama süresince sucuğun nitelikleri	136
4.3.3. Sucuğun kimyasal nitelikleri	136
4.3.4. Sucuğun biyokimyasal ve duyusal nitelikleri	141
4.3.4.1. Fermentatif nitelikler: Organik asitler ve karbonhidratlar	141
4.3.4.2. Proteolitik nitelikler	154
4.3.4.3. Lipolitik nitelikler	164
4.3.4.4. Uçucu bileşenler	176
4.3.4.5. Duyusal nitelikler	199
4.3.5. Sucuğun fiziksel nitelikleri	204
4.3.5.1. Renk nitelikleri	204
4.3.5.2. Tekstürel nitelikler	207
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	214
KAYNAKLAR	222
ÖZGEÇMİŞ	234
EKLER	235

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan sarımsağın bazı kimyasal nitelikleri.....	42
Çizelge 3.2. Sucuk formülasyonu	44
Çizelge 3.3. Organik asit ve karbonhidratların regresyon parametreleri	50
Çizelge 3.4. Organik asit ve karbonhidratların geri kazanımı	51
Çizelge 3.5. Serbest amino asitlerin regresyon parametreleri.....	56
Çizelge 3.6. Serbest amino asitlerin geri kazanımı	57
Çizelge 4.1. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin bileşimine etkisi.....	67
Çizelge 4.2. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin pH değeri ve titrasyon asitliğine etkisi	69
Çizelge 4.3. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının proteinlerinin fosfor miktarı ve fosforilasyon düzeyine etkisi.....	72
Çizelge 4.4. Proteinlerin toplam fosforilasyonunun belirlendiği çalışmalar	75
Çizelge 4.5. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının myofibriler protein bantlarının fosforilasyon düzeyine etkisi	78
Çizelge 4.6. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin molekül ağırlıkları.....	82
Çizelge 4.7. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının sarkoplazmik protein bantlarının fosforilasyon düzeyine etkisi	86
Çizelge 4.8. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin organik asit ve glukoz konsantrasyonuna etkisi	90
Çizelge 4.9. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin öjenik ve benzoik asit konsantrasyonuna etkisi	98
Çizelge 4.10. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin proteolitik niteliklerine etkisi.....	99
Çizelge 4.11. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin serbest amino asit konsantrasyonuna etkisi	101
Çizelge 4.12. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin lipolitik niteliklerine etkisi.....	106
Çizelge 4.13. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi	109
Çizelge 4.14. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin uçucu bileşenlerine etkisi.....	120
Çizelge 4.15. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin renk değerlerine etkisi ..	126
Çizelge 4.16. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin myoglobin formlarına etkisi.....	130
Çizelge 4.17. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin tekstürel niteliklerine etkisi.....	134
Çizelge 4.18. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun bileşimine etkisi	136
Çizelge 4.19. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun titrasyon asitliği ve pH değerine etkisi	139
Çizelge 4.20. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun karbonhidrat konsantrasyonuna etkisi	142
Çizelge 4.21. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun organik asit konsantrasyonuna etkisi.....	146

Çizelge 4.22.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun kumin asit, öjenik asit ve benzoik asit konsantrasyonuna etkisi	154
Çizelge 4.23.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun proteolitik niteliklerine etkisi.....	155
Çizelge 4.24.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun serbest amino asit konsantrasyonuna etkisi.....	158
Çizelge 4.25.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun lipolitik niteliklerine etkisi.....	165
Çizelge 4.26.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun doymuş serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi.....	167
Çizelge 4.27.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun tekli doymamış serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi.....	170
Çizelge 4.28.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun çoklu doymamış serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi.....	171
Çizelge 4.29.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu monoterpen bileşenlerine etkisi	179
Çizelge 4.30.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu seskuterpen bileşenlerine etkisi.....	181
Çizelge 4.31.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu alkol bileşenlerine etkisi.....	184
Çizelge 4.32.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu fenol bileşenlerine etkisi	189
Çizelge 4.33.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu aldehit bileşenlerine etkisi.....	192
Çizelge 4.34.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu sülfür bileşenlerine etkisi	195
Çizelge 4.35.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu asit bileşenlerine etkisi	196
Çizelge 4.36.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk depolama zamanlarının pişmemiş sucuğun duyuşal niteliklerine etkisi.....	200
Çizelge 4.37.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk depolama zamanlarının pişmiş sucuğun duyuşal niteliklerine etkisi.....	201
Çizelge 4.38.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun renk değerlerine etkisi	205
Çizelge 4.39.Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun tekstürel niteliklerine etkisi	208

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Farklı oranlarda sarımsak uygulanan et örnekleri	43
Şekil 3.2.	Sucuk üretimi	45
Şekil 3.3.	Toplam fosfor miktarı standart kalibrasyon eğrisi	48
Şekil 3.4.	Lowry yöntemi kalibrasyon eğrisi.....	52
Şekil 3.5.	Serbest amino asit analizinde blank ve gradient akış programı	55
Şekil 3.6.	Peroksit tayini kalibrasyon eğrisi	60
Şekil 3.7.	TBARS kalibrasyon eğrisi	61
Şekil 3.8.	Et ve sucuk örneklerinde tekstür profil parametreleri	64
Şekil 4.1.	Et örneklerinin su içeriği	68
Şekil 4.2.	Et örneklerinde pH değeri	70
Şekil 4.3.	Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerinin SDS-PAGE görüntüleri	74
Şekil 4.4.	Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi	76
Şekil 4.5.	Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyi.....	77
Şekil 4.6.	Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeylerine göre bi-plot dağılımı.....	80
Şekil 4.7.	Myosin yapısı	83
Şekil 4.8.	Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeylerine göre bi-plot dağılımı	88
Şekil 4.9.	Et örneklerinin organik asit konsantrasyonuna göre bi-plot dağılımı	92
Şekil 4.10.	Et örneklerinde glukoz konsantrasyonu	94
Şekil 4.11.	Glikoliz metabolizması	95
Şekil 4.12.	Et örneklerinde proteoliz indeksi	100
Şekil 4.13.	Serbest amino asit konsantrasyonuna göre et örneklerinin bi-plot dağılımı.....	103
Şekil 4.14.	Et örneklerinde serbest yağ asitleri	108
Şekil 4.15.	Serbest yağ asitleri konsantrasyonuna göre et örneklerinin bi-plot dağılımı.....	111
Şekil 4.16.	Et örneklerinde peroksit değeri	112
Şekil 4.17.	Et örneklerinde TBARS miktarı.....	113
Şekil 4.18.	Lipit ve myoglobin oksidasyonu	115
Şekil 4.19.	Et örneklerinde uçucu bileşenlerinin dağılımı	117
Şekil 4.20.	Et örneklerinde uçucu bileşen grupları.....	118
Şekil 4.21.	Uçucu bileşenlere göre et örneklerinin bi-plot dağılımı.....	124
Şekil 4.22.	Sarımsak uygulanan et örnekleri	127
Şekil 4.23.	Et örneklerinde kırmızılık değeri	128
Şekil 4.24.	Et örneklerinde reflektans değerleri	129
Şekil 4.25.	Et örneklerinde metmyoglobin.....	130
Şekil 4.26.	Kesimden sonra sarımsak uygulanarak farklı oksijen geçirgenliğinde depolanan et örnekleri	131
Şekil 4.27.	Et örneklerinde sertlik	135
Şekil 4.28.	Sucuk örneklerinin kurumadde içeriği	137
Şekil 4.29.	Sucuk örneklerinde pH değeri.....	140
Şekil 4.30.	Sucuk örneklerinde glukoz konsantrasyonu.....	143
Şekil 4.31.	Sucuk örneklerinde fruktoz konsantrasyonu	143
Şekil 4.32.	Glikoliz ve glukoz fermentasyonunda metabolik yollar	145
Şekil 4.33.	Sucuk örneklerinde laktik asit konsantrasyonu	147

Şekil 4.34. Organik asit ve şeker konsantrasyonuna göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı.....	152
Şekil 4.35. Sucuk örneklerinde proteoliz indeksi.....	157
Şekil 4.36. Serbest amino asit konsantrasyonuna göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı.....	162
Şekil 4.37. Sucuk örneklerinde toplam doymuş yağ asitleri konsantrasyonu	166
Şekil 4.38. Sucuk örneklerinde toplam tekli doymamış yağ asitleri konsantrasyonu ..	169
Şekil 4.39. Sucuk örneklerinde çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonu	169
Şekil 4.40. Serbest yağ asitleri konsantrasyonu göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı.....	172
Şekil 4.41. Sucuk örneklerinde peroksit değeri.....	174
Şekil 4.42. Sucuk örneklerinde TBARS miktarı	174
Şekil 4.43. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu bileşenler	177
Şekil 4.44. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu terpen bileşenler	178
Şekil 4.45. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu alkol bileşenler.....	183
Şekil 4.46. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu fenol bileşenler.....	188
Şekil 4.47. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu aldehit bileşenler	191
Şekil 4.48. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu sülfürlü bileşenler	194
Şekil 4.49. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu asit bileşenler	197
Şekil 4.50. Uçucu bileşenlerine göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı.....	198
Şekil 4.51. Duyusal niteliklere göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı	203
Şekil 4.52. Sucuk örneklerinde kırmızılık değeri.....	206
Şekil 4.53. Sucuk örneklerinde sertlik.....	209
Şekil 4.54. Sucuk örneklerinde çiğnenebilirlik	210

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
mL	: Mililitre
µm	: Mikrometre
ppm	: Part per million (milyon birimde bir birim)
rpm	: Rotation per minute (dakikada dönme sayısı)
<i>g</i>	: <i>g</i> -force (<i>g</i> kuvveti)
meq	: Miliekivalen
r	: Korelasyon katsayısı
R ²	: Belirleme katsayısı

KISALTMALAR

MyHC	: Myosin ağır zinciri (Myosin heavy chain)
MyLC	: Myosin hafif zinciri (Myosin light chain)
MyBP	: Myosin bağlayıcı protein (Myosin binding protein)
MyRLC	: Myosin düzenleyici hafif zinciri (Myosin regulatory light chain)
PKA	: Protein kinaz A
AP	: Alkalen fosfataz
WBSF	: Warner-Bratzler kesme kuvveti (Warner-Bratzler Sheer Force)
MFI	: Myofibril parçalanma indeksi (Myofibril Fragmentation Index)
NPN	: Protein olmayan azot (Non-Protein Nitrogen)
OAs	: Organik asitler
FAAs	: Serbest amino asitler (Free amino acids)
FFAs	: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids)
VCs	: Uçucu bileşenler (Volatile compounds)
RI	: Alıkonma indeksi (Retention index)
TA	: Titrasyon asitliği
PV	: Peroksit değeri (Peroxide value)
TBARS	: Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (Thiobarbituric acid reactive substrates)
MDA	: Molandialdehit
Mb	: Myoglobin
LOD	: Tayin sınırı (Limit of detection)
LOQ	: Çalışılabilir konsantrasyon sınırı (Limit of quantification)

1. GİRİŞ

Et ve et ürünleri yüksek besin değeri bakımından geçmişten günümüze insan beslenmesinde elzem ve bir o kadar vazgeçilmez başlıca gıdalar arasında yer almıştır. Tarih boyunca sağlıklı hayvanların sağlıklı koşullarda kesilerek etin elde edilmesi, nakliyesi ve muhafazası tedbirler alınan başlıca konular olmuştur. Gelişen teknoloji ile birlikte her ne kadar söz edilen konularda kolaylıklar sağlanmış olsa da tedbirlere uyulmaktan vazgeçilemediği gibi gelişen üretim teknolojilerine bağlı olarak ilave tedbirler de gerekli olmuştur. Çünkü giderek artan dünya nüfusuna rağmen zaten sınırlı olan kaynakların yüksek verimlilikle kullanılması zorunluluğu söz konusu olmaktadır. Bu anlamda ilk olarak ‘kasın ete dönüşüm biyokimyasının daha iyi anlaşılması’, ikinci olarak da ‘et yapısının çok iyi bilinmesi’ devam eden araştırmaların başlıca amaçları arasındadır. Böylece teknolojide büyük kayıplara ve problemlere neden olan DFD (koyu, sert, kuru et) ve PSE (solgun, yumuşak, su sızdıran et) gibi etlerin oluşumu azaltılabileceği gibi gerek fermente gerekse emülsiyon gibi farklı teknolojilerin uygulandığı ürünlere uygun hammaddenin belirlenmesi de mümkün olmaktadır. Öyle ki, et içerdiği yağa ek olarak jelatinize olabilecek kadar bağ doku proteini, kendi kendine emülsiyon oluşturabilecek kadar da kas proteini içeren yapısıyla ender metabolizma ürünlerinden biridir. Dolayısıyla proteinler karakteristik nitelikleri ile et ve ürünlerinin en temel bileşenidirler. Myofibriller proteinlerin ve varlığı bilinen 100 den fazla sarkoplazmik proteinlerin (Pearson ve Young, 1989) metabolizmadaki rolleri ve et kalitesinde etkisi bakımından biyokimyasal nitelikleri günümüzde de araştırılması devam etmektedir. Canlı metabolizmasında proteinlerin aktiviteleri post-translasyonel modifikasyonlarla düzenlenmektedir. Anılan modifikasyonlar arasında proteinlerin geri dönüşümlü fosforilasyonunun kesimden sonra da devam ettiği belirlenmiş ve proteinlerin post-mortem fosforilasyonu özellikle son 10 yılda et bilimi alanında fazlaca çalışılan alanlardan biri olmuştur. Kesimden sonra kasın ete dönüşümünde biyokimyasal metabolizmanın proteinlerin fosforilasyonuna bağlı olarak post-mortem et kalitesinde önemli farklılıklara neden olabileceği vurgulanmıştır. Post-mortem etlerde proteinlerin fosforilasyonu et kalitesini genel olarak (1) post-mortem glikoliz, (2) proteinlerin degradasyonu, (3) kasın kasılması, şeklinde 3 farklı yolla etkileyebilmektedir (Zhang ve ark., 2016).

Post-mortem glikoliz ile ilgili olarak, proteinlerinin fosforilasyon düzeyindeki farklılıkların, glikolitik metabolizmanın gelişimini etkileyerek ette farklı pH değeri oluşturabileceği (Chen ve ark., 2016a; Li ve ark., 2017b; Wang ve ark., 2018; Ren ve ark., 2020); glikoliz metabolizmasında yer alan glikojen fosforilaz (Chen ve ark., 2018; Bai ve ark., 2020a) ve fosfofruktokinaz (Liu ve ark., 2018; Ren ve ark., 2022) gibi enzimlerde aktivitenin fosforilasyonla farklılık gösterebileceği (Huang ve ark., 2011; Li ve ark., 2015a; Chen ve ark., 2019a) rapor edilmiştir. Proteinlerin degradasyonu bakımından da, farklı myofibriler proteinlerin farklı fosforilasyon düzeylerinde degradasyona hassasiyetlerinin de farklı olabileceği (Wang ve ark., 2017; 2018); myofibriler proteinlerde degradasyonun protein modifikasyonları ile düzenlenebileceği (Li ve ark., 2018a) rapor edilmiştir. Kasın kasılması ve/veya aktomyosin kompleksi ile ilgili olarak da, miyosin düzenleyici hafif zincir (MyLC2)'nin post-mortem fosforilasyon düzeyindeki değişimi rigor mortis gelişimi ile paralellik göstermiştir (Muroya ve ark., 2007; Chen ve ark., 2016a). MyLC'nin fosforilasyonunun aktomyosin interaksiyonunu artırdığı (Miller ve ark., 2011) ve MyLC2'nin defosforilasyonunun myosin ve aktin proteinlerinin bağlanma gücünü ve derecesini artırabileceği (Gao ve ark., 2017; Cao ve ark., 2019; 2020; 2021) belirtilmiştir. Protein fosforilasyonu etin fizikokimyasal niteliklerinde de oldukça önemli farklılıklar oluşturabilmektedir. Etin renk stabilitesinin myoglobin fosforilasyonu ile değişim gösterdiği (Li ve ark., 2017b); geri dönüşümlü fosforilasyonun myoglobinin oksijen bağlama kapasitesini dolayısıyla myoglobinin redoks formlarına dönüşümünü değiştirebileceği (Li ve ark., 2018c); myoglobin fosforilasyonu ile etin rengi arasında negatif bir ilişki olduğu (Wang ve ark., 2017; Li ve ark., 2018c; 2018d) rapor edilmiştir. Et kalitesi bakımından böylesi etkili olan protein fosforilasyonunun araştırıldığı bu çalışmalarda, et örnekleri ya biyokimyasal niteliklerine göre kalite sınıflaması yapılarak proteinlerin fosforilasyonları incelenmiş, ya da kinaz ve fosfataz enzim inhibitörleri kullanılarak proteinler düşük ve yüksek fosforilasyon düzeylerine göre ayrılarak et kalite nitelikleri incelenmiştir. Et proteinlerinde fosforilasyon biyokimyasının anlaşılmasıyla birlikte anılan biyokimyasal niteliklere etkili olabilecek teknolojide de kullanılan doğal kaynakların bu amaçla kullanılıp kullanılmayacağına araştırılması kaçınılmaz olmuştur. Çünkü enzim inhibitörleri araştırma amaçlı kullanılabilmesine karşın çok pahalı oldukları için et teknolojisinde kullanımı pek mümkün olmamaktadır. Bu amaçla, tuzun (NaCl) postmortem protein

fosforilasyonuna etkilerinin araştırıldığı sadece iki çalışma mevcut (Zhang ve ark., 2016; Wang ve ark., 2017) olmakla birlikte, gerek protein fosforilasyonunu gerekse et kalitesini etkileyebilecek; (1) gıda sanayinde yaygın olarak kullanılan, (2) et ile doğrudan muamele edilebilen, (3) ette oluşturduğu kalite niteliklerinin işleneceği son ürüne göre değerlendirilmesine de olanak sağlayan sarımsağın da bu amaçla kullanılıp-kullanılmayacağı üzerine detaylı çalışmalar bulunmamaktadır.

Antioksidan aktivitesi ile bilinen sarımsağın oksidasyonu önlemesi amacıyla kullanımı daha önce birçok çalışmada farklı tür etlerde yaygın olarak araştırılmıştır. Sarımsak uygulaması ile ette depolama boyunca beklenildiği gibi lipit oksidasyonunu azalttığı çalışmalar (Amany ve ark., 2010; Gheisari ve Ranjbar, 2012; Nurvantoro ve ark., 2015; Tareq ve ark., 2018) mevcuttur. Aksine, ete uygulanan sarımsağın prooksidan aktivite göstererek gerek lipit (Wong ve Kitts, 2002; Aşık ve Candoğan, 2014; Korkmaz Mutlu, 2020; Mariutti ve ark., 2008; 2011; Park ve Chin, 2014) gerekse proteinlerde (Nieto ve ark., 2013) oksidasyonu arttırdığını raporlayan çalışmalarda mevcuttur. Ancak sarımsağın ette oluşturabileceği etki(leri)nin, kasın ete dönüşümünde önemli olduğu rapor edilen protein fosforilasyonunu etkilemesinden kaynaklanıp-kaynaklanmadığı da bilinmemektedir. Bu durumda, ete sarımsak uygulamasının hem protein hem de lipitler açısından etkisinin detaylı bir şekilde araştırılması ve proteinlerin fosforilasyonu ile ilişkisinin incelenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca gerek antioksidan gerekse prooksidan aktivite gösterse bile sarımsağın et kalitesinde yarattığı etkinin değerlendirilmesinde yapılan çalışmalar et (Mariutti ve ark., 2008; 2011; Yang ve ark., 2011; Gheisari ve Ranjbar, 2012; Zhang ve ark., 2016b) ve/veya köfte gibi ürünlerle (Nieto ve ark., 2013; Park ve Chin, 2014; Tareq ve ark., 2018) sınırlı kalmıştır. Fakat ete uygulanan sarımsağın hem ette hem de bu etten üretilen üründe kalite niteliklerinin değerlendirildiği çalışmaya literatürde rastlanılamamıştır. Ülkemizde sarımsak uygulanan etten üretilebilecek ürünlerin başlıcası sucuktur. Çünkü sarımsak sucuk üretiminde en fazla kullanılan ingrediyendir.

Ülkemizde en fazla tüketilen geleneksel gıdalardan biri olan sucuk fermente bir et ürünü olup, üretim teknolojisi bakımından et ürünleri arasında da en zor olanlarından biridir (Gökalp ve ark., 2012). Gerek üretim teknolojisinin (fermente ve ısıtma işlem) gerekse formülasyonunun üreticiden üreticiye farklılık göstermesiyle satışa sunulan sucukların kalite nitelikleri arasında geniş bir varyasyon söz konusudur. Sucuk

üretiminde kullanılacak et kesimden sonra, post-mortem pH düşüşü takip edilerek 1-2 gün dinlendirilmeli ve üretimden önce ya oldukça soğuk olmalı ya da dondurulmuş olmalıdır (Öztan, 2015). Yeterince olgunlaştırılmayan etlerde daha yüksek pH değeri nedeniyle su tutma kapasitesi de yüksek olacağından sucukta kuruma sorunları oluşabilmektedir (Gökalp ve ark., 2012). Bu kapsamda sucuk üretimi yapılacak etin, post-mortem biyokimyasal değişimi ve kalite niteliklerinin takip edilmesi önemli olmaktadır. Tüm bu değerlendirmeleri de dikkate aldığımızda planlanan çalışmamız iki aşamadan oluşmaktadır;

İlk aşamada kesimden sonra (post-mortem 6 saat) farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) sarımsak uygulamasının depolama (4°C'de 4 gün) süresince etin kimyasal (nem, protein, yağ, kül, pH değeri, titrasyon asitliği), fiziksel (L*, a*, b*, myoglobin formları ve tekstür), biyokimyasal (glikolitik, lipolitik ve proteolitik) nitelikleri ile uçucu bileşen profilini etkileyip-etkilemediği ve post-mortem biyokimyasal niteliklerin protein fosforilasyonu ile ilişkili olup-olmadığı;

İkinci aşamada anılan sarımsak oranlarında farklı olgunlaşma (24 saat ve 48 saat) zamanı sonrasında üretilen sucuklarda ette belirtilen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal niteliklere ek olarak duyu niteliklerinin de etkilenip-etkilenmediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece sucuk üretiminde, et olgunlaşma süresinin; post-mortem olgunlaştırmanın sarımsakla uygulanıp-uygulanmayacağı; hangi olgunlaşma süresinde hangi sarımsak oranında olgunlaşmanın yararlı olabileceğinin belirlenmesi ile sarımsakla olgunlaştırmanın tavsiye edilip-edilmeyeceği belirlenecektir.

Sarımsağın post-mortem et proteinlerinin kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel etkilerinin belirlenmesi yanı sıra sarımsak katılmış post-mortem etlerin olgunlaşması sonucu üretilen sucuklarda kalite niteliklerine etkisi ile değerlendirildiğinde bir ilk çalışma niteliğindedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Et proteinlerinin fosfoproteomik nitelikleri

Muroya ve ark. (2007) çalışmalarında, post-mortem süre boyunca sığır *Longissimus thoracis* kasında myosin hafif zincirinin (MyLC) değişimini 2 boyutlu jel elektroforezi ile incelemişlerdir. Post-mortem sürede MyLC2'nin izoelektrik pH'sında 4.76'dan 4.53'e azalma olup; araştırmacılar bu azalmanın da fosforile olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. MyLC2'nin 24 saat post-mortem süreden sonra fosforilasyon düzeyinde önemli bir değişim olmayıp; MyLC2'nin fosforilasyon düzeyindeki değişimin rigor mortis gelişimi ile paralellik gösterdiği gözlemlenmiştir. Post-mortem süre boyunca MyLC2'de iki aşamalı fosforilasyon olduğunu belirten araştırmacılar bu durumu sarkoplazmik Ca^{+2} konsantrasyonunun artması ile ilişkilendirmişlerdir. MyLC1 ve MyLC3'ün ise post-mortem süre boyunca fosforilasyonunda önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Huang ve ark. (2011) protein fosforilasyonunun post-mortem glikolitik metabolizmasına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, kesimden sonra domuz sırt kasını post-mortem 3 saat sonundaki pH değerine göre: yavaş ($pH > 6.30$), orta ($6.00 < pH < 6.30$) ve hızlı ($pH < 6.00$) pH düşüşü olarak gruplandırmışlardır. Post-mortem 1 saatte ölçülen pH değeri 5.7'den düşük olan etler PSE olarak değerlendirilmiş ve araştırmaya alınmamıştır. Post-mortem 3 saatten sonra 4°C'ye alınan kas örneklerinden post-mortem 24 saate kadar belirli zamanlarda sarkoplazmik proteinler ekstrakte edilerek analizlenmiştir. Post-mortem 24 saatten sonra etlerin pH değerini benzer bulmuşlardır. Post-mortem 72 saatte ise su kaybını en fazla hızlı pH düşüşü olan grupta belirlemişlerdir. Post-mortem süre boyunca sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin yavaş pH düşüşü olan grupta artma eğiliminde; hızlı pH düşüşü olan grupta ise azalma eğiliminde olduğunu gözlemlemişlerdir. Post-mortem 6 saate kadar hızlı pH düşüşü olan etlerin sarkoplazmik proteinlerinin toplam fosforilasyon düzeyinin daha yüksek; 24 saatte ise en düşük olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, hızlı pH düşüşü olan etlerde glikoliz metabolizmasının diğer gruplardan daha fazla olmasının proteinlerin fosforilasyonundan kaynaklanabileceğini öne sürmüşlerdir. Çoğu glikolitik metabolizmada yer alan proteinlerin fosforilasyon düzeyinin gruplar arasında farklılık gösterdiği vurgulanmıştır. Hızlı pH düşüşü ile pürivat kinaz enziminin fosforilasyonu

arasında pozitif, trioz-fosfat izomeraz enziminin ise negatif ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

Huang ve ark. (2012) bir önceki çalışmalarına ek olarak, aynı gruplarda bu kez myofibriler proteinlerin fosforilasyonundaki değişimi rapor etmişlerdir. Araştırmacılar myofibriler proteinlerin fosforilasyonunu hızlı pH düşüşü olan etlerde ilk 6 saate kadar en yüksek; 24 saatte ise en düşük tespit etmiştir. Post-mortem 6 saatten sonra orta ve yavaş pH düşüşü olan gruplarda myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi artma eğiliminde; hızlı pH düşüşü olan grupta ise azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Post-mortem sürenin başlarında hızlı pH düşüşü olan etlerde myofibriler proteinlerin fosforile olmasının daha hızlı rigor mortis gelişimi sağlayabileceği çalışmada vurgulanmıştır. Araştırmacılar pH'nın düşme düzeyi ile post-mortem süre interaksiyonunun önceki çalışmalarında daha fazla sayıda sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonunu etkilediğini; bu çalışmada ise sadece 2 myofibriler proteinin (Myosin bağlayıcı protein C (MyBPC), fosfofrukto kinaz) anılan interaksiyondan önemli düzeyde etkilendiğini; dolayısıyla sarkoplazmik proteinlere göre myofibriler proteinlerin post-mortem süre ve pH değişimine karşı daha stabil olduklarını ileri sürmüşlerdir. MyBPC, troponin-T, tropomyosin ve MyLC2 fosforilasyon düzeyi en fazla olan myofibriler proteinler olarak belirlenmiştir.

Li ve ark. (2015b), domuzlarda et kalitesi ve myofibriler proteinlerin fosforilasyonu bakımından mevsimin etkisini incelemişlerdir. Her bir mevsimde 10 karkasın post-mortem 45 dk, 3 saat ve 9 saat sürelerinde *Longissimus lumborum* kası alınmıştır. Ekstrakte edilen myofibriler proteinlerin ayrımı SDS-PAGE ile fosfo-spesifik boyama ile; tanımlanması ise LC-MS/MS ile yapılmıştır. Kasın pH değeri, glikojen ve ATP miktarı ölçülmüş olup; PSE et post-mortem 45 dk'daki pH değeri ile belirlenmiştir. Post-mortem süre boyunca pH, glikojen (mg/g) ve ATP ($\mu\text{mol/g}$) miktarı önemli düzeyde ($P<0.001$) azalma göstermiştir. Kış mevsiminde elde edilen etlerde post-mortem pH değeri daha yüksek; glikojen miktarı ise daha düşük tespit edilmiştir. SDS-PAGE ile toplam 23 protein bandı belirlenmiştir. Bantların fosforilasyon düzeyleri, PSE etler ile normal etler arasında değişim göstermemiştir. Ancak 22 protein bandının fosforilasyon düzeyinin mevsim değişiminden önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir. Post-mortem süre boyunca sonbaharda alınan etlerin protein fosforilasyon düzeyi önemli

düzeyde azalırken; yazın alınan etlerin protein fosforilasyon düzeyi ise önemli düzeyde artma göstermiştir.

Chen ve ark. (2016a), kesimden sonra koyun karkasından alınan *Longissimus dorsi* kasını, yapılan Warner Bratzler kesme kuvveti (WBSF) ve myofibriler parçalanma indeksi (MFI) analizlerine göre gevrek (tender; sırasıyla 7.57 kg ve 99.55 kg) ve sert (tough; 13.06 kg ve 73.40 kg) olarak 2 gruba ayırmışlardır. İki grup arasında pH değeri bakımından önemli bir farklılık olmasa da gevrek kasın pH değeri post-mortem 4, 12 ve 24 saatte daha düşük belirlenmiştir. Anılan post-mortem sürelerde gevrek etlerde myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin sert etlerden daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Post-mortem 24 saate kadar sert etlerin myofibriler proteinlerinin fosforilasyon düzeyi artma eğilimi gösterirken, gevrek etlerde post-mortem 12 saatten sonra bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Glikojen fosforilaz, fosfofruktokinaz, enolaz enzimlerinin ve MyLC2'nin fosforilasyon düzeyinin gevrek ete göre sert ette daha yüksek ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Sert etlerde glikolitik enzimlerin daha fazla fosforile olmasının aktivitelerinde bir azalma sağlayabileceği rapor edilmiş, sert etlerde pH değerinin daha yüksek olmasının da bu durumu desteklediği belirlenmiştir.

Zhang ve ark. (2016a), tuzlamanın post-mortem et proteinlerinin fosforilasyonuna etkisini araştırmışlardır. Kesimden sonra koyun üst but (*Semimembranosus*) kası polietilen paketlere alınmış ve 4°C'de 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra etler %0 (kontrol), %1, %2, %3, %4, %5 oranında tuz ile muamele edilerek 4°C'de bir 16 saat daha muhafaza edilmiştir. Sürenin (2, 4, 6, 8 ve 16 saat) etkisini daha iyi değerlendirmek için teknolojide yaygın olarak kullanılan tuz konsantrasyonuna (%2) göre değerlendirme yapılmıştır. Tuzlanan (%2) etlerde myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi kontrol grubundan daha düşük tespit edilmiştir. Tuzlanarak bekletilen etlerde myofibriler proteinlerin fosforilasyonu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 6 saatten sonra daha fazla bir azalma göstermiştir. MyBPC, myosin ağır zinciri (MyHC), aktin, MyLC proteinlerin fosforilasyon düzeyinin tuzlama ile azalma gösterdiği belirtilmiştir. Araştırmacılar sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin tuzlama ile önemli bir değişim göstermediklerini ancak her bir proteinin fosforilasyonunda farklılıklar olduğunu rapor etmişlerdir.

Wang ve ark. (2016), çalışmalarında keçilerde (Huang-Huai, Boer ve Boer x Laoshan) kesimden sonra su kaybına (fire) göre iki gruba ayrılan *L. dorsi* kasında pH, sertlik (Warner-Bratzler kesme kuvveti) ve renk nitelikleri ile protein fosforilasyonunu incelemişlerdir. Daha yüksek firenin olduğu etlerde pH (post-mortem 45 dk) değerinin daha düşük, L* değerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kesme kuvveti ise önemli düzeyde olmasa da yüksek fire olan etlerde daha yüksek belirlenmiştir.

Wang ve ark. (2017) tuz ile kürlenene etlerde protein fosforilasyonu ile ilgili önceki çalışmalarına (Zhang ve ark., 2016) ek olarak, koyun *Semimembranosus* kasını kesimden sonra tuzlanmayan (kontrol) ve tuzlanan (%3) olarak iki gruba ayırmışlar; 4°C’de 16 saat muhafaza etmişlerdir. Kreatin kinaz, glikojen fosforilaz ve triozfosfat izomeraz enzimlerinin fosforilasyon düzeyi tuzlanan etlerde daha yüksek tespit edilmiştir. Myoglobinin fosforilasyon düzeyinin tuz uygulanan etlerde daha yüksek olduğu; myoglobin fosforilasyonu ile etin rengi arasında negatif bir ilişkinin varlığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar tuz uygulamasının APOA1’in fosforilasyonunu azalttığını gözlemlemiş olmalarına rağmen etteki fonksiyonunun tam olarak bilinmediğini ifade etmişlerdir. Tuz uygulanmış etlerde daha yüksek fosforilasyonu troponin-T, tropomyosin ve aktin proteinleri sergilemiştir. Araştırmacılar tuz uygulamasının proteinlerde fosforilasyonu modifiye etmesinin, etin rengi ve gevrekliği gibi kalite niteliklerinin düzenlenmesinde yeni bir yöntem olabileceğini rapor etmişlerdir.

Gao ve ark. (2017), kasın kasılma metabolizmasında myosin düzenleyici hafif zincirin (MRLC, MyLC2) fosforilasyonunun etkili olmasından dolayı yaptıkları çalışmalarında koyun *L. dorsi* kasına kesimden sonra alkalen fosfataz (AP), fosfataz inhibitörü (PI) uygulamışlardır. Enzim ve/veya enzim inhibitörü uygulanmayan grup kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Uygulama sonrasında örnekler 4°C’de 72 saate kadar muhafaza edilmiştir. MRLC’nin fosforilasyonu ile aktomyosin kompleksi arasındaki ilişkiyi belirlemek için araştırmacılar aktomyosin ATPaz aktivitesini de analizlemişlerdir. Aktin fosforilasyon düzeyinin kontrol grubu ve AP grubunda inkübasyon süresince benzer; PI grubunda ise 48 ve 72 saatlerde diğer gruplardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İnkübasyon süresince aktin fosforilasyon düzeyi her grupta farklı bir eğilim göstermiştir. MRLC’nin fosforilasyon düzeyinin özellikle kontrol grubunda ve AP grubunda azalma eğiliminde; PI grubunda ise daha stabil azalma olduğu gözlemlenmiştir. Aktomyosin ATPaz aktivitesindeki her bir azalmayı aktomyosin

interaksiyonundaki bir zayıflama göstergesi olarak nitelendiren araştırmacılar, inkübasyon süresince AP ile muamele edilen etlerde aktomyosin ATPaz aktivitesinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu anlamda AP ile muamele edilen grupta PI ile muamele edilen gruba göre myosinin aktomyosin kompleksinden salımının daha az olduğu; MRLC'nin defosforilasyonunun myosin ve aktin arasındaki bağlanma gücünü ve derecesini artırabileceği de rapor edilmiştir.

Li ve ark. (2017a) myofibriler proteinlerde fosforilasyonun μ -kalpainler tarafından parçalanmasına etkisini inceledikleri çalışmalarında, koyun *L. dorsi* kasından kesimden hemen sonra ekstrakte ettikleri myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyini artırmak ve azaltmak için sırasıyla protein kinaz A (PKA) ve alkalen fosfataz (AP) enzimleri ile 30°C'de 30 dk inkübe etmişler; sonrasında farklı Ca^{+2} konsantrasyonunda (0.01, 0.1 ve 1 mM) μ -kalpain ile inkübe etmişlerdir. Proteinlerin fosforilasyon düzeyinin artırılması ve azaltılması için enzim inkübasyonunda beklenildiği gibi myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyini (0.60-0.85) en düşük AP grubunda belirlemişler; onu kontrol grubu ve PKA grubu izlemiştir. MyHC, aktin, desmin ve troponin-T proteinlerinin her üç uygulama gruplarında farklı Ca^{+2} konsantrasyonunda farklı seviyelerde parçalandıkları belirlenmiştir. Söz konusu myofibriler proteinler arasında sadece MyHC'nin fosforilasyon düzeyi benzer bulunmuştur. Araştırmacılar Ca^{+2} konsantrasyonunun artmasıyla daha fazla parçalanma ürünleri oluştuğunu ifade etmişlerdir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında protein parçalanmasının AP grubunda daha yüksek; PKA grubunda ise daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar daha önce gevrek etlerde myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyonunun sert etlerden daha düşük olduğunu belirttikleri çalışmalarına (Chen ve ark., 2016a) ek olarak, bu çalışmalarında da myofibriler proteinlerin fosforilasyonunun μ -kalpain tarafından proteolize duyarlılıklarını azalttığını dolayısıyla post-mortem olgunlaşma süresince etin gevrekliğinde fosforilasyonun önemli olduğunu rapor etmişlerdir.

Li ve ark. (2017b) çalışmalarında post-mortem protein fosforilasyonu ile etin renk stabilitesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Koyun karkasından kesimden hemen sonra aldıkları *L. lumborum* kasını (1) fosfataz inhibitör (yüksek fosforilasyon düzeyi), (2) tuz çözeltisi (kontrol grubu 1), (3) kinaz inhibitör (düşük fosforilasyon düzeyi) ve (4) dimetil sülfoksit (DMSO, kontrol grubu 2) olarak 4 grupta incelemişlerdir. Post-mortem 24 saatte sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyleri önemli farklılık göstermiş:

toplam fosforilasyon düzeyi en yüksek fosfataz inhibisyon grubunda (1.00) belirlenmiş; onu kontrol grupları (0.84-0.81) ve kinaz inhibisyon grubu (0.65) izlemiştir. Araştırmacılar ette 630 nm ve 580 nm reflektans değerleri oranını (R630/R580) renk stabilitesinin dolaylı bir indikatörü olarak değerlendirmişlerdir. Söz konusu oranın yüksek olması et renginin daha kırmızı olduğunu ve daha iyi renk stabilitesi gösterdiğini ifade etmişlerdir. L* ve b* değerleri bakımından post-mortem süre boyunca (168 saate kadar) gruplar arasında genel olarak önemli bir farklılık olmadığını; a* değerinin ilk 2 saat haricinde post-mortem süre boyunca düşük fosforilasyon grubunda daha yüksek iken; yüksek fosforilasyon grubunda ise daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Post-mortem süre boyunca tüm gruplarda a* değerinin azalma eğilimi gösterdiğini, düşük fosforilasyon grubunda ise söz konusu azalmanın daha yavaş bir eğilim gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Myoglobin redoks formları bakımından da araştırmacılar, post-mortem 24 saatte yüksek fosforilasyon grubunun diğer gruplara göre oransal olarak daha az oksimiyoglobin (0.49); daha fazla metmyoglobin (1.20) içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. R630/R580 oranının yüksek fosforilasyon grubunda düşük; düşük fosforilasyon grubunda ise yüksek olduğunu bir başka ifade ile daha fazla fosforilasyon düzeyine sahip etlerin daha iyi renk stabilitesine sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, bu durumun pH'daki yavaş azalma hızı ve derecesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çünkü düşük fosforilasyon grubunda (78 saatte 6.02 pH) diğer gruplara göre (24 saatte 5.66 pH) pH değeri önemli düzeyde yüksek olup; pH'da daha yavaş azalma gözlemlenmiştir.

Du ve ark. (2017a), fosforilasyonun μ -kalpain enzim aktivitesine etkisini farklı sıcaklıklarda *in vitro* olarak incelemişlerdir. Domuz kasından elde edilen μ -kalpain, AP (defosforilasyon) ve PKA (fosforilasyon) enzimleri ile inkübe edilmiş (30°C'de 30 dk), enzim kullanılmayan kas kontrol grubu olarak alınmıştır. İnkübasyon sonunda örnekler -1, 4, 25 ve 37°C'de 60 dk'ya kadar depolanmıştır. İnkübasyon başlangıcında ve sonunda örneklerin pH değerleri benzer bulunmuştur. μ -Kalpain enziminin relatif fosforilasyon düzeyini AP, PKA ve kontrol grubunda sırasıyla yaklaşık 1.0, 1.4 ve 2.2 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, 25°C'de PKA grubunda; 37°C'de kontrol ve AP grubunda fosforilasyon düzeyinin azalma eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar μ -kalpain'in degrade olduktan sonra daha fazla aktivite gösterdiğini rapor etmişlerdir. Düşük sıcaklıklarda defosforilasyonun; yüksek sıcaklıklarda ise fosforilasyonun μ -

kalpain'nin degradasyonunu artırdığı bunun sonucunda da aktivitesine katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak μ -kalpain parçalanma derecesinin hem sıcaklığa hem de fosforilasyona bağlı olduğu rapor edilmiştir.

Du ve ark. (2017b) benzer bir diğer çalışmalarında ise fosforilasyonun μ -kalpain enziminin aktivitesine etkisini farklı sıcaklık ve Ca^{+2} konsantrasyonunda *in vitro* olarak incelemişlerdir. Bu amaçla kesimden sonra koyun karkasından alınan *L. lumbrorum* kasından sarkoplazmik proteinleri ekstrakte etmişlerdir. Birinci kısımda protein ekstraktını AP, fosfataz inhibitörü (PI) ve enzim ya da inhibitör uygulanmayan kontrol grubu olarak 3 gruba ayırmışlar; 4, 25 ve 37°C'de 72 saate kadar inkübe etmişlerdir. İkinci kısımda ise anılan grupları 30°C'de 30 dk inkübe ettikten sonra 0.01, 0.05, 0.1 ve 1 mM Ca^{+2} konsantrasyonunda 4°C'de 60 dk inkübe etmişlerdir. Her 3 sıcaklıkta inkübasyonun 12 saatinden itibaren sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon ile modifikasyonunda istenilen farklılığın meydana geldiği, fosforilasyon düzeyinin en yüksek PI grubunda olduğu, onu sırasıyla kontrol grubunun ve AP grubunun izlediği belirtilmiştir. AP grubunun diğer gruplara göre μ -kalpain parçalanmasının özellikle 0.1 mM Ca^{+2} konsantrasyonuna kadar daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sıcaklık arttıkça μ -kalpain parçalanmasında da artma olduğu ve fosforilasyonun μ -kalpain degradasyonunu ve aktivitesini negatif olarak regule ettiği raporlanmıştır.

Du ve ark. (2018) yine μ -kalpain aktivitesi üzerine fosforilasyonun ve defosforilasyonun etkilerini inceledikleri çalışmalarında, AP, PKA enzimleri uygulanan ve enzim kullanılmayan kontrol grubunu incelemişlerdir. Araştırmacılar söz konusu uygulama gruplarını 30°C'de 30 dk bekletmişler, 4°C'de 0.01, 0.03, 0.05 ve 0.1 mM Ca^{+2} ile inkübe etmişlerdir. Inkübasyonun 30. dk'da AP grubunun pH'sının başlangıç pH'sı olan 6.91'den 6.70'e düşerek diğer uygulama gruplarından önemli düzeyde daha az pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Enzimlerin etkin olarak μ -kalpain fosforilasyon derecesinde istenilen düzeyde bir ayırım sağladığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar Ca^{+2} konsantrasyonu arttıkça tüm uygulama gruplarında μ -kalpain'ın parçalanma derecesinde artma olduğunu belirtmişlerdir. Ca^{+2} konsantrasyonu 0.1 mM olan 20 dk inkübasyonu dışında, AP ile muamele edilen μ -kalpain'ın parçalanma derecesinin önemli düzeyde ($P<0.05$) daha fazla olduğu belirtilmiştir. Dolayısıyla μ -kalpain enziminin defosforile olarak artan aktivitesi sonucunda ette proteolizin de artacağı ifade edilmiştir. Ancak araştırmacılar daha önceki (Du ve ark., 2017a;b) çalışmalarında da olduğu gibi

fosforilasyonun da μ -kalpain parçalanmasına dolayısıyla aktivitesinin artmasına neden olduğunu vurgulamışlardır. Bu nedenle μ -kalpain enzimin aktivitesi üzerine fosforilasyonun ve/veya defosforilasyonun etkisi sıcaklık, pH, Ca^{+2} ve inkübasyon süresine bağlı olarak değişim göstermiştir.

Li ve ark. (2018a) fosforilasyon ve proteinlerin degradasyonu arasındaki ilişkiyi inceledikleri daha önceki çalışmalarına (Chen ve ark., 2016a; Li ve ark., 2017a) ek olarak bu çalışmalarında da aynı ilişkinin post-mortem kasta da olup-olmadığını araştırmışlardır. Kesimden sonra koyun karkasından alınan *L. lumborum* kasını (1) protein kinaz inhibisyon grubu, (2) inhibisyon uygulanmayan kontrol grubu ve (3) fosfataz inhibisyon grubu olarak incelemişler ve 4°C’de 7 gün depolamışlardır. Üç grupta da myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyonunun post-mortem süre boyunca azalma eğiliminde (yaklaşık 0.9’dan 0.6’ya) olduğunu gözlemlemişlerdir. Fosfataz inhibisyon grubunda fosforilasyon düzeyinin daha yüksek olduğu, onu kontrol ve kinaz inhibisyon gruplarının izlediği belirlenmiştir. Post-mortem proteolizin bir indikatörü olduğu belirtilen desmin proteininin %60’ından fazlasının ilk post-mortem günde parçalandığı gözlemlenmiştir. Sonuçta myofibriler proteinlerin fosforilasyonunun azalması ile bazı proteinlerde parçalanmanın arttığı söz konusu çalışmada raporlanmıştır.

Li ve ark. (2018b) çalışmalarında, kesim öncesi stresin post-mortem et proteinlerinin fosforilasyonu ve glikoliz metabolizması üzerine etkileri için: (1) işlem uygulanmayan (kontrol), (2) 3 saat taşınmış ve dinlendirilmemiş (T3L0), (3) 3 saat taşınmış 12 saat dinlendirilmiş (T3L12) koyunlardan alınan *L. lumborum* kası, 4°C’de post-mortem 24 saate kadar incelenmiştir. T3L0 grubu etlerin strese bağlı olarak beklenildiği gibi post-mortem 24 saat pH değerlerinin diğer gruplardan daha yüksek olduğu; sertliğin (Warner-bratzler kesme kuvveti) arttığı; firenin (su kaybı) ise azaldığı belirlenmiştir. Uygulama gruplarının gerek myofibriler (0.8-1.0) gerekse sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinde (0.55-0.75) post-mortem 24 saate kadar önemli bir farklılık olmamıştır.

Li ve ark. (2018c), koyun *L. lumborum* kasını post-mortem renk stabilitesine göre düşük, orta ve yüksek şeklinde sınıflandırmışlar ve etlerin fosforilasyonunu araştırmışlardır. Araştırmacılar etin rengi ile özellikle karbonhidrat metabolizmasında yer alan glikolitik enzimlerin daha fazla ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca myoglobin proteinin Ser133’teki fosforilasyonunun, etin renk stabilitesinin düzenlenmesinde

olumsuz bir rol oynadığı belirtilmiştir. Kesimden sonra L^* , a^* , ve b^* değerleri post-mortem 7 güne kadar artma eğiliminde olup, anılan renk değerleri sırasıyla 33.03-40.96, 7.96-13.78, ve 5.26-13.16 arasında tespit edilmiştir. Deoksimyoglobin post-mortem 6 saatten sonra azalma (0.70-0.75'ten 0.56-0.58'e) göstermiştir. Oksimiyoglobin post-mortem 0.5 saatte en az (0.45-0.49) olup, yüksek renk stabilitesine sahip etlerde post-mortem 3 güne kadar arttığı (0.66); sonrasında ise önemli bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Ancak orta ve düşük renk stabilitesine sahip et grubunda post-mortem 3 günden sonra oksimiyoglobinde azalma olduğu belirtilmiştir. Post-mortem 0.5 saatte 0.81-0.85 arasında belirlenen metmyoglobin post-mortem 7 güne kadar artarak 1.01'e ulaştığı tespit edilmiştir.

Li ve ark. (2018d), daha önce yaptıkları çalışmaya (Li ve ark., 2018c) ek olarak, sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonu ile etin renk stabilitesini (düşük, orta ve yüksek renk stabilitesi) incelemişlerdir. Sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyleri renk stabilitesine göre et gruplarında benzerlik göstermiş ancak proteinden proteine fosforilasyon düzeyinde farklılıklar belirlenmiştir. Post-mortem süre boyunca sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi azalma eğilimi göstermiştir. Sonuç olarak araştırmacılar etin renk stabilitesiyle en fazla glikolitik enzimlerin ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Myoglobinin fosforilasyonu ile etin renk stabilitesi arasındaki negatif ilişki şaşırtıcı olarak nitelendirilmiştir. Myoglobinin fosforilasyon düzeyi arttıkça etin a^* değerinin yani kırmızılığın azaldığı ve metmyoglobindeki artma ile renk stabilitesinin de azaldığı belirlenmiştir. Ancak bu fark post-mortem 24 saate kadar önemli bulunmuştur.

Liu ve ark. (2018) protein fosforilasyonunun post-mortem et niteliklerine etkilerini incelemek için keçi karkasından aldıkları *L. thoracis* ve *External intercostal* kaslarını sırasıyla 'yüksek kaliteli (YK)' ve 'düşük kaliteli (DK)' olarak iki gruba ayırmışlardır. Post-mortem 4, 8, 12, 24 ve 48 saatte pH, Warner-bratzler kesme kuvveti (WBSF), renk ve su kaybı; ayrıca 12 saat sonrasında örneklerde fosfo-peptitler analizlenmiştir. Post-mortem pH azalmasının 8. saatten itibaren önemli bir farklılık göstererek düşük kalitedeki ette daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Post-mortem süre boyunca azalma eğilimi gösteren WBSF'nin 12. saatten itibaren düşük kalite ette daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Su kaybı post-mortem süre sonunda gruplar arasında benzer bulunmuştur. L^* değeri özellikle 12. saatten sonra; a^* değeri ise bütün post-mortem

sürelerde en fazla yüksek kaliteli etlerde tespit edilirken, b* değeri 24 saat dışında en yüksek düşük kaliteli etlerde tespit edilmiştir. Glikojen fosforilaz enzim aktivitesi ve pürivat kinaz enziminin fosforilasyon düzeyi yüksek kaliteli grupta daha düşük belirlenmiştir. Glikoliz metabolizmasının hız sınırlayıcı enzimi olan fosfofruktokinaz'ın fosforilasyon düzeyindeki azalmanın aktivitesini olumsuz etkileyebileceği ifade edilmiştir.

Chen ve ark. (2018) çalışmalarında, kesimden sonra koyun karkasından alınan *L. thoracis* kasını, post-mortem 6 saatteki pH değerlerine göre: hızlı ($\text{pH} < 5.75$), orta ($5.75 < \text{pH} < 6.20$) ve yavaş ($\text{pH} > 6.20$) olarak 3 gruba ayırmışlardır. Hızlı pH düşüşü olan etlerde diğer gruplara göre glikojen miktarının daha düşük olduğu; laktik asit miktarının ise 6 saate kadar en yüksek hızlı pH düşüşü olan grupta belirlendiği, onu orta ve yavaş pH düşüşü olan grupların izlediği belirtilmiştir. Sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi post-mortem 6 saatte en düşük hızlı pH düşüşü olan grupta, post-mortem 48 saate kadar gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Ancak özellikle 24 saatte ve 48 saatte toplam fosforilasyon düzeyinin yavaş pH düşüşü olan etlerde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin ilk post-mortem sürelerde artma; sonrasında ise azalma eğilimi gösterdiği çalışmada tespit edilmiştir. Glikojen fosforilaz enziminin fosforilasyon düzeyinin hızlı pH düşüşü olan etlerde daha yüksek olmasının fosforile formunun glikolizi artırmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Glikojen fosforilazın fosforilasyon düzeyinin post-mortem 6 saatten sonra azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Glikolizin hız sınırlayıcı enzimi olan pürivat kinazın ise fosforilasyonundan sonra asit stabilitesinin arttığı ancak aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Fosforilasyon düzeyinin yavaş pH düşüşü olan grupta daha yüksek ve pH ile de pozitif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir.

Wang ve ark. (2018) kesimden sonra koyun karkasından alınan *L. lumborum* (LL), *Semimebranosus* (SM) ve *Psoas major* (PM) kaslarında titin proteininin post-mortem protein fosforilasyonu ve degradasyonu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Kaslar vakum paketlenerek 4°C'de 28 gün bekletilmiştir. Post-mortem 24 saatte pH değeri önemli düzeyde azalmış sonraki post-mortem dönemlerde ise önemli bir değişim göstermemiştir. İlk post-mortem sürede (0.5 saat) PM kasının pH değeri en düşük olup; diğer post-mortem dönemlerde ise diğer iki kasa göre en yüksek pH değeri PM kasında tespit edilmiştir.

SDS-PAGE ile araştırmacılar post-mortem süre boyunca titin parçalanma ürünlerini 2400 kDa (T1) ve 1200 kDa (T2) belirlemişlerdir. T1'in T2'ye parçalanma derecesinin diğer kaslara göre PM kasında daha hızlı olduğunu dolayısıyla titin proteinin daha hızlı parçalandığını gözlemlemişlerdir. Söz konusu kasta titin proteinin fosforilasyon düzeyi SM ve LL kasları ile karşılaştırıldığında post-mortem 14 güne kadar daha yüksek olmuştur. Post-mortem 24 saatten sonra titin proteinin fosforilasyon düzeyi her üç kasta da azalma eğilimi göstermiştir. Bundan dolayı da titin proteininin fosforilasyonunun artması ile parçalanma derecesinin de artabileceği ifade edilmiştir. Post-mortem 45 saatten sonra diğer kaslara göre PM kasında MFI'nin en fazla olduğu; 14 günde MFI'nin LL ve SM kaslarında maksimuma ulaştığı ve daha fazla artmadığı tespit edilmiştir.

Mato ve ark. (2019), kesim öncesi stres ile ilgili olarak DFD ve normal sığır etinde (*L. thoracis*) post-mortem 24 saatte protein fosforilasyonunu incelemişlerdir. DFD ve normal etlerin fosfoprotein profilinde farklılık olduğu; kontrol grubuna (normal et) göre DFD etin fosforilasyon düzeyinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalara da benzer olarak aktin izoformlarından ACTA1'in fosforilasyonunda artma gevrekliliği azaltmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar fosfoproteinlerin DFD et için biyomarker olabileceğini rapor etmişlerdir.

Du ve ark. (2019) μ -kalpainlerin fosforilasyonunun kalpastatinlerle inhibisyonuna karşı hassasiyetine etkisini araştırmışlardır. Saflaştırılmış μ -kalpain pürivat kinaz (PKA) inhibitörü ile defosforile; alkalin fosfataz inhibitörü (AP) ile fosforile edilmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, kalpastatin olmadığı durumda gerek AP gerekse PKA uygulanan μ -kalpainlerin daha yüksek proteolitik aktiviteye sahip oldukları gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, defosforile ve kontrol grubu μ -kalpainler ile karşılaştırıldığında kalpastatinin fosforile μ -kalpainleri daha fazla inhibe ettiğini belirlemişlerdir.

Cao ve ark. (2019), myosin düzenleyici hafif zincirin (MyLC2/MRLC) fosforile olmasının hem aktomyosin hem de myosinin parçalanmasına etkisini araştırmışlardır. Aktomyosin parçalanması en fazla post-mortem 48 saatte olmuştur. Buna göre araştırmacılar eti yüksek, orta ve düşük aktomyosin parçalanma derecesine göre 3 gruba ayırmışlardır. Post-mortem 0.5-72 saatte, MRLC'nin fosforilasyonunda azalma; aktomyosin dağılımının ve myosin ağır zinciri (MHC) ile MRLC'nin parçalanmasının arttığı belirlenmiştir. MRLC'nin fosforilasyon düzeyi ile aktomyosin dağılımı ($r=-0.794$),

MRLC ($r=-0.764$) ve MHC ($r=-0.826$) arasında önemli ($P<0.05$) düzeyde negatif korelasyon tespit edilmiştir.

Chen ve ark. (2019a), protein fosforilasyonu ve glikoliz metabolizmasında değişimi araştırmışlardır. Koyun etini kinaz inhibitörü (düşük fosforilasyon) ve fosfataz inhibitörü (yüksek fosforilasyon) uygulanarak et proteinlerinin fosforilasyonu derecelendirilmiştir. Glikojen fosforilaz, pürivat kinaz ve fosfofruktokinaz enzimlerinin aktiviteleri belirlenmiştir. Etlerin daha düşük pH ve daha fazla laktik asit içeriğine göre araştırmacılar, yüksek protein fosforilasyonun etlerde daha hızlı glikoliz gelişimine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Glikojen fosforilaz, pürivat kinaz ve fosfofruktokinaz enzimlerinin aktivitesi fosfataz inhibisyon grubunda yani yüksek fosforilasyon düzeyinde daha fazla ($P<0.05$) tespit edilmiştir.

Chen ve ark. (2019b), önceki çalışmalarına (Chen ve ark., 2019a) ek olarak glikolitik pH değişime göre etleri 3 farklı glikoliz derecesine (hızlı, orta ve yavaş) ayırmışlar ve kantitatif fosfoproteomik analizlemişlerdir. Araştırmacılar, pürivat kinaz, fosfoglukomutaz 1, enolaz ve fruktoz-bifosfat aldolaz proteinlerinin erken post-mortem zamanda glikoliz derecesi ile ilişkili bulmuşlardır.

Bai ve ark. (2020a), glikojen fosforilaz enziminin fosforilasyonu ile aktivitesini araştırdıkları çalışmada koyun *L. thoracis* kasından ekstrakte edilen sarkoplazmik proteinleri (*in vitro*) (1) kontrol grubu, (2) PKA (fosforile) ve (3) AP (defosforile) olmak üzere 3 gruba ayırmışlardır. Kontrol hariç uygulama grupları 4°C'de 72 saat inkübe edilmiştir. Kontrol ve fosforile gruplarda inkübasyon süresince fosforilasyon düzeyi artma eğilimi göstermiştir. Glikojen fosforilazın toplam fosforilasyon düzeyleri 12 saatte önemli farklılık göstermiştir. Uygulama süreleri sonunda defosforile grubun glikojen fosforilaz aktivitesi belirgin bir şekilde azalmıştır. Glikojen fosforilaz aktivitesi kontrol grubu etlerde 48 saate kadar artma eğilimi gösterirken; fosforile grupta en yüksek aktiviteye 72 saatte ulaşılmıştır. Tüm inkübasyon sürelerinde fosforile grubun laktat içeriği en yüksek tespit edilmiş; yani glikojen fosforilazın fosforilasyon ile aktivitesi pozitif yönde etkilenmiştir.

Bai ve ark. (2020b), ATP'nin 4°C'de inkübe edilen koyun etinde (*L. thoracis*) glikojen fosforilaz aktivitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, ekstrakte edilen sarkoplazmik proteinleri ATP içermeyen (kontrol) ve düşük (0.5 $\mu\text{M}/100\mu\text{g}$ protein), orta (2.0 $\mu\text{M}/100\mu\text{g}$ protein) ve yüksek (2.5 $\mu\text{M}/100\mu\text{g}$) konsantrasyonda ATP içeriği ile 4

gruba ayırmışlar ve 72 saate kadar inkübe etmişlerdir. İnkübasyonun 0.5, 2, 6, 12, 24, 48 ve 72 saatlerinde analizleri gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar artan konsantrasyonda ATP'nin glikojen fosforilazın fosforilasyon düzeyini artırdığını, ancak ATP'nin glikojen fosforilazın aktivitesini inhibe ettiğini ve ATP'nin öncelikle fosforilasyona katıldığını ifade etmişlerdir. Kontrol grubunda glikojen fosforilazın, fosforilasyon düzeyi inkübasyon süresince azalmış, ATP içeren örneklerde ise fosforilasyon düzeyleri artmıştır.

Bai ve ark. (2020c), bu defa da yukarıda belirtilen çalışmalarına (Bai ve ark., 2020b) ek olarak koyun etinde (*L. thoracis*) inkübasyon süresince aldıkları örneklerin pH değerlerini post-mortem 6. saatteki pH değerine göre: hızlı glikolitik aktivite, orta glikolitik aktivite ve düşük glikolitik aktiviteli olmak üzere 3 gruba ayırmışlardır. Araştırmacılar, yavaş pH düşüşü olan grupta glikojen fosforilazın fosforilasyonu ve aktivitesinin post-mortem 24 saatte, hızlı pH düşüşü olan gruba göre daha düşük belirlemişlerdir. Glikojen fosforilazın fosforilasyon düzeyi ile aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon da araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir.

Cao ve ark. (2020) myofibriler proteinlerde fosforilasyonun kasın kasılmasına ve aktomyosin parçalanmasına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, koyun etini (*L. thoracis*) post-mortem 48 saatte, aktomyosin parçalanma derecesine göre: yüksek, orta ve düşük olarak 3 gruba ayırmışlardır. Araştırmacılar tespit edilen 114 fosfoproteinden 176 fosfopeptidin yüksek ve düşük aktomyosin parçalanma düzeyine sahip gruplar arasında önemli bir farklılık gösterdiğini; MyHC1, MyHC7 ve titinin fosforilasyonunun aktomyosin parçalanmasını inhibe ettiğini; tropomyosin 2'nin fosforilasyonunun ise aktomyosin parçalanmasına katkı sunduğunu belirtmişlerdir. Aktomyosinin parçalanmasını etkileyen fosforilasyon daha çok serin amino asit rezidüsünde meydana gelmiştir. MyRLC'nin de fosforilasyonu ile aktomyosin parçalanma düzeyi arasında da negatif bir korelasyon tespit edilmiştir.

Ren ve ark. (2020), kesimden sonra yağlı kuyruklu koyun karkasından alınan *L. lumborum* kasını farklı sıcaklıklarda (25°C, 15°C, 4°C ve -1.5°C) farklı post-mortem sürelerde (sırasıyla 1, 2, 10 ve 21 gün) bazı nitelikler bakımından değerlendirmişlerdir. Post-mortem 1 ve 2 günlerde 4°C ve -1.5°C muhafaza kasın pH değerini diğerlerine kıyasla artırmıştır. Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi 25°C ve 15°C'deki kaslarda azalmış; 4°C ve -1.5°C'deki kaslarda ise ilk post-mortem dönemlerde

artmış, daha sonra azalmıştır. En yüksek fosforilasyon düzeyine 4°C’de 24 saatte ulaşılmış; -1.5°C’de post-mortem 3 güne kadar değişim olmazken daha sonra azalmıştır. Araştırmacılar bu durumu, ATP tüketimin düşük sıcaklıklarda daha yavaş gerçekleşmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Myofibriler proteinlerin fosforilasyonu ile sıcaklık arasında negatif bir korelasyon da tespit edilmiştir. Sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyonu ilk post-mortem dönemde artmış sonrasında ise stabil olmuştur. Örnekler arasında önemli farklılıklar post-mortem 1 ve 2 günlerde tespit edilmiştir. Araştırmacılar, fosforilasyon bakımından sarkoplazmik proteinlere göre myofibriler proteinlerin sıcaklığa daha hassas olduğunu belirtmişlerdir. Her bir protein bandının fosforilasyonunu inceleyen araştırmacılar, MyBPC’nin fosforilasyon düzeyini 25°C ve 15°C’deki kasta yüksek belirlemişlerdir. MyLC’nin fosforilasyonu pH ile negatif bir korelasyon göstermiştir. Sarkoplazmik proteinlerden ise fruktoz-bifosfat aldolaz, laktat dehidrojenaz, adenilat kinaz ve laktoyilglutamat liyaz gibi enzimlerin fosforilasyonu tüm muhafaza koşullarında artmış; pH ile negatif bir korelasyon göstermiştir. Post-mortem 24 saatten sonra glukoz-6-fosfat izomeraz ve pürivat kinaz enzimlerinin fosforilasyonu 25°C’deki kaslarda daha fazla belirlenmiştir. Çalışmada, enolaz enzimlerinde azalan fosforilasyon düzeyi pH ile pozitif korelasyon göstermiş; aktivitelerinin fosforilasyon ile modifiye edilebileceği de vurgulanmıştır.

Cao ve ark. (2021), önceki çalışmalarından (Cao ve ark., 2019; 2020) sonra Ser17’deki MRLC’nin fosforilasyonunun aktomiyosinin kinetik ve toplam enerjisini azalttığını, böylece yapıyı stabilize ederek miyozin ve aktin arasındaki etkileşimi kolaylaştırdığını ortaya koymuşlardır. Ser17’deki MRLC fosforilasyonunun aktomiyosin dağılımını olumsuz yönde etkileyebileceği araştırmacılarca belirtilmiştir.

Ren ve ark. (2021), ATP’nin protein kinazların varlığında proteinlere fosfat grubu sağlayan bir fosforilasyon substratı olduğundan hareketle, post-mortem kasta ATP’nin et proteinlerinde fosforilasyonuna etkisini araştırmışlardır. ATP eklenmiş ve eklenmemiş (kontrol) etler kırıma halinde 25°C (1 gün) ve 4°C’de (7 gün) depolanmıştır. ATP eklenen etlerde pH gelişiminin farklı olduğu, 25°C’de depolanan etlerin post-mortem 0.75 saatte ve 4°C’de depolananlarda da post-mortem 0.75 ve 2 saatlerinde daha yüksek pH değeri gösterdikleri belirlenmiştir. Ancak post-mortem 1. günden sonraki depolama zamanlarında ATP eklenen etler kontrole kıyasla daha düşük ($P<0.05$) pH değeri sergilemişlerdir. Her iki depolama sıcaklığında da myofibriler proteinlerin fosforilasyon

düzeyi ATP eklenen etlerde daha yüksek olmuştur. Ayrıca araştırmacılar, ATP eklenen etlerde μ -kalpain, dezmin ve troponin-T'nin daha yavaş bozulma seyri gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Ren ve ark. (2022), kuzu eti kalitesi üzerine glikolitik enzimlerde fosforilasyonu asetilasyonla birlikte incelemişlerdir. Araştırmacılar post-mortem 1 saatten 1 güne kadar pH değişimine bağlı olarak et örneklerini glikoliz derecesine göre hızlı ve yavaş olarak 2 gruba ayırmışlardır. Yavaş glikoliz derecesine sahip etlerde hekzokinaz, fosfofruktokinaz, pürivat kinaz enzim aktiviteleri daha yavaş olup, daha düşük a^* ve daha fazla kesme kuvveti gösterdikleri belirlenmiştir. Fosfofruktokinaz asetilasyonunun ve fosforilasyonunun kesme kuvveti ile korelasyon gösterdiği, ancak aktivitesi ile ters ilişkili olduğu da çalışmada vurgulanmıştır.

Ijaz ve ark. (2022), post-mortem 24. saatte pH değerine göre düşük (5.53), orta (5.80) ve yüksek (6.25) olarak gruplandırdıkları sığır *L. thoracis* kasında 4°C'de 7 gün depolamada sarkoplazmik ve myofibriler fosfoprotein profilini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, glikojen miktarının ($\mu\text{mol/g}$) 5.59'dan 1.50'e, laktat miktarının ($\mu\text{mol/g}$) 215'den 134'e, L^* değerinin 47.16'dan 35.26'ya, a^* değerinin 13.97'den 11.69'a, b^* değerinin 9.58'den 8.34'e ve kesme kuvvetinin 70.77'den 63.95 N/cm'e, düşük pH değerinden yüksek pH değerine doğru bir değişim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Sarkoplazmik proteinlerde toplam fosforilasyon düzeyinin depolamanın ilk gününde düşük pH grubunda; myofibriler proteinlerin ise depolamanın 1. ve 2. günlerinde orta pH grubunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçta araştırmacılar DFD (koyu, katı, kuru) et oluşumunda glikolitik metabolizma ile kasılma sistemi bakımından protein fosforilasyonunun kritik bir rol oynadığını belirtmişlerdir.

Wang ve ark. (2023), kesimden sonra 30 dk içinde aldıkları koyun *L. lumbrorum* kasından ekstrakte ettikleri titin proteini fosforilasyonunu modifiye etmek için PKA, AP ve kontrol grubu şeklinde 3 grupta incelemişlerdir. Çalışmada titin parçalanma düzeyine fosforilasyonun etkisini araştıran araştırmacılar, 3 uygulama grubuna 0.01, 0.1 ve 1 mmol/L Ca^{+2} ile μ -kalpain (60 μL) uygulayarak 4°C'de 48 saat depolamışlardır. Kontrol ve PKA ile karşılaştırıldığında, AP grubunda bir diğer ifadeyle düşük fosforilasyon düzeyinde titinin daha erken parçalandığı gözlemlenmiştir.

Literatürde özellikle son zamanlarda et proteinlerinin fosforilasyon nitelikleri üzerine gerçekleştirilen bu çalışmalarda elde edilen sonuçları özetlediğimizde;

Glikolitik metabolizma:

- Farklı fosforilasyon düzeyine sahip etlerde glikolitik metabolizmanın da farklı olmasına bağlı olarak farklı pH değerlerinin oluşabileceği (Chen ve ark., 2016a; Li ve ark., 2017b; Wang ve ark., 2018; Ren ve ark., 2020); proteinlerin fosforilasyonu ile glikoliz derecesinin ve metabolik enzimlerin aktivitesinin artabileceği (Huang ve ark., 2011; Li ve ark., 2015a; Chen ve ark., 2019a; 2019b),
- Tuzun protein fosforilasyonu aracılığı ile glikolizi regule ettiği, bunun ise et kalitesini etkilediği (Wang ve ark., 2017),
- Glikojen fosforilaz enzim aktivitesinin fosforilasyona ve/veya defosforilasyona bağlı olarak değişim gösterdiği (Chen ve ark., 2018; Bai ve ark., 2020a), fosforilasyon ile aktive olan glikojen fosforilaz enzim aktivitesinin fosforilasyon ile artabileceği (Chen ve ark., 2018; Bai ve ark., 2020a; 2020c),
- Fosfofruktokinaz enziminin fosforilasyon ile aktivitesinin azalabileceği (Liu ve ark., 2018; Ren ve ark., 2022),
- Proteinlerin fosforilasyonunun, postmortem et pH'sında olası artma sonucu etlerin su tutma kapasitesini de değiştirebileceği (Wang ve ark., 2016),
- DFD et oluşumuna neden olan kesim öncesi hayvanlara uygulanan strese bağlı olarak proteinlerde fosforilasyonun da değişim gösterdiği (Mato ve ark., 2019),
- MyLC2'nin post-mortem fosforilasyon düzeyindeki değişimin rigor mortis gelişimi ile paralellik gösterdiği (Muroya ve ark., 2007),

Proteolitik aktivite:

- Kalpainlerin fosforilasyon ile postmortem modifikasyonunun aktivitesi üzerine önemli bir etkisi olduğu ve bu etkinin Ca^{+2} miktarına göre değişim gösterdiği (Du ve ark., 2017a; 2017b; 2018),
- Myofibriller proteinlerin degradasyonunun protein modifikasyonları ile regule olduğu, genel olarak düşük fosforilasyon düzeyine sahip etlerde myofibriller fragmentasyon indeksinin daha yüksek olduğu; myofibriller proteinlerde fosforilasyonun azalmasının da bazı proteinlerde parçalanmayı artırabileceği (Li ve ark., 2018a),

- Daha düşük fosforilasyona sahip myofibriler proteinlerin μ -kalpainler ile kolaylıkla parçalanabildikleri (Li ve ark., 2017a; 2017b),
- Farklı myofibriler proteinlerin farklı fosforilasyon düzeylerinde parçalanmaya hassasiyetlerinin de farklı olabileceği (Wang ve ark., 2017; 2018),

Lipolitik aktivite:

- Tuz ile kürlenmenin myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerde toplam fosforilasyonu etkilediği; sarkoplazmik proteinler de süperoksit dismutaz enziminin de yer aldığı (Zhang ve ark., 2016; Wang ve ark., 2017),
- Apolipoprotein A-I (APOA1) yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) bir bölümü olup; kaslarda da bulunmaktadır. Fakat fosforilasyon modifikasyonu ile ilgili fonksiyonu tam olarak bilinmemektedir. Tuzlamanın, kasta APOA1'nin fosforilasyonunu azalttığı ancak et kalitesindeki fonksiyonunun lipolitik aktivite nedeniyle daha detaylı araştırılması gerektiği (Wang ve ark., 2017),

Fiziksel nitelikler (Renk, tekstür):

- Myoglobin renk stabilitesinin fosforilasyon ile değişim gösterdiği (Li ve ark., 2017b); etin renk stabilitesi ile en fazla glikolitik enzimlerin ilişkili olduğu (Li ve ark., 2018d); geri dönüşümlü fosforilasyonla myoglobinin oksijen bağlama kapasitesi dolayısıyla myoglobin redoks formlarına dönüşümün değişebileceği (Li ve ark., 2018c); myoglobin fosforilasyonu ile etin rengi arasında negatif bir ilişki olduğu (Wang ve ark., 2017; Li ve ark., 2018c; 2018d); fosforilasyonun myoglobinden demir salınımını hızlandırarak oksitlenme eğilimi gösterdiği (Wang ve ark., 2017),
- Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonu ile etin L*, a*, b* değerleri ve oksimoglobin arasında negatif bir korelasyon olduğu (Li ve ark., 2018d),
- Fosforilasyonun myoglobinden Fe salınımını ve okside olma eğilimini artırabileceği (Devatkal ve Naveena, 2010),
- Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyinin ette su tutma kapasitesini etkilediği (Wang ve ark., 2016),
- MyLC proteinin postmortem fosforilasyonunun aktomyosin kompleksi oluşumunda önemli bir etki gösterebileceği (Chen ve ark., 2016a); MyLC'nin fosforilasyonunun aktomyosin interaksiyonunu artırdığı (Miller ve ark., 2011); MyLC2'nin defosforilasyonunun myosin ve aktin proteinlerinin bağlanma gücünü ve derecesini artırabileceği (Gao ve ark., 2017; Cao ve ark., 2019; 2020; 2021) ifade edilmiştir.

2.2. Etin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal nitelikleri

Abraham ve ark. (2017), kesim sonrası 3 günde temin edilen sığır *L. lomborum* (loin 'LL') ve *P. major* (tenderloin 'PM') kaslarının 7 gün süresince bazı niteliklerini araştırmışlardır. Bu süreçte LL ve PM kaslarında kırmızılık (a*) sırasıyla 30.6'dan 26.4'e ve 29.5'ten 13.1'e azalmıştır. Glukoz ve fruktoz artma eğilimi göstermiştir. Pürvik asit, glukoz-6-fosfat ve fruktoz gibi glikolitik metabolitler PM kasına göre LL kasında daha fazla oranda belirlenmiştir. Sitrik ve süksinik asitler başlangıçta düşük düzeyde ve 7. günde PM kasına göre LL kasında daha fazla tespit edilmiştir.

Ahn ve ark. (2004) farklı sürelerde olgunlaştırılan (kesimden sonra 1 gün 'ön-olgunlaştırma', 2 gün 'olgunlaşmış', 2 hafta 'uzun dönem olgunlaşmış') sığır eti (loin) kıymasını oksijen geçirgen poletilen paketlerde 4°C'de depolamışlardır. Az, orta ve uzun dönem olgunlaştırılan etlerin kırmızılığı (a*değeri) depolama sırasında sırasıyla 22.0'den 20.1'e, 19.7'den 15.4'e ve 19.8'den 8.4'e azalmıştır. Aksine TBARS miktarı (mg MDA/kg) sırasıyla 0.44'ten 0.88'e, 0.65'ten 1.94'e ve 4.13'ten 6.87'ye yükselmiştir. Araştırmacılar, depolama süresince etlerin toplam aldehit bileşenlerin pik alanında artma; toplam sülfürlü bileşenlerin pik alanında ise azalma belirlemişlerdir.

Al-Rubeii ve ark. (2009), buzdolabı koşullarında depolama sırasında sığır kıymasında doğal ve sentetik antioksidanların etkisini incelemişlerdir. Antioksidan uygulanmayan kontrol grubu kıymalarda depolama sırasında pH değeri 5.59'dan 5.80'e yükselmiş, TBARS miktarı (mg MDA/kg) 0.15'ten 1.65'e, peroksit değeri (meq/kg yağ) 2.48'den 4.40'a ve serbest yağ asitleri %0.30'dan %1.22'ye yükselmiştir. Antioksidan ilavesi anılan niteliklerde depolama sırasında artma düzeyini azaltmıştır.

Amany ve ark. (2010), sığır kıymalarında bazı esansiyel yağların antioksidan ve antimikrobiyal etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, %0.5, %1 ve %1.5 oranında sarımsak esansiyel yağı ilave edilen kıymaları polietilen poşetlerde 4°C'de 6 gün depolamışlardır. Başlangıçta kıymalarının pH değeri 5.71 olup; kontrol grubu kıymalarda depolamanın sonunda 7.05'e; artan oranlarda sarımsak esansiyel yağlı ilaveli kıymalarda sırasıyla 6.86, 6.73 ve 6.67'ye yükselmiştir. Kıymaların TBARS değeri (mg MDA/kg) depolama süresince sarımsak esansiyel yağlı kıymalara kıyasla (0.04'ten 0.44'e, 0.38'den ve 0.36'ya) kontrol grubunda (0.04'ten 0.58'e) daha fazla artmıştır.

Aşık ve Candoğan (2014) yenilebilir kitosan bazlı kaplamaya %0.5, %1.0 ve %1.5 oranında sarımsak yağı ilavesinin 4°C'de 11 günlük depolama sırasında karideslerin et

kalitesini araştırmışlardır. Depolamanın sonuna doğru sarımsak yağı eklenerek uygulanan kaplamanın aerobik bakteri sayısını azalttığını belirten araştırmacılar, kaplama antioksidan aktivitesinin sadece depolamanın ilk günlerinde belirgin olduğunu ve TBARS değerlerine göre sarımsak yağının lipit oksidasyonunu hızlandırdığını gözlemlemişlerdir. Sarımsaklı ya da sarımsaksız kaplama, etlerin L* değerinde artmaya, a* ve b* değerlerinde ise azalmaya neden olmuştur. Sonuçta araştırmacılar kalite nitelikleri açısından kitosan kaplamasına en düşük oranda sarımsak yağı ilavesini önermişlerdir.

Bruas-Reignier ve Brun-Bellut (1996), post-mortem olgunlaşmanın sığır (Friesian) etlerinin (*L. dorsi*, *Triceps brachii caput longum*, *Rectus femoris*) niteliklerine etkisini araştırmıştır. Et örneklerinin ortalama su (%), toplam azot (% kurumadde) ve toplam yağ (% kurumadde) miktarını sırasıyla 75.3-77.3, 14.8-15.2 ve 5.6-7.2 olarak belirleyen araştırmacılar, post-mortem olgunlaşma boyunca etlerin kimyasal bileşiminde önemli bir farklılık tespit etmemişlerdir. Ayrıca et örneklerinin proteoliz indeksi (8.5-8.9) de benzer bulunmuştur.

Elhadeef ve ark. (2020), *Ephedra alata* ekstraktı ilave ettikleri sığır eti kıymalarını vakum ambalajlayıp; 4°C’de 14 günlük depolama süresince etin kalite niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Ekstrakt ilavesi yapılmayan kontrol grubu kıymada depolama sırasında metmyoglobin %10.31’den %59.65’e, peroksit değeri (meq O₂/kg lipid) 4.59’den 18.59’e ve TBARS miktarı (mg MDA/kg) 0.15’den 2.88’e artmış; L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 49.13’ten 41.81’e, 18.81’den 8.21’e ve 24.42’den 19.38’e azalmıştır.

Gheisari ve Ranjbar (2012) sarımsak uyguladıkları deve eti kıymalarında 4°C’de depolama sırasında lipolizin azaldığını belirlemişlerdir. Sarımsak uygulanmayan kontrol grubunda taze, toz ve yağ formunda sarımsak uygulanan etlere kıyasla TBARS ve peroksit değerleri depolamada sırasıyla 0.4’ten 2’ye ve 0.1’den 1.5’e yükselmiş olup; uygulama gruplarından daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Anılan değerler bakımından kontrol grubunu, sarımsak yağı uygulanan grup izlemiştir. Dolayısıyla araştırmacılar antioksidan aktivite bakımından ya taze sarımsağın ya da tozunun kullanımını önermişlerdir.

Guerrero ve ark. (2020), kuzu etine uyguladıkları yenilebilir kaplamaya kekik ve sarımsak yağı ilave etmişlerdir. Kekik ya da sarımsak yağı uygulanmayan kaplamayı kontrol grubu olarak değerlendirmişlerdir. Sarımsak yağı uygulamasında kontrole

kıyasla, etin kırmızılığı (a^* değeri) sırasıyla 4.69 ve 7.55, renk stabilitesi (R630/R580) 1.48 ve 1.76 olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla sarımsak yağı uygulaması kırmızılığı ve renk stabilitesini azaltmıştır. Kekik yağının da lipit oksidasyonunu azalttığı ancak sarımsağın kontrole kıyasla önemli bir fark yaratmadığı belirtilmiştir.

Hussain ve ark. (2020) koyun eti kıymasına farklı oranlarda (%0.5, %1.5 ve % 2.5) tarçın tozu ilave ettikleri çalışmalarında, kıyma örneklerini vakum ambalajda 4°C’de 16 gün depolamışlardır. Herhangi bir katkı yapılmamış kontrol grubu kıymalarında, depolamanın başlangıcında 5.62 olan pH değerinin, 8. günde 5.46’ya azaldığı; 16. günde 5.80’e yükseldiği belirlenmiştir. Tarçın tozu ilave edilen kıymaların pH değeri depolama sırasında benzer bir eğilim sergilemiş, ancak kontrol grubundan daha yüksek tespit edilmiştir. Kontrol grubu kıymalarda depolamanın başlangıcında sonuna kıyasla L^* , a^* ve b^* değerleri (sırasıyla 53.06-50.98, 16.87-12.20, ve 19.31-16.11) daha yüksek belirlenmiştir. Kontrol grubu kıymalarda TBARS miktarı depolama süresince uygulama gruplarına kıyasla daha yüksek bir artış (0.15’ten 0.5 mg MDA/kg’a) göstermiştir.

Hussain ve ark. (2021), farklı oranlarda (%0.01, %0.025, %0.05 ve %0.5) tarçın kabuğu yağını yine yukarıda belirtilen (Hussain ve ark., 2020) koşullarda koyun eti kıymasına uygulamışlardır. Kontrol grubu kıymalarda pH değeri depolama başlangıcından itibaren 4, 8, 12 ve 16 günlerde artma eğilimi (sırasıyla 5.59, 5.64, 5.82, 5.91, 5.97) göstermiştir. L^* ve b^* değerleri (sırasıyla 47.64, 20.16) en fazla depolama başlangıcında; en düşük (45.20, 14.72) depolama sonunda kontrol grubu kıymalarda belirlenmiştir. Kıymaların a^* değeri, depolama süresince %0.5 oranında tarçın kabuğu yağı ilave edilen kıymalar hariç diğer uygulama gruplarında artma (13.35-15.27’den 14.11-17.41’e) göstermiş, ancak %0.5 yağ uygulama grubunda kırmızılıkta belirgin bir azalma (19.51’den 8.33’e) belirlenmiştir. Renk stabilitesi (R630/580) değeri kontrol grubu kıymalarda 4.04’ten 2.34’e azalmış ancak %0.5 oranında tarçın yağı uygulama grubunda belirgin bir azalma (3.34’ten 1.14’e) diğer uygulama gruplarına kıyasla gözlemlenmiştir. Yine depolama sırasında %0.5 oranında tarçın yağı uygulama grubunda en yüksek TBARS miktarı ve en düşük OMB oranı elde edilmiştir.

Karakaya ve ark. (2005), sığır, koyun, keçi ve tavşan etlerinde pre-rigor (kesimden sonra 90 dk) aşamadan post-rigor (2°C’de 24 saat) aşamaya pH değerinin sırasıyla 6.35’ten 5.58’e, 6.77’den 5.94’e, 6.94’ten 6.00’a ve 6.28’den 5.88’e azaldığını

belirlemişlerdir. Sığır etinde ortalama su, protein ve yağ miktarı sırasıyla %76.6, %18.8 ve %3.8 olarak tespit edilmiştir.

Korkmaz Mutlu (2020) sığır, tavuk ve hindi etine %0.6 oranında sarımsak ve soğan tozu uygulamış ve buzdolabında (0-4°C 13 gün) depolamıştır. Sığır etinin su, protein, yağ, kül ve pH değeri sırasıyla %75.4, %20.9, %1.82, %1.11 ve 6.10 olarak belirlenmiştir. L* (34.60), a* (18.82) ve b* (6.84) değerlerinden L* ve a* depolama sırasında sığır etinde önemli bir azalma (sırasıyla 32.34 ve 9.09) göstermiştir. Araştırmacı sarımsak tozu uygulamasının kontrole kıyasla L*, a* ve b* değerlerinde bir azalmaya ve TBARS değerinde bir artmaya neden olduğunu ancak yalnızca L* değerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada soğan tozunun doğal antioksidan olarak kullanılabileceği, sarımsak tozunun ise ilave edildiği düzeye bağlı olarak prooksidan etki gösterebileceği vurgulanmıştır.

Koutsidis ve ark. (2008a) konsantre yem ve silajla beslenen sığırların (Aberdeen angus ve Holstein-Friesian) *L. lumborum* kasında suda çözünür aroma öncü maddelerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar kasların glukoz içeriğini 8.12-9.51 mmol/kg olarak tespit etmiştir. Serbest amino asitler arasında en fazla Ala ve β -Ala (sırasıyla 2.46-3.44 ve 1.33-3.79 mmol/kg) belirlenmiş; onları Glu (2.05-2.66), Leu (1.22-1.63) ve Arg (0.94-1.14) izlemiştir.

Koutsidis ve ark. (2008b) bir önceki çalışmalarının (2008a) devamı olarak vakum paketlenerek 4°C'de 21 gün depoladıkları sığır (Charolais steer) *L. lumborum* kasında glukoz miktarının (mmol/kg) 7.33'ten 9.18'e, toplam serbest amino asidin (mmol/kg) 10.8'den 18.9'a arttığını tespit etmişlerdir. Depolama sonunda miktarı en fazla amino asit Ala (2.52) olmuş, onu β -Ala (2.41), Leu (1.75), Arg (1.37) ve Phe (1.00) izlemiştir.

Liu ve ark. (2015) doğal antioksidanları uyguladıkları sığır köftelerini (çiğ) buzdolabı koşullarında 8 gün depolamışlardır. Antioksidan uygulanmayan kontrol grubu köftelerde 8 günlük depolamada a* değeri 27.14'ten 14.99'a azalmış; MMb 3.915'ten 38.91'e; TBARS değeri 0.162'den 0.335 mg MDA/kg'a yükselmiştir. Çalışmada TBARS miktarı ile MMb arasında pozitif ($r=0.880$; $P<0.01$), a* değeri ile negatif ($r=-0.886$; $P<0.01$) bir korelasyon belirlenmiştir.

Mariutti ve ark. (2008) yüksek basınç uygulanan tavuk etinde adaçayı ve sarımsağın lipid oksidasyonuna etkisini araştırdıkları çalışmalarında, adaçayının antioksidan; sarımsağın prooksidatif etki gösterdiğini raporlamışlardır. Sarımsak uygulamasının daha

yüksek TBARS miktarına neden olduğunu belirten araştırmacılar, artan hidrostatik basınçla da TBARS miktarının daha fazla arttığını ifade etmişlerdir.

Mariutti ve ark. (2011), önceki çalışmalarına ek olarak adaçayı ve sarımsak uyguladıkları tavuk etinde tuzlama, ısıtma işlem ve dondurma proseslerinin lipolitik değişimlere etkilerini incelemişlerdir. Adaçayı uygulanan etlerin doymamış yağ asitlerinde herhangi bir değişim olmadığı, aksine sarımsak uygulananlarda uygulanan proseslerde anılan yağ asitlerinin azaldığı belirlenmiştir. Adaçayı uygulanan etlerde hekzanal ve pentanal bileşenlerinin daha az; sarımsak uygulananlarda ise daha fazla olduğunu, dolayısıyla sarımsağın antioksidan etki göstermeksizin lipid oksidasyonunu artırdığını ifade etmişlerdir.

Moemeni ve Yazdanpanah (2020), 4°C’de 6 gün depolanan kıymalarda pH’nın 5.50’den 5.83’e, peroksit değerinin 0.70’ten 2.13 meq/kg lipid’e ve TBARS değerinin de 0.06’dan 1.32 mg MDA/kg’a yükseldiğini; a* değerinin 12.13’ten 8.42’ye ve b* değerinin 6.54’ten 4.32’ye azaldığını belirtmişlerdir.

Nieto ve ark. (2013), %0.05 ve %0.4 oranlarında kekik, biberiye ve sarımsak yağı uyguladıkları domuz eti köftelerini hem aerobik hem de modifiye atmosferde (%70:20:10 O₂:CO₂:N₂) paketleyerek 4°C’de depolayıp; protein oksidasyonunu araştırmışlardır. Proteinlerin oksidasyonu tiyol salımı ve myosin çapraz bağlarının analizleri ile değerlendirilmiştir. Kekik ve biberiye yağlarının tiyol kaybını geciktirdiği, aksine sarımsak yağının artan tiyol kaybına neden olduğu ve protein oksidasyonunu teşvik ettiği raporlanmıştır.

Nurvantoro ve ark. (2015) sarımsak uygulamasının antioksidan niteliğini araştırdıkları çalışmalarında, %0 (kontrol), %3, %6, %9 ve %12 oranlarında ezilmiş sarımsak uyguladıkları sığır etini 3-5°C’de 12 gün depolamışlardır. Depolamanın 9. gününden 12. gününe kadar %12 sarımsak oranı dışında bütün et örneklerinde yağ miktarında önemli bir azalma belirlenmiştir. Et örneklerinde en az TBARS değeri depolamanın başlangıcında %12 sarımsak uygulanan ette (0.232 mg/kg); depolamanın sonunda da kontrol grubu ette (1.024 mg/kg) tespit edilmiştir. Araştırmacılar sarımsağın et yağını ve depolama sırasında da TBARS artışını azaltabileceğini ifade etmiştir.

Park ve Chin (2014), iki farklı oranda (%1.4 ve %2.8) taze sarımsak uygulanan domuz eti köftelerinde 4°C’de depolamada lipid oksidasyonu ve mikrobiyal aktiviteyi araştırmışlardır. Sarımsak uygulaması kırmızılığı (a*) azaltmış, pH ve b* değerlerini de

arttırmıştır. Artan sarımsak oranı TBARS değerini önemli ($P<0.05$) düzeyde arttırdığı gibi oksidasyon sonucu oluşan uçucu bileşenlerde de benzer etki yaratmıştır. Toplam 13 bileşen (allil merkaptan, allil metil sülfid, diallil sülfid, metil-(E)-propenil-disülfid, diallil disülfid, 1-pentanol, hekzanal, 1-hekzanol, heptanal, (E)-2-heptenal, 1-okten-3-ol, (E)-2-oktenal ve nonanal) belirleyen araştırmacılar, sarımsağın özellikle hekzanal'da belirgin bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Bunlara rağmen çalışmada kontrole kıyasla sarımsak uygulamasının toplam bakteri ve *Enterobacteriaceae* gelişimini belirgin bir şekilde inhibe ettiği de vurgulanmıştır.

Tareq ve ark. (2018), sarımsak tozu ve püresinin çiğ tavuk etinde depolama süresince kalite niteliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada %0.2 sarımsak tozu, %2 sarımsak püresi ve bu iki oran karıştırılıp uygulanmış, sarımsak tozu ve/veya püresi katılmayan et kontrol grubunu oluşturmuştur. Araştırmacılar et örneklerini düşük yoğunluklu polietilen poşetlerde $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de 12 gün depolamıştır. Başlangıçta, kontrol grubu ve %2 sarımsaklı etlerde pH değeri sırasıyla 5.60 ve 5.68 olup; her iki grupta depolama süresince artmış olup; 6. günde 6.07 ve 5.99'a; 12. günde 6.92 ve 6.53'e yükselmiştir. Depolama sırasında etlerde peroksit değeri (mg/kg) ve TBARS miktarı (mg MDA/kg) artma eğilimi (sırasıyla ortalama 1.14'ten 1.42'ye ve 0.158'den 0.275'e) göstermiştir. Ancak kontrol grubu (peroksit için 1.21'den 2.12 mg/kg'a ve TBARS için 0.186'dan 0.319 mg MDA/kg'a) ile karşılaştırıldığında % 2 sarımsaklı etlerde (1.17'den 1.45'e ve 0.174'ten 0.302'e) sözü edilen artmanın daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Toplam serbest yağ asitleri de benzer şekilde kontrol grubu etlerde % 0.17'den %0.37'ye ve %2 sarımsaklı etlerde %0.11'den %0.23'e olmak üzere daha fazla yükselmiştir.

Triki ve ark. (2018) aerobik soğuk ($0-4^{\circ}\text{C}$) depolamada 10 gün boyunca farklı etlerin serbest amino asitlerini araştırmışlardır. Çalışmada, sığır bacak etinin (*Rectus femoris*, *Semitendinosus*, *Flexor digitorum longus*, *Gastrocnemius*) pH değeri depolamanın sonuna doğru önemli bir artma (5.71'den 6.20'ye) göstermiştir. Toplam serbest amino asit miktarı (mg/100g) da 67.54'ten 203.8'e yükselmiştir.

Wong ve Kitts (2002), sarımsak ve cinseng uygulamasının ışınlanmış sığır parça etinde (sirloin) buzdolabı koşullarında depolama sırasında oksidatif değişimleri araştırmışlardır. Sarımsak uygulaması kontrol grubuna kıyasla daha fazla TBARS miktarına neden olmuştur. Araştırmacılar, sarımsağın aksine ışınlanmış etlerde cinseng kullanımını önermişlerdir.

Yang ve ark (2011), taze ezilmiş sarımsağın (%0.1), soğanın (%0.5) ve her ikisinin (%0.1 sarımsak ve %0.5 soğan) kıymada lipit oksidasyonu ve renk niteliklerine etkisini ve ışınlamanın oluşturduğu aromayı maskeleyip-maskelemediğini araştırmışlardır. Işınlamanın TBARS değerini artırdığını belirten araştırmacılar, soğan ve sarımsak+soğan ilavesinin depolama boyunca oksidasyonu azalttığını ifade etmiştir. Hem soğan hem de sarımsak ilavesi uçucu sülfürlü bileşenleri arttırmış ancak bu artış sarımsak uygulamasında daha fazla oranda olmuştur. Soğan ve sarımsak uygulanıp ışınlanmış etlerin ışınlanmayan kontrol grubu ile benzer aroma oluşturduğunu belirten araştırmacılar, ışınlamanın neden olduğu aromanın maskelenmesi için %0.5'ten daha fazla soğan ya da %0.1'den daha az sarımsak kullanımını önermiştir.

Zhang ve ark. (2016b) sarımsak ekstraktının sığır eti kıymalarında buzdolabı koşullarında depolanma sırasında renk ve lipit oksidasyonuna etkisini araştırmışlardır. Sarımsak ekstraktı uygulanmayan kontrol grubu ve sarımsak ekstraktı uygulanan kıymalarda L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 51.22 ve 51.35, 13.50 ve 14.49, 14.07 ve 14.59 olarak belirlenmiştir. L* ve b* değerleri depolama sırasında düzenli bir eğilim göstermemiş, a* değeri azalmıştır. Gruplar arasında pH değeri (5.86 ve 5.85) benzer belirlenmiştir. Sarımsak ekstraktı uygulanan etlerde TBARS ve peroksit değerleri sırasıyla 19.59 ve 30.22 $\mu\text{mol/kg}$ iken; kontrol grubunda 22.41 ve 46.56 $\mu\text{mol/kg}$ olmuştur.

2.3. Fermente sosislerin fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve duyuşsal nitelikleri

Ansorena ve ark. (2000), olgunlaşma süresince fermente sosiste (Chorizo) uçucu bileşenleri incelemişlerdir. Olgunlaşma ile uçucu bileşenlerin hem sayısı (63'ten 98'e) hem de miktarı (10.3'ten 223' mg dodekan/g kurumadde) artmıştır. En fazla artış asit bileşenlerde gözlemlenmiş; onu esterler ve aldehitler izlemiştir. Sülfürlü bileşenler, özellikle sarımsağın temel bileşeni olan diallil disülfid ise olgunlaşma ile azalmıştır. Aldehit bileşenleri olgunlaşma öncesinde en fazla oranda (%45) bulunan bileşenler olmuştur. Olgunlaşma ile aldehitlerin konsantrasyonu artsa da asitlerde daha fazla artışın olması onların toplam uçucular içerisindeki relatif oranını azaltmıştır. Araştırmacılar, olgunlaşmanın 21. gününde belirledikleri C6:0, C8:0, C10:0 yağ asitleriyle birlikte olgunlaşmanın 35. gününe kadar diğer doymuş yağ asitlerinin (C14:0, C16:0, C18:0)

arttığını gözlemlemişlerdir. Chorizo’da olgunlaşma süresince MUFA yağ asitlerinde (C16:1, C18:1) ve C18:2’de artış raporlanmıştır.

Antara ve ark. (2004), Bali’de yağsız domuz eti ve çeşitli baharatlarla geleneksel olarak üretilen ‘Urutan’ adı verilen güneşte yaklaşık 50°C’de gece ise 25°C sıcaklıklar arasında fermente edilen kuru fermente sosiste fermentasyonun 48 saatine kadar *Lactobacillus* sonrasında ise *Pediococcus* cinslerinin baskın olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar propiyonik, süksinik ve bütirik asitlere kıyasla laktik ve asetik asidin sosiste en fazla bulunan organik asitler olduğunu tespit etmişlerdir.

Babaoğlu ve Karakaya (2022), nitrit ve nitrata ikame olarak farklı bitki tozlarının (dereotu, maydanoz, ıspanak ve pazı) olgunlaşma (7 gün) süresince sucuğun niteliklerine etkisini incelemişlerdir. Sucuğun rutubet (%), protein, yağ ve kül miktarları (g/100g kurumadde) sırasıyla 45-48, 27-29, 66-68, ve 4.06-4.67 arasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu sucuklarda (nitrit ve nitrat kullanılan) olgunlaşmanın ilk gününden 7. güne kadar titrasyon asitliği (% laktik asit) sırasıyla 0.68’den 0.77’ye ve 0.73’ten 0.88’e artmış, pH değerleri de 5.83’ten 5.26’ya ve 5.84’ten 5.20’ye azalmıştır. Anılan sucuklarda olgunlaşma ile L* değerinde artma (43.9’dan 47.7-48.7’ye); a* ve b* değerlerinde ise azalma (sırasıyla 15.7-16.2’den 13.5-15.0’a ve 17.7-16’dan 14.8-13.3’e) gözlemlenmiştir. Olgunlaşmanın 3. gününden 7. gününe nitrit kullanılan kontrol sucuk örneklerinde sertliğin önemli ($P<0.05$) düzeyde arttığı (117 N’dan 141 N’a)’da tespit edilmiştir.

Beriaın ve ark. (2000), Salchichon (İspanyol yaz sosisi) üretim süresince proteolitik nitelikleri araştırmışlardır. Başlangıç sosis hamurunda Glu, Cys, Ala amino asitleri ile karnosin ve taurin peptitlerinin toplam serbest amino asitlerin %73.7’sini oluşturduğunu belirten araştırmacılar, son üründe Pro, Tyr, Val, Met, Cys, Ile, Leu serbest amino asitlerin miktarında azalma; Asp, Glu, Ser, Asp, Gly, Tau, Thr, Ala, Car, Trp ve Lys’de artma tespit edilmiştir. Başlangıç sosis hamurunun protein olmayan azot (NPN) içeriği 485 mg/100g kurumadde, fermentasyon ile 772 mg/100g kurumaddeye ve kurutma ile de 910 mg/100g kurumaddeye arttığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak anılan üretim süresince Salchichon’un proteoliz indeksi 9.40’tan 15.96’ya yükselmiştir.

Bozkurt ve Bayram (2006), olgunlaşma süresince sucukların renk ve tekstürel niteliklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, sucuk üretimi için koyun ve sığır eti karışımına (1:1 w/w) %22 oranında kuyruk yağı eklemişler; %95-60 bağıl nem ve 25-

18°C sıcaklık arasında 15 gün olgunlaştırma uygulamışlardır. Olgunlaşma ile sucuğun L^* , a^* ve b^* değerleri azalmıştır. Üretim süresince sucuk örneklerinin sertliği 350 g'dan 8846 g'a (yaklaşık 3-86 N) yükselmiş, adezyon değeri (10 kat); elastikiyet (0.82'den 0.65'e) ve kohezyon ($P>0.05$) azalmıştır. Araştırmacılar enstrümental olarak renk ve tekstürel niteliklerin duyuşal niteliklerle uyumlu olduğunu, bu anlamda enstrümental yöntemlerin sucuğun olgunlaşması sırasında renk ve tekstürel niteliklerin belirlenmesinde kolaylıkla kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Candoğan ve ark. (2009), çalışmalarında dört farklı starter kültür (*Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus sakei* ve *Streptomyces griseus*) inokule edilen sığır eti sosislerinde üretim aşamalarında (fermentasyon öncesi, fermentasyon esnası, kurutma ve ısıtma) proteolizi incelenmiştir. Toplam azot içeriğinde örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık olmazken, *L. sakei* içeren sosislerin üretim aşamalarında daha yüksek NPN içeriği (1360-1660 mg/100g kurumadde) belirlenmiştir. Başlangıç sosis hamurunda en fazla glutamin, taurine, alanin ve glutamik asit belirlenmiş olup; toplam NPN amino asit içindeki oranları sırasıyla %32, %14, %10 ve %6 olmuştur. Fermentasyon ve kurutma sonunda ise serbest amino asitlerden (mg/100 g kurumadde) ornitin (sırasıyla 60-131 ve 165-245), lizin (70.9-92.3 ve 172-217), fenilalanin (36.1-116 ve 72.2-170), valin (68.3-89.1 ve 110-124), izolösin (53.7-79.4 ve 104-124) ve lösin (154-219 ve 250-286) baskın hale gelmiştir. Starter kültür kullanımının toplam serbest amino asit konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, ancak proses aşamalarının belirgin farklılıklar yarattığı belirtilmiştir ($P<0.05$). Başlangıç sosis hamurunda toplam amino asit konsantrasyonu (mg/100g kurumadde) 1600 iken, fermentasyon ve kurutma prosesleri sonunda sırasıyla 2160 ve 3170'e yükselmiştir. Ön fermentasyon uygulaması ile yavaş olgunlaştırılan sosislere benzer NPN ve serbest amino asit konsantrasyonları elde edildiği, yüksek düzeyde proteolitik aktiviteli olarak kabul edilen *P. acidilactici*'nin çalışmada kullanılan diğer starterlerden farklılık göstermediği ifade edilmiştir.

Chen ve ark. (2016b), protein yapısının aroma bileşenleri ile interakşiyonunda etkili olduğu hipotezi ile yaptıkları çalışmada, *Pediococcus pentosaceus*, *L. curvatus*, *L. sakei* ve *Staphylococcus xylosus* kültürlerinin sarkoplazmik ve myofibriler protein hidroliz ve oksidasyondaki rollerini Harbin kuru sosisinde değerlendirmişlerdir. Proteinlerin oksidasyonu ve hidrolizi, peptit zincirlerinin kırılması ve hidrofobik amino asitlerin açığa çıkması gibi proteinlerin yapılarında değişiklik meydana getirebilmektedir. Hidrofobik

bölgelerin açığa çıkması ile aroma bileşenlerinin bağlanabileceği bölgeler de artmış olmaktadır. Sarkoplazmik proteinlerin myofibriler proteinlere göre daha fazla miktarda uçucu bileşen bağlayabileceği belirtilmiştir (Flores ve Toldra, 2011). Aktomyosinin, denenen tüm uçucu bileşenler ile bağlanabildiği ve bağlanmanın protein konsantrasyonuna ve yapısına bağlı olduğu; aktinin (F-aktin) ise sadece polimerize formunun uçucu bileşenleri bağlayabildiği tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalarında domuz kası sarkoplazmik proteinlerinde *P. pentosaceus*, *L. curvatus*, *L. sakei* ve *S. xylosus* türlerinin daha iyi proteoliz ve aroma oluşumuna neden oldukları; *P. pentosaceus* starter kültür olarak kuru sosislerde önemli bir antioksidan potansiyeli sergilemiştir. Başlangıç sosis hamurunun pH değeri 6.00 olup; dokuz günlük fermentasyon sonunda starter ilave edilmeyen örnekte pH 5.25 iken, kültürlü örneklerde 4.36 ve 5.08 olmuştur. Elektroforetik analizlerde starter kültür kullanılan sosislerde kullanılmayan kontrol sosisine kıyasla sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin hidrolizinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Fermentasyon süresince başlangıç sosis hamurunda 156.34 mg/100g olan serbest amino asit içeriğinin kontrol sosisinde 775.48 mg/100g'a yükselirken, kültür kullanılan sosislerde yaklaşık 1168.8 mg/100g'a yükselerek önemli ($P<0.05$) farklılık belirlenmiştir. Çalışmada, kalpain ve katepsin gibi endojen kas enzimlerinin proteinleri küçük molekül ağırlıklı peptitlere parçaladıkları ve daha sonra da ikincil proteolitik aşamada bakteriyel peptidazlar ile peptitlerin FAA'lere hidrolize oldukları vurgulanmıştır. Özellikle *Staphylococcus* cinslerinin *Lactobacillus* ile karşılaştırıldığında daha yüksek peptidaz aktivitesine sahip oldukları belirtilmiştir. Çoğu serbest amino asit miktarı, tek starter kültür ilave edilen örneklere kıyasla karışık kültürler kullanıldığında önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Fermentasyon sonunda baskın serbest amino asitlerin glutamik asit ve alanin olduğu ve her iki amino asidin arzu edilen aromaya katkı sağladığı belirtilmiştir. Glutamik asidin fermente et ürünlerinde 'umami' lezzete katkı sağladığı ve 9 gün olgunlaşma süresince 15.8'den 422.4-592.9 mg/100 g'a yükseldiği; bu artışın glutamin deaminasyonundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Alanin'in ise 'tatlı' lezzete katkıda sağladığı, özellikle karışık kültürler ile hazırlanan örneklerde (166.12-167.0 mg/100 g) tekli kültürlerle göre (143.26-146.62 mg/100 g) daha fazla olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan *Staphylococcus* cinsine ait bakterilerin, bakteriyel aminotransferazlar ile aroma bileşenlerin önemli öncüsü olan dallı zincirli amino asitleri (valin, lösin ve izolösin) α -keto asitlere dönüştürülebildikleri; bu asitlerin sosis

aromasından sorumlu metil bağılı aldehitler, alkoller ve asitler gibi fermente ürünlere maltımsı, meyvemsi ve olgunlaştırılmış aroma veren bileşenlere metabolize oldukları ifade edilmiştir. Valin amino asidinden 2-metil propanoik asidin, lösinden 3-metil butanal ve izolösün amino asidinden 2-metil butanal'in oluştuğu belirtilmiştir.

Chen ve ark. (2017), Harbin kuru fermente sosislerinde önceki çalışmalarına (Chen ve ark., 2016b) ek olarak bu kez de starter kültürlerin lipoliz ve lipit oksidasyonundaki rollerini ve aroma gelişimindeki ilişkilerini incelemişlerdir. FFA içeriği (13.54-15.44 mg/g) starter kültür inokule edilen sosis kas dokularında, özellikle karışım kültürlerinde, kontrol grubuna (10.39 mg/g) göre daha yüksek belirlenmiştir ($P<0.05$). Benzer durum yağ dokuları içinde belirlenmiştir. Her iki dokuda da fermentasyonun sonunda baskın serbest yağ asitleri palmitik asit, stearik asit ve oleik asit olmuştur. *S. xylosus* içeren starter kültür ile inokule edilen örnekte daha fazla MUFA ve PUFA içeriğinden *S. xylosus*'un lipitlerin serbest yağ asitlerine hidrolizini arttırdığı ifade edilmiştir. Özellikle karışık bakteriyel kültürler ile inokule edilen kuru sosislerde, peroksit değeri ve TBA reaktif maddeleri önemli düzeyde azaltmıştır ($P<0.05$). Ayrıca lipit oksidasyonu kaynaklı aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar daha düşük oranda belirlenmiştir. Harbin kuru sosislerinde lipit hidrolizinin geliştirilmesi ve lipit otooksidasyonun inhibisyonu ve fermente aromanın artırılması için *P. pentosaceus*, *L. curvatus* ve *S. xylosus* starter kültür karışımının uygun olabileceği ifade edilmiştir.

Coventry ve Hickey (1991), Avusturya tüzüğünde kuru ve yarı-kuru sosisler (Salami) üretimi için fermentasyon sıcaklığının 25°C'yi geçmemesi ve 48 sa içinde üründe pH değerinin 5.2 olması gerektiğini belirtmektedirler. Araştırmacılar, fermentasyonda en uygun starter kültürlerin seçimi için, *Lactobacillus plantarum*, *P. pentosaceus* ve *Staphylococcus carnosus*'u asit üretimleri ve gelişimleri açısından karakterize etmişlerdir. Bu amaçla 4.7, 5.5 ve 6.3 pH'ları kriter almışlardır. Bu pH aralığında *L. plantarum* ve *P. pentosaceus* benzer özellikler gösterirken, *S. carnosus* düşük pH'ya duyarlı bulunmuştur. *P. pentosaceus* diğerlerine nazaran pH kontrolü olmaksızın daha büyük psikrotrofik gelişme göstermiştir. *P. pentosaceus* ile üretilen salamların *L. plantarum*'a göre, 8 günün üzerinde depolama zamanında daha fazla canlı sayısına sahip olduğu belirtilmiştir. Daha fazla pH toleranslı mikroorganizmaların varlığında salamda *S. carnosus* gelişimi tespit edilememiştir. *L. plantarum* ve *P. pentosaceus* gelişimi Salami kalitesinin belirlenmesinde önemli bir faktör olan starter

olmayan (non-starter) floranın gelişimini de engellememiştir. Ancak daha psikrotrofik olan *P. pentosaceus* non-starter flora gelişimini baskılamıştır.

Dalmış ve Soyer (2008), geleneksel ve ısıtılma işlem proseslerinin uygulandığı sucuk üretiminde starter kültür kullanımının depolama sırasında proteolitik değişimlere etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, starter kültür olarak *S. xylosum* ve *P. pentosaceus* kullanılmıştır. Isıtılma işlem uygulanmış sucuklarda kültür ilave edilmeyenler (kontrol) ve ilave edilenler arasında herhangi önemli bir farklılık olmazken, geleneksel olarak üretilen sucuklarda 7. günden itibaren kontrol ve kültür ilaveli örnekler arasında önemli bir fark gözlemlenmiştir. Sucuklarda, su aktivitesi (a_w) geleneksel ve ısıtılma işlem uygulanan örneklerde 0.88 ve 0.92 arasında değişim göstermiştir. Depolamanın sonunda geleneksel sucukların ısıtılma işlem uygulananlara göre daha düşük a_w değerine sahip oldukları belirlenmiştir. Kontrol ve starter kültür içeren örneklerde başlangıç pH değerleri geleneksel olarak üretilenlerde sırasıyla 5.77 ve 5.73, ısıtılma işlem uygulananlarda 5.84 ve 5.82 olup; en düşük pH değerleri starter kültür içeren gruplarda (geleneksel ve ısıtılma işlem uygulananlarda sırasıyla 5.20 ve 5.32) belirlenmiştir. Depolama süresince sucuk örneklerinin pH değerinde önemli bir fark olmadığı gözlemlenmiştir. Fermentasyon aşamasında tüm örneklerin protein olmayan azot (NPN) içeriği artmış; bu artış starter kültür ilave edilen grupta daha fazla olmuştur. Ancak depolama NPN içeriğinde önemli bir etki oluşturmamıştır. Sarkoplazmik proteinlerde en önemli değişim fermentasyon aşamasında meydana gelmiş; geleneksel olarak üretilen grupta kurutma ve depolama sırasında çok az değişim gözlemlenmiştir. Benzer şekilde myofibriller proteinlerde belirgin değişimler hem kontrol hem de kültür ilaveli örneklerde 0-2 gün arasında gerçekleşmiştir. Araştırmacılar starter ilaveli sucukta daha düşük pH, rutubet ve a_w belirlemişler ve starter kültür kullanılan geleneksel üretimin daha güvenli bir ürün ile sonuçlanabileceğini belirtmişlerdir.

DeMasi (1990), fermente ve fermente edilmeyen sosislerde proses sırasında toplam azot, NPN ve serbest amino asitlerde değişimi incelenmiştir. *P. pentosaceus* ile 38°C de fermente edilen ve 60°C'ye ısıtılan sosislerde toplam azot, NPN içeriği ve 20 serbest amino asitten 14'ünün konsantrasyonu artmıştır. Fermente edilmeyen sosislerin NPN içeriğinde artma olmamış ve 60°C'ye ısıtılma sonunda serbest amino asitlerden sadece altısında artma gözlemlenmiştir. Serbest amino asit profili fermente edilmiş kurutulmuş sosislerde önemli değişim göstermiştir. Araştırmacı bunun kültürler arasında metabolik

aktivite farklılıklarından kaynaklanabileceğini ifade etmiş; ancak bu değişim duyuşal puanları etkilememiştir.

Demirok Soncu ve ark. (2020), kitosan bazlı film kaplamanın 3 aylık depolama süresince sucuğun niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar sucuklarda 44 uçucu bileşen tespit etmiştir. Depolamanın başlangıcından sonuna (3 ay) alkol bileşenlerin relatif oranının arttığını; sülfürlü bileşenlerin ise azaldığını belirlemişlerdir. Kumin aldehidin relatif oranında depolamayla %23 ile %99 arasında bir azalma olduğu belirlenmiştir. Asetik ve hekzanoik asitleri sucuğun başlıca asit bileşenleri olarak belirleyen araştırmacılar depolama ile sucuğun gevreklik skorunda azalma olduğunu ifade etmiştir.

Dursun ve Güler (2019), geleneksel olarak üretilen fermente sucuklarda doğal bağırsak ve yapay kılıf kullanımının olgunlaşma süresince uçucu bileşenlere etkisini araştırmıştır. Sucukta en fazla oranda bulunan uçucu bileşenlerin metil öjenol (%14), kumin alkol (%11), γ -terpinen (%11), *trans*-karyofilen (%10), kumin aldehit (%9), p-simen (%7), diallil disülfid (%7), asetoin (%4), öjenol (%3), α -thujenal (%2) ve β -pinen (%2) olduğu; bunların toplam uçucu bileşenlerinin %80'ini oluşturduğunu belirlemişlerdir. Anılan bileşenlerden kumin alkol ve aldehit, γ -terpinen, p-simen, α -thujenal, β -pinen, öjenol ve asetoinin relatif oranlarına olgunlaşmanın önemli ($P<0.05$) bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen analizi ile olgunlaşma zamanları arasındaki varyasyonun uçucu bileşenler ile önemli düzeyde açıklanabildiğini belirten araştırmacılar, alkoller gibi indirgenme ürünlerinde artmadan dolayı kısa süreli olgunlaştırma durumunda yapay kılıf kullanımını önermişlerdir.

Hierro ve ark. (1997), starter kültür ve endojen enzimlerin kuru fermente sosislerde lipolize etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 4 farklı starter kültür (*L. plantarum* 4045, *Staphylococcus* sp., *L. plantarum* 4045 ve *Micrococcus*-12, *L. plantarum* 4045 ve *Staphylococcus* sp.) kullanmışlardır. *L. plantarum* kullanılan sosislerde en düşük pH değeri tespit edilmiştir. Starter kültür eklenen sosislerde eklenmeyenden (kontrol) daha fazla serbest yağ asidi oluşumu da gözlemlenmiştir. Özellikle linoleik ve oleik asitler önemli düzeyde artmıştır. Araştırmacılar *Micrococcus* gelişiminin ya da lipolitik aktivitenin, *Lactobacillus* gelişimiyle artan asitlik yüzünden inhibe edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Ikonic ve ark. (2016), Sırbistan'ın geleneksel kuru fermente sosisi (Petrovska klobasa) üretiminde starter kültür ve prosesin (geleneksel ve endüstriyel) proteolize ve tekstürel niteliklere etkisini incelemişlerdir. Uzun süre (90 gün) olgunlaştırılan sosislerde başlangıçta yaklaşık %60 olan su içeriği, olgunlaşma sonunda %35'in altında belirlenmiştir. Geleneksel üretilen sosislerde olgunlaşma ile NPN ve toplam FAA miktarları (g/100g kurumadde) sırasıyla 0.63'den 1.17'e ve 0.25'ten 0.48'e artmıştır. Olgunlaşma sosis sertliğini (4.69'dan 66.9 N'a) ve çiğnenebilirliğini (0.40'tan 8.71 N'a) de önemli ($P<0.05$) düzeyde artırmıştır.

Johansson ve ark. (1994), fermente sosisin olgunlaşma ve depolanması sırasında bakteriyel gelişim, asit oluşumu, lipoliz, proteoliz, yağ oksidasyonu, uçucu bileşenler ve aroma karakteristiklerini incelemişlerdir. Starter kültür olarak *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* kullanıldığı sosiste, inokübasyon gününde *Pediococcus* sp. 1.5 log cob/g artış göstermiş ve 3 hafta bu seviyede kalmıştır. *Staphylococcus* sp. sayısında artış 0.4 log cob/g olup sonrasında azalmıştır. Laktik asit özellikle D-laktik asit ve asetik asit olgunlaşma sırasında oluşmuş; olgunlaşmanın başlangıcında trigliseridler 1,2-digliseridlere ve serbest yağ asitlerine hidroliz olmuş bunu 1,3 digliseridler ve monogliseridler izlemiştir. Yine olgunlaşma ile proteolitik aktivitenin bir göstergesi olan NPN (protein olmayan azot) artmıştır. Araştırmacılar aroma gelişiminden sorumlu çoğu biyokimyasal değişimlerin olgunlaşmanın ilk 3 gününde oluştuğunu vurgulamışlardır. Sosiste alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, alkoller, fenoller, karboksilli asitler, esterler, nitrojenli bileşenler, sülfürlü bileşenler, klorid bileşenleri, terpenler ve furan kimyasal gruplarında uçucu bileşenler belirlenmiştir. Ancak, çoğu uçucu bileşenlerin dumanlama ve baharat (soğan/sarımsak ve biber) kaynaklı olabileceği; bir bölümünün de kas enzimleri ve bakterilerin aktivitesinin sonucu oluştuğu ifade edilmiştir.

Kaban ve ark. (2022), fermente sucukta otokton kültürlerin (*L. sakei* S15, *L. plantarum* S24, *L. plantarum* S91, *P. pentosaceus* S128b ve *S. carnosus* G109) etkilerini incelemişlerdir. Olgunlaşma ile sucuğun ortalama pH değerinin 5.65'ten 4.90'a azaldığı; TBARS miktarının ($\mu\text{mol MDA/kg}$) 6.73'ten 9.24'e arttığı belirlenmiştir. Olgunlaşma ilerledikçe L^* değerinde artma; a^* ve b^* değerlerinde ise azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Araştırmacılar sucuk örneklerinde toplam 69 uçucu bileşen tespit etmiş; bunların 24'ünü

terpenler oluşturmuştur. Sulfürlü bileşenlerden en fazla oranda allil merkaptan ve diallil disulfid, asit bileşenlerden asetik asit ve alkollerden kumin alkol tespit edilmiştir.

Kaban ve Kaya (2009), sucuktan izole edilen *L. plantarum* GM77 ve *S. xylosus* GM92 türlerini içeren starter kültürün olgunlaşma süresince sucuğun kalite karakteristiklerine etkisi incelenmiştir. Mikrobiyolojik, fizikokimyasal (pH, a_w , NPN, TBARS) nitelikler ve uçucu bileşenler belirlenmiştir. Uçucu bileşenler SPME GC-MS ile analizlenmiştir. Hem starter kültür hem de olgunlaşma laktik asit bakterileri, *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı ve pH ve a_w değerleri üzerinde önemli bir etki ($P<0.05$) göstermiştir. En yüksek NPN (%4.23) ve TBARS (18.48 μmol MDA/kg) değerlerine olgunlaşmanın 14. günde starter kültür ile hazırlanan örneklerde ulaşılmıştır. Uçucu bileşenlerden terpenler en fazla oran ve sayıda tespit edilmiştir. Diğer uçucu bileşenler (aldehitler, ketonlar, sulfur bileşenleri, asitler, esterler, alifatik hidrokarbonlar, aromatik hidrokarbonlar ve alkoller) daha az oranda bulunmuştur. Tüm sucuk örneklerinde en fazla oranda bulunan uçucu bileşen o-simen olmuş; onu 2-metil-3-fenilpropanal ve linalol izlemiştir. Starter kültür kullanımı o-simen ve 2-metil-3-fenilpropanal üzerinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.001$) bir etki yaratmıştır. β -mirsen, α -fellandiren, 3-karen ve α -terpinen de starter kültür ilave edilen örneklerde olgunlaşmanın sonuna artmıştır. Starter kültür kullanımına kıyasla olgunlaşmanın uçucu bileşen üzerinde daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Kılıç ve Özer (2017) sığır yağı ikamesi olarak interesterifiye palm çekirdeği yağının fermente sucuğun niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Sucuk örneklerinin fermentasyon öncesinde rutubet miktarı %52.8-54.9 arasında olup, fermentasyonun sonrasında %30.8-38.6'ya azalmıştır. Buna bağlı olarak da sucuk örneklerinin protein (%18.1-18.7'den %19.4-21.7'ye), yağ (%23.3-24.0'dan %29.4-33.6'ya) ve kül (%2.77-2.89'dan %3.61-3.73'e) miktarlarında artma belirlenmiştir. Kontrol grubu sucuklarda fermentasyonla pH değeri 5.78'den 4.85'e azalmış, depolama süresince önemli bir değişim göstermemiştir. L^* , a^* ve b^* değerleri depolama süresince azalma eğilimi göstermiştir. Yine kontrol grubu sucuklarda toplam yağ asitlerinin %55'ini doymuş yağ asitleri (SFA), % 41'ini tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve %4'ünü de çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oluşturmuştur. Anılan sucuklarda başlangıç TBARS ($\mu\text{mol/kg}$) miktarı 1.87 olmuş; fermentasyonda 3.46'ya ve depolamanın 30. Gününde 5.16'ya ulaşmıştır. Araştırmacılar, tekstürel niteliklerden sertliği (2.49-14.2 N), dış yapışkanlığı (0.18-0.45 mj), esnekliği

(0.04-0.25), kohezyonu (0.31-0.42), elastikiyeti (0.58-0.76), sakızımsılığı (0.37-2.42 N) ve çiğnenebilirliği (0.24-1.90 N) analizlemişlerdir.

Li ve ark. (2023), *Lactobacillus* ve *Staphylococcus* içeren starter kültür karışımının fermente sosislerde uçucu bileşenlere etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar toplam 120 uçucu bileşen tespit etmiştir. Olgunlaşmanın sonunda 2-nonenal, tetradekanal, stearik asit etil ester ve terpinil asetat bileşenlerinin fermente sosislerin aroma gelişiminde önemli rol oynadıkları vurgulanmıştır.

Luan ve ark. (2021), *L. plantarum*'un fermente sosiste *in vitro* antioksidan aktivitesini incelemişlerdir. Starter kültür katılmayan kontrol grubunda 48 saat fermentasyon sonunda pH değeri yaklaşık 6.0'dan 5.2'ye azalırken, *L. plantarum* katılan sosislerde 4.8'e kadar azalmıştır. Sosislerin NPN miktarı 2.41 g/100g ve 2.46 g/100g, proteoliz indeksi %12.4 ve %12.7 arasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar kontrol grubu sosislerde en fazla Glu (36.1 mg/100g) amino asidi belirlemişler, onu Ala (27.3), Leu (16.1) ve Phe (13.2) izlemiştir. Fazla miktarda Glu, Gln ve Lys içeriğinin demir şelasyonunu destekleyebileceği de çalışmada vurgulanmıştır. Tatlı aromaya neden olan Gly, Ser ve Ala amino asitleri ile umami bir tattan sorumlu olan Glu ve Asp amino asitlerinin fermente sosislerin aromasında önemli rol oynadığı belirtilmiştir.

Melgar ve ark. (1990), kurutulmuş İspanyol sosislerinde olgunlaşma başlangıcında, ısıtma ve olgunlaşmanın sonunda yağın niteliklerini incelemişler, *Micrococcus* ve *Lactobacillus* cinslerinin yoğun lipolitik aktivite gösterdiği belirtilmiştir. Başlangıç rutubet içeriği %49.2; son üründe %31.4 olup; yaklaşık %36'lık bir azalma tespit edilmiştir. Sosiste su aktivitesi ve pH değeri olgunlaşma süresince sırasıyla 0.913'den 0.76'ya ve 5.9'dan 4.4'e azalmıştır. Çalışmada oksidasyonun serbest doymamış yağ asitleri miktarında azalmaya neden olduğu, olgunlaşmanın ilerlemesi ile C16 ve C18 zincirli doymuş/doymamış yağ asitleri oranında önemli düzeyde farklılık gözlemlendiği de belirlenmiştir. Bunun da ısıtma işleminin oleik ve linoleik asitte azalmaya (sırasıyla %36.0'dan %32.5'e ve %6.7'den %3.5'e) stearik asitte ise (%13'den %16.1'e) artışa neden olmasından kaynaklandığı vurgulanmıştır. Uçucu, düşük molekül ağırlıklı karbonil bileşenlerinden asetaldehit, propanal ve propanon olgunlaşma boyunca (sırasıyla %2.8'den %16.1'e, %14.4'ten %40.5'e ve %2.8'den %18.4'e) artmış ve hekzanal ise (%64.6'dan %5.6'ya) azalmıştır.

Öztürk ve ark. (2021), fermente sucukta maya (*Candida zeylanoides* ve *Debaryomyces hansenii*) kültürleri ile laktik asit bakterilerinin (*L. curvatus*, *L. plantarum* ve *L. sakei*) farklı kombinasyonlarının kullanım olanaklarını araştırmışlardır. Olgunlaşmanın 1. gününden 12. gününe sucuk örneklerinin rutubet (%55.6-57.8'den %35.4-38.5'e) ve pH değerinde (5.84-5.88'den 4.90-5.13'e) azalma tespit edilmiştir. Olgunlaşan sucuklarda L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 42.3-43.8, 16.8-18.4 ve 4.45-7.11 arasında değişim göstermiştir. Araştırmacılar maya kültürü kullanımının sucuklarda sertliği, sakızimsılığı ve çiğnenebilirliği azalttığını, dış yapışkanlığı artırdığını ifade etmiştir. Ayrıca, sucuk örneklerinde 85 uçucu bileşen tanımlamış; aldehit, diallil disülfid ve p-simen başlıca aldehit, sülfür ve terpen bileşenleri olarak belirlenmiştir. Olgunlaşma ile kumin aldehitte önemli bir azalma olduğu, hatta LAB eklenen sucukların olgunlaşma sonunda en az kumin aldehit içerdiği belirtilmiştir. Stearik, palmitik ve oleik gibi yağ asitleri olgunlaşma sonunda sadece maya kullanılan sucuklarda tespit edilmiştir.

Sarıçoban ve Ünal (2022), *Citrus aurantium* (turunç) albedosunun fermente sucuğun fizikokimyasal (pH, su aktivitesi, titrasyon asitliği, nem, protein, yağ, renk, ağırlık kaybı ve oksidatif stabilitesi), tekstürel ve duyuşsal niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubu sucukların başlangıç rutubet miktarı %50.8 olup, son üründe %20'ye kadar azaldığı, buna bağlı olarak da protein ve yağ miktarlarının arttığı (sırasıyla %15.4'ten %34.8'e ve %28.3'ten %41.6'ya) belirlenmiştir. Fermentasyon öncesi 1.07 (% laktik asit) olan titrasyon asitliği son üründe %1.61'e artmış; pH değeri de 5.99'dan 4.82'ye azalmıştır. Sucuk örneklerinde ortalama L* değerinin fermentasyonun 7. gününe kadar arttığı (48.2'den 51.8'e) sonrasında 21. güne kadar 48.6'ya önemli ($P<0.01$) düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar üretim süresince a* değerinin önemli bir farklılık göstermediğini, b* değerinin ise azalma (21.3'ten 16.3'e) eğiliminde olduğunu belirlemişlerdir. Sucuklarda ortalama TBARS değeri 0.24 olarak belirlenmiş, 21. güne kadar önemli ($P<0.01$) bir artış göstererek 0.37'ye ulaştığı tespit edilmiştir. Çalışmada olgunlaşma sırasında tekstürel niteliklerden sertlik (10708 g'dan 13049 g'a), elastikiyet (0.62 mm'den 0.71 mm'ye), sakızimsılık (7157 g'dan 8846 g'a) ve çiğnenebilirlik (4593 g.s'den 6341 g.s'a) değerlerinde artma; dış yapışkanlıkta azalma (-143 g.s'den -87.4' g.s'ye) eğilimi gözlemlenmiştir.

Sidira ve ark. (2015), ısıl işlem uygulanmış kuru fermente sosislerde uçucu bileşenler üzerine immobilize *Lactobacillus casei* etkisini incelemişlerdir. Karşılaştırma

için *L. casei* içermeyen sosisler ya da benzer ticari ürünün yanı sıra starter içermeyen ürünler de çalışmada incelenmiştir. Sekiz gün olgunlaştırılan ve 70-72°C 8-10 dk süre ile ısıtıl işlem uygulanan örnekler, SPME GC-MS ile analizlenmiştir. Starter kültürün uçucu bileşenler oluşumunda önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Çalışmada, en fazla oranda belirlenen uçucu bileşen gruplarını esterler, organik asitler, alkoller ve karboniller oluşturmuştur. En yüksek ester (584.4 µg/kg) ve alkol (5488.8 µg/kg) miktarı 30 g immobilize hücre/kg içeren karışımında belirlenirken, en yüksek organik asit içeriği (3291.9 µg/kg) starter kültür içermeyen sosislerde belirlenmiştir. En düşük (1239.6 µg/kg) uçucu bileşen miktarı ise ticari üründe tespit edilmiştir. Temel bileşen analizi sonucunda starter kültür konsantrasyonu ve çeşidinin, uçucu bileşen kompozisyonunu etkilediği belirlenmiştir. Çalışmada kuru fermente sosislerde meydana gelen biyokimyasal değişimlerden sorumlu mikrobiyal interaksyonların daha iyi anlaşılması için daha fazla araştırmanın yapılması gerektiği de vurgulanmıştır.

Soyer ve ark. (2005), farklı yağ oranlarının (%10, %20 ve %30) düşük (20-22°C) ve yüksek (24-26°C) sıcaklıklarda olgunlaştırma sırasında sucuğun niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Düşük yağ oranı ile yüksek sıcaklıkta olgunlaşmanın hızlı kurumaya neden olduğu belirtilmiştir. Artan yağ oranına (%10, %20 ve %30) bağlı olarak fermentasyon öncesinde rutubet miktarının azaldığı (sırasıyla %65, %61 ve %55) da belirlenmiştir. Kuruma sonrasında düşük sıcaklıkta olgunlaştırılanlarda artan yağ oranına göre rutubet miktarı sırasıyla %40.3, %42.7 ve %40.6 iken, yüksek sıcaklıkta olgunlaştırılanlarda %38.3, %40.4 ve %37.5 olarak tespit edilmiştir. Kurumayla birlikte sucukların yağ ve protein oranında artma gözlemlenmiştir. Bunların yanı sıra yağ oranı ve olgunlaşma sıcaklığı arttıkça sucuklarda L*, a* ve b* değerleri de artmıştır.

Sucu ve Yıldız Turp (2018), sucukta nitrite alternatif olarak pancar tozu kullanımının etkisini araştırmışlardır. Sucuklarda rutubet, yağ, protein ve kül oranları (%) sırasıyla 43-45, 30.7-33.3, 20.1-20.3 ve 3.21-3.39 arasında tespit edilmiştir. TBARS miktarı fermentasyon öncesinde 0.6 mg MDA/kg iken depolama sonunda 1.0 mg MDA/kg'a yükselmiştir. Araştırmacılar kontrol grubu sucukta iç kırmızılığın (a*) depolamayla önemli ($P<0.05$) bir azalma (17.54'ten 12.52'ye) gösterdiğini belirtmişlerdir. Anılan sucukta fermentasyon öncesinden depolamanın sonuna tekstürel niteliklerden sertlik (sırasıyla 8.15 ve 6.03 N), elastikiyet (0.52 ve 0.31), kohezyon (0.46

ve 0.36), sakızımsılık (3.71 ve 2.30 N), çiğnenebilirlik (1.97 ve 0.75 N) ve esneklikte (0.20 ve 0.18) azalma gözlemlenmiştir.

Sulejmani ve Demiri (2020), Makedonya fermente sosisinde uçucu bileşenleri analizlemişlerdir. Araştırmacılar tanımladıkları toplam 103 uçucu bileşen arasında, terpenlerin (21) ve alkollerin (20) en fazla sayıda uçucu bileşen içeren gruplar olduklarını belirlemişlerdir. Terpenler aynı zamanda en fazla oranda belirlenen grup olmuş; toplam uçucu bileşen miktarının %72'sini oluşturmuştur. Sosiste belirlenen başlıca karboksilik asit asetik asit olup; toplam karboksilik asitler fermentasyonun başlangıcından üretimin sonuna 268.2 µg/100g'dan 713.8 µg/100g'a artmıştır. Fermentasyon öncesinde tespit edilen butanol, hekzanol ve heptanol gibi alkoller sonraki fermentasyon zamanlarında tespit edilememiştir. Ancak etanol fermentasyonla 3.89 µg/100g'dan 83.6 µg/100g'a artmıştır. Diallil disülfid bileşeni de fermentasyonun 8. gününe kadar 111 µ/100g'dan 272 µ/100g'a yükselmiş, sonraki 15 günde tespit edilememiştir.

Ünal Turkan ve ark. (2017), mikroenkapsüle edilen *Lactobacillus rhamnosus*'un depolama süresince fermente sucuğun niteliklerine ve uçucu bileşenlerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar depolama ilerledikçe sucuğun rutubet miktarında önemli bir değişim olmadığını, pH değerinin ise artma eğilimi (4.51-4.62'den 4.87-5.02'ye) gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışmada sucuk örneklerinde toplam 60 uçucu bileşen tanımlanmıştır. Terpen bileşenleri sayıca en fazla uçucu bileşen grubu olmuş; ancak depolamayla terpen miktarı (µg/kg) 12065-30328'den 7732-10933'e azalmıştır. Depolama ile önemli düzeyde ($P<0.05$) azalan terpenler: β -pinen, γ -terpinen, α -terpineol, safran ve p-simen-8-ol'dir. Metil öjenol ve öjenol en fazla oranda belirlenen fenolik bileşenler olmuşlardır.

Viallon ve ark. (1996), olgunlaşma zamanı ve paketlemenin fermente kuru sosislerde uçucu bileşenlere etkisini araştırdıkları çalışmalarında 75 bileşen tanımlamışlardır. Araştırmacılar 30 gün olgunlaştırılan fermente sosislerde belirledikleri bütün terpen bileşenlerinin (α -thujen, α - ve β -pinen, kampen, fençen, Δ -3-karen, α - ve γ -terpinen, m- ve p-simen, limonen) miktarlarında olgunlaşma ile önemli bir azalma meydana geldiğini raporlamışlardır. Ayrıca olgunlaşmanın 60. ve 90. günlerinde toplam uçucu bileşen miktarı yaklaşık %37 oranında azalmıştır.

Yıldız-Turp ve Serdaroglu (2008), sığır yağı ikamesi olarak fındık yağının fermente sucuğun niteliklerine etkisini araştırmışlardır. Sucuk örneklerinde fermentasyon

öncesinde pH değerlerini 5.49-5.59 arasında belirleyen araştırmacılar, olgunlaşma sonunda 4.60-4.82'ye kadar azaldığını ifade etmişlerdir. Fermentasyon ve olgunlaşma süresince (12 gün) sucuklarda TBARS değeri kabul edilebilir sınırın altında (<1.0 mg MDA/kg) kalmıştır. Kontrol sucuk örneğinde üretim başlangıcından son ürüne kadar L* değerinde artma (37.6'dan 45.8'e); a* ve b* değerlerin de azalma (sırasıyla 21.9'dan 15.9'a ve 22.7'den 17.1'e) tespit edilmiştir. Yine kontrol sucuğunda toplam yağ asitlerinin %55.7'sini SFA, %41.8'ini MUFA ve %2.6'sını PUFA yağ asitleri oluşturmuştur. Araştırmacılar, oleik asidin en fazla oranda (%38.8) belirlenen yağ asidi olduğunu, onu palmitik (%26.9) ve stearik asitlerin (%23.5) izlediğini belirlemişlerdir.

Yoo ve ark. (2016), sosis fermentasyonunda metabolik değişimleri inceledikleri çalışmalarında fermentasyon süreleri arasındaki varyasyonu temel bileşen analizi ile değerlendirmişlerdir. Sosislerin yaklaşık 6.00 olan pH değeri fermentasyonun 6. gününde 4.5'e kadar azalmıştır. Sükrozun fermentasyon süresince düzenli bir değişim göstermediği, bununla birlikte glukoz ($P<0.001$) ve fruktoz ($P<0.05$) miktarında azalma tespit edilmiştir. Sitrik asit fermentasyonla azalırken ($P<0.05$), laktik, fosforik ve süksinik asitler artmıştır. Araştırmacılar, belirledikleri Ala, Val, Leu, Ile, Gly, Thr ve Glu amino asitlerin de fermentasyonla arttığını tespit etmişlerdir. Temel bileşen analizinde ise şekerler ve sitrik asit temel bileşen 1'in negatif bölgede; diğer metabolitler ise pozitif bölgesinde yer almışlardır.

Zhou ve ark. (2021), Çin'in geleneksel fermente sosislerinde uçucu bileşenleri analizledikleri çalışmalarında toplam 76 bileşen tespit etmişlerdir. Araştırmacılar üretim süresince uçucu bileşenlerde artış olduğunu sadece baharat kaynaklı terpen ve türevi uçucu bileşenlerin azaldığını belirtmişlerdir. Depolamayla da uçucu bileşenlerde azalma olurken lipit oksidasyonu ile oluşan C6 ve C9 aldehit, alkol ve asitler ile esterlerde artış meydana gelmiştir. Üretim ve depolama süresince sırasıyla 15 ve 6 uçucu bileşenin koku-aktif oldukları çalışmada belirlenmiştir. Heptanal, 1-okten-3-ol, etil ve 2-metil butanoik asit, 3-metil butanoik asit, butanoik, hekzanoik, heptanoik, oktanoik ve dekanoik asitler üretim sürecinde en fazla varyasyonu açıklayabilen temel bileşenler olmuştur. Ancak, *trans*-oktenal, etil hekzanoat, etil heptanoat ve metil dekanoat depolama zamanlarının indikatör bileşenleri olarak değerlendirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada kullanılan etler, 3 farklı zamanda (10 Kasım-10 Aralık 2020) Simental ırkı sığırların ön kol bölümünden alınmıştır. Aynı koşullarda yetiştiriciliği yapılan, kesif yemle beslenen, ortalama 2 yaşında ve benzer canlı ağırlıktaki (700 ± 50 kg) sığırların kesimi, Hatay Büyükşehir Belediye Mezbahanesinde yapılmıştır. Kesimden sonra soğuk muhafaza koşullarında karkaslar parçalanmış, ön kol bölümünden alınan etler (21 kg) bağ dokusu ve fazla yağları alınarak 1 cm gözenek çaplı kıyma makinesinde (Arı Makine, İstanbul, Türkiye) kıyılmıştır. Kıyma halindeki etler buz kasetleri içeren örnek taşıma kapları ile Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarına getirilmiştir.

Sucuk üretimi için coğrafi olarak tescillenmiş (Anonim, 2009) Taşköprü (Kastamonu, Türkiye) sarımsağı, yörede yetiştiricilik yapan yerel bir firmadan temin edilmiştir. Kullanılan sarımsağın bazı kimyasal nitelikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan sarımsağın bazı kimyasal nitelikleri

Kimyasal Nitelikler	Sarımsak (Ortalama $\pm$ SD)
Kurumadde miktarı (%)	39.3 $\pm$ 0.42
Suda çözünür kurumadde (% , briks)	33.3 $\pm$ 0.58
pH	6.36 $\pm$ 0.01
Titrasyon asitliği (% , susuz sitrik asit)	0.39 $\pm$ 0.02

Işınlanmış baharatlar (karabiber, kimyon, yenibahar, acı toz biber, kırmızı toz biber) Bağdat Baharat A.Ş. (Ankara)’den sağlanmıştır. Baharatlarda aynı üretim tarihi ve parti numaraları dikkate alınmıştır. Starter kültür olarak Bactoferm BFL-T03 (CHR Hansen) kodlu *P. pentosaceus* ve *S. carnosus* laktik asit bakteri karışımı kullanılmıştır. İyotsuz kaya tuzu ve sükroz yerel marketlerden temin edilmiştir. Sucukların dolumunda kılıf materyali olarak 38 mm çapında kolajen baton şeklindeki kılıf (Fibran, Middle East Deri San. Tic. LTD. ŞTİ, İstanbul) kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Kesimden sonra hızla laboratuvara getirilen et 7 kg'lık olmak üzere aşağıda belirtilen 3 gruba ayrılmıştır;

- Kontrol grubu et (Sarımsak katılmayan grup)
- %1 (w/w) sarımsak uygulanan et
- %2 (w/w) sarımsak uygulanan et

Sarımsaklar uygulama öncesinde kabukları elle soyularak havanda ezilmiş ve yukarıda belirtilen oranlarda ete ilave edilip; homojen bir şekilde karıştırılmıştır (Şekil 3.1). Tüm bu işlemler kesimden sonra 6 saat içerisinde tamamlanmış olup; etlerin post-mortem 6 saatteki analizleri gerçekleştirilmiştir. Plastik küvetlere (30x45 cm²) alınan etler (yaklaşık 5 cm kalınlık) buzdolabına (4°C) yerleştirilmiştir. Etlerde post-mortem depolama boyunca su çıkışına olanak sağlamak için, plastik küvetlerin altı 2 cm aralıklarla 0.8 cm çapında delinmiştir. Etlerin oksijenle temasını engellemek için de küvetlerin üzeri kağıt ile kapatılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı oranlarda sarımsak uygulanan et örnekleri

Post-mortem 4 gün boyunca buzdolabının sıcaklığı $3\pm1^{\circ}\text{C}$; bağıl nemi $\%40\pm4$ olarak belirlenmiştir. Etlerde depolamanın 1., 2., 3. ve 4. günlerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılacak etleri tekrar homojenize etmek için, etler 0.5 cm gözenek çaplı kıyma makinesinde (Stilevs, Türkiye) kıyılmıştır. Buzdolabına alt alta yerleştirilen örneklerin yerleri 12 saatlik aralıklarla ardışık sıra ile değiştirilmiştir (Şekil 3.1). Her 3 muamele grubunun post-mortem 1. gün ve post-mortem 2. günde 2.7 kg et, sucuk üretimi için polietilen torbalara alınarak -18°C 'de depolanmıştır.

3.2.1. Sucuk Üretimi

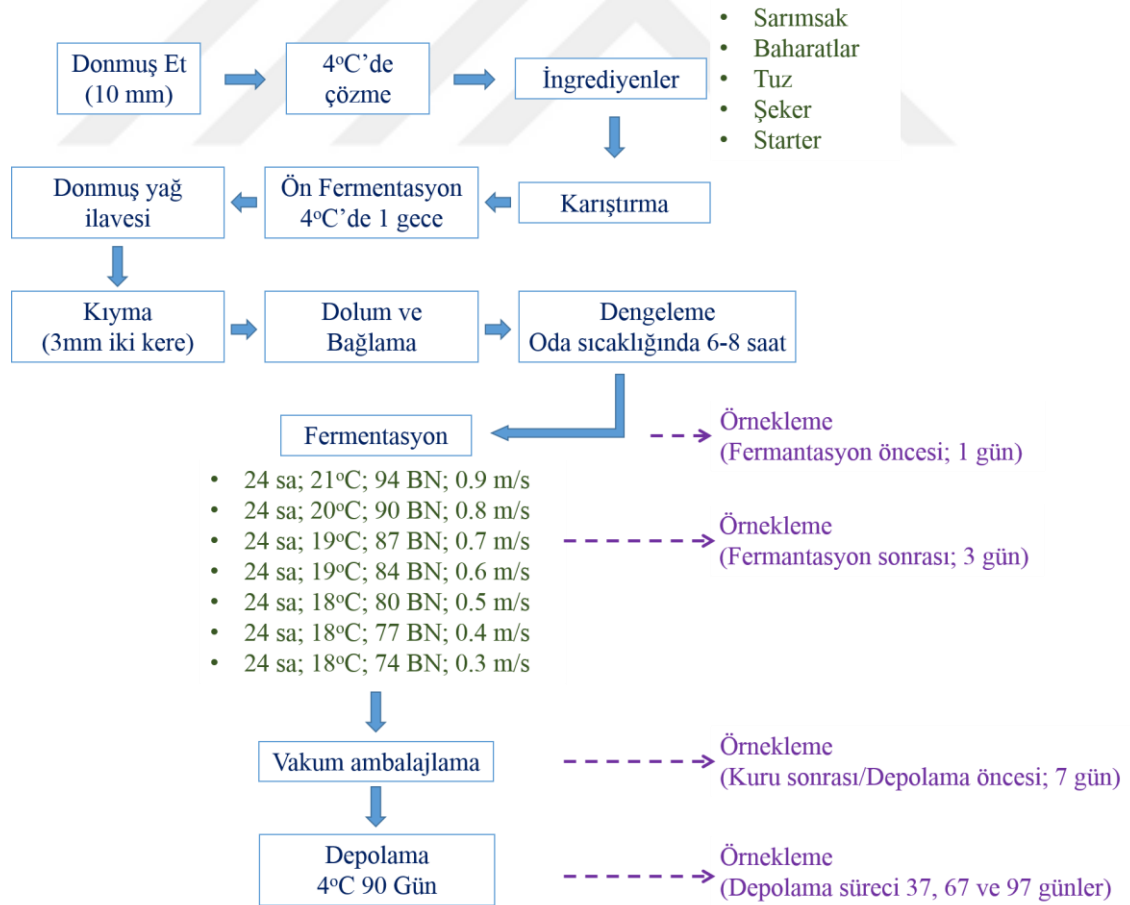
Kesimden sonra % 0 (Kontrol), %1 ve %2 oranında sarımsak ilave edilerek 4°C 'de 24 saat ve 48 saat bekletme sonrası dondurulmuş ön kol etlerden sucuk üretimi gerçekleştirilmiştir. Sucuk üretiminde Simental ırkı sığırların iç yağı kullanılmıştır. Yağlar, kullanılabilecek kadar vakum ambalajda -18°C 'de dondurulmuştur. Sucuk üretimi, Çizelge 3.2'de belirtilen formülasyona göre gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.2. Sucuk formülasyonu

İngrediyenler	Miktar
	g/1 kg Et:Yağ (9:1 w/w)
Sarımsak	18
Tuz	16
Sükroz	4
Toz biber (Acı:Tatlı)	7 (3:4)
Karabiber	5
Kimyon	9
Yenibahar	2.5
Starter kültür	0.25

Üretimler iki hafta ara ile (13 Nisan-10 Mayıs 2021) 3 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Üretim öncesi donmuş etler 4°C 'de yaklaşık 12 saat çözündürülmüştür. Daha sonra Çizelge 3.2'de belirtilen miktarda baharat ve starter kültür ilave edilerek karıştırılmış ve 4°C 'de bir gece ön fermentasyona bırakılmıştır. Starter kültür üretici firmanın tavsiye ettiği 250 ppm oranı dikkate alınarak içilebilir nitelikte su ile karıştırıp eklenmiştir. Sarımsak oranları her üç grupta üretim sırasında 18 g/kg (et+yağ)'a ayarlanmıştır. Yani 1 kg et ve yağ karışımına göre %0 (Kontrol) grubuna 18 g

sarımsak; %1 grubuna 9 g sarımsak; %2 grubuna ise hiç sarımsak ilave edilmemiştir. Böylelikle sucuklarda sarımsak oranı sabit tutulmuştur. Süre sonunda etlere donmuş yağ katılıp (9:1 w/w), karıştırılmış ve 3 mm çapında ayna takılarak kıyma makinesinde (UKMS-22 M, Bosfor, İstanbul) çekilmiştir. Önceden %12 tuz çözeltisinde ıslatılan kılıflara dolum yapılmıştır. Sucuklar baton şeklinde yaklaşık 100-120 g olacak şekilde pamuk ipleri ile bağlanmıştır. Elde edilen baton sucuklar paslanmaz çelik askılara alınarak oda sıcaklığında 6-8 saat dinlendirilmiştir. Daha sonra sucuklar sıcaklık, nem ve hava akımı kontrol edilebilen fermentasyon kabine (Qualitec, Biosan Kimya, Konya) alınmıştır. Sucukların üretiminde sözü edilen ingredientler dışında herhangi bir katkı maddesi kullanılmamıştır. Fermentasyon için kurutma kabinde üretim süresince uygulanan sıcaklık, nem ve hava akımı Şekil 3.2’de verilmiştir. Fermente sucukların ağırlık kaybı takip edilerek nem miktarı %40’ın altına düşene kadar kurutulmuştur. Üretimi tamamlanan sucuklar vakum ambalajlanarak 4°C’de 3 ay depolamaya alınmıştır. Depolama sırasında 30 gün aralıklarla analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Sucuk üretimi

3.2.2. Analiz Yöntemleri

3.2.2.1. Kurumadde miktarının belirlenmesi

Homojenize edilmiş örnek, önceden sabit tartıma getirilmiş kurutma kaplarına tartılıp; sabit tartıma gelene kadar 105°C’de etüvde (FD53, Binder, Tuttlingen, Almanya) kurutulmuştur. Kurutulan örnekler desikatörde soğutulduktan sonra, tartılarak % kurumadde oranı gravimetrik olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.2.2.2. Toplam protein miktarının belirlenmesi

Mikro-Kjeldahl yöntemi ile ilk olarak azot miktarı belirlenmiş, 6.25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarı hesaplanmıştır (AOAC, 2000). Bu amaçla, örnek 10 mL derişik H₂SO₄ ile yakma ünitesinin (DK 8, Velp, İtalya) sıcaklığı 400°C’ye kademeli olarak artırılarak yakılmıştır. Soğutulan balonlara % 40 NaOH ilave edilip; Kjeldahl destilasyon ünitesinde (UDK 139, Velp, İtalya) destile edilmiştir. %4’lük borik asit çözeltisinde (10 mL) toplanan destilat, indikatör eşliğinde 0.1 N HCl ile renk ilk olarak çelik renk sonrasında hemen oluşan pembe renk elde edilene kadar titre edilmiştir. Şahit numune eşliğinde harcanan HCl miktarından (mL) %N içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanarak 6.25 faktörü ile % ham protein miktarı belirlenmiştir.

$$\% \text{ Ham N} = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.014 \times N \times F}{m} \times 100 \quad (3.1)$$

Formülde,

V₀, şahit numune için harcanan HCl miktarı (mL)

V₁, örnek için harcanan HCl miktarı (mL)

N, HCl çözeltisinin normalitesi

F, HCl çözeltisinin faktörü

m, örnek miktarı (g)

3.2.2.3. Yağ miktarının belirlenmesi

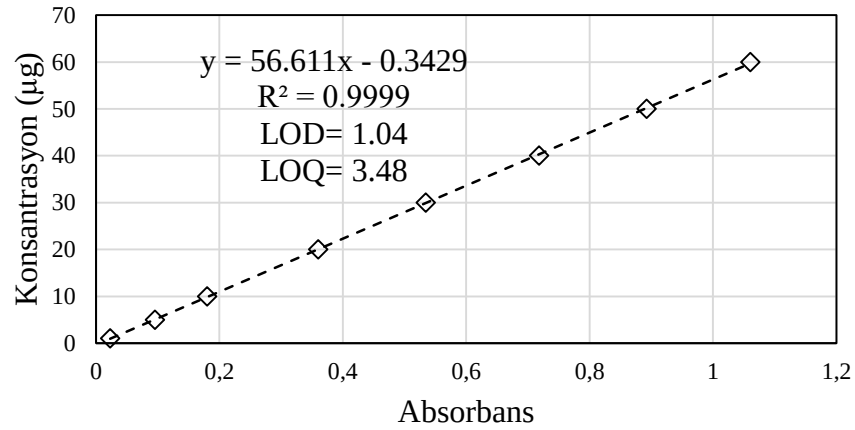
Et örneklerinin yağ miktarı (%), soxhelet ekstraksiyon metodu kullanılarak dietileter ile ekstrakte edilip; solventin rotary evaporatörde (Rotavapor R-200, Büchi, İsviçre) uçurularak gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 2000).

3.2.2.4. Kül miktarının belirlenmesi

Önceden sabit tartıma getirilmiş porselen krozelere tartılan örneklerin, nemi uzaklaştırıldıktan sonra 555°C’de 24 sa kül fırınında (PLF120/7, Protherm, Amerika) yakılmıştır. Örneklerin % kül oranı gravimetrik olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.5. Toplam fosfor miktarının belirlenmesi

Myofibriler ve sarkoplazmik protein ekstraktlarında toplam fosfor miktarı ISO yöntemine (ISO, 1996) göre belirlenmiştir. Protein ekstraksiyonu için et örneklerine (2 g) 12 mL 100 mM Tris, 10 mM DTT içeren 8.3 pH değerindeki homojenizasyon tamponu ilave edilmiştir. Ultra turrax’ta (IKA T18, Almanya) 10 dk, buzda her 30 sn’de 30 sn bekletilerek, homojenize edilmiştir. Homojenat, santrifüjlenmiş (4°C, 3850g, 10 dk) ve protein fraksiyonları ayrılmıştır. Sarkoplazmik proteinleri içeren sıvı kısım, yağın ayrılması için kaba filtre kağıdından süzölmüştür. Myofibriler proteinleri içeren pelet kısım ise kuru yakma yapılmak üzere krozelere tartılmıştır. Sıvı kısımda çözünür maddeleri uzaklaştırmak ve sarkoplazmik proteinleri çöktürmek için 1:1 (v/v) oranında %5 TCA eklenmiş; tekrar aynı koşullarda santrifüjlenmiştir. Çöken sarkoplazmik protein kısmı kuru yakma yapmak üzere krozelere alınmıştır. Elde edilen küller 10 mL nitrik asit:su (2:1, v/v) içerisine alınmış; kaynar su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda soğutulan tüplerin içeriği külsüz filtre kağıdından süzölmüştür. Süzüntüden 2 mL tüplere alınmış; üzerine 3 mL renk ajanı (1:1:1 v/v/v oranında nitrik asit: amonyum monovanadat: amonyum heptamolibdat) eklenmiştir. Oda sıcaklığında karanlıkta 15 dk bekletilen örneklerin 430 nm’de ki absorbansları blank çözeltisine karşı okunmuştur. Absorbans okumalarının 5 dk içerisinde tamamlanmasına dikkat edilmiştir. Toplam fosfor miktarı Şekil 3.3’te verilen standart kalibrasyon kurvesine göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. Toplam fosfor miktarı standart kalibrasyon eğrisi

3.2.2.6. pH değerinin belirlenmesi

Örnekler saf su ile 1:10 (w/v) oranında karıştırılıp; 1 dk süre boyunca homojenize edildikten (Ultra Turrax, IKA T18, Almanya) sonra pH metre (Orion, Thermo, Massachusetts, Amerika) ile belirlenmiştir (Gökalp ve ark., 2011). Sucuk örnekleri pH ölçümü öncesi kaba filtre kağıdı ile süzölmüştür.

3.2.2.7. Titrasyon asitliğinin belirlenmesi

Örnekler saf su ile 1:10 (w/v) oranında karıştırılıp, 1 dk süre boyunca ultra turrax (IKA T18, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Sonrasında 10 mL homojenat 0.1 N NaOH ile fenolftalein indikatörü eşliğinde titre edilmiştir. Titrasyon asitliği % laktik asit olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Gökalp ve ark., 2011).

$$\text{Titrasyon asitliği (\%, laktik asit)} = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.090 \times N \times F}{m} \times 100 \quad (3.2)$$

Formölde,

V_0 , şahit numune için harcanan NaOH miktarı (mL)

V_1 , örnek için harcanan NaOH miktarı (mL)

N, NaOH çözeltisinin normalitesi

F, NaOH çözeltisinin faktörü

m, örnek miktarı (g)

3.2.2.8. Organik asit ve karbonhidratların belirlenmesi

Organik asit ve karbonhidratlar Dursun ve Güler (2023) tarafından belirtilen yöntemle göre analizlenmiştir. Örnekler 5 mM H₂SO₄ ile (1:5, w/v) karıştırılmış ve ultra turrax (IKA T18, Almanya) ile 1 dk homojenizasyon sonrası santrifüjlenmiştir (4°C’de 3865 g kuvvetinde 5 dk). Sonrasında, ekstrakta (1 mL) 10’ar µL Carez 1 (150 g/L K₄[Fe(CN)₆] x 3H₂O) ve Carez 2 (300 g/L ZnSO₄ x 7H₂O) eklenmiş ve oda sıcaklığında 5 dk çökelmeye bırakılmıştır. Süre sonunda tekrar santrifüjlenmiştir (4°C’de 7390 g kuvvetinde 5dk) Ekstrakt 0.45 µm şırınga ucu filtreden (Millex PVDF, Millipore, Amerika) geçirilerek 2 mL’lik viallere alınmıştır. Analizlenene kadar vialler -18°C’de depolanmıştır.

Organik asit ve karbonhidratlar yüksek performanslı sıvı kromatografi (HPLC, high performance liquid chromatography, Shimadzu, Japonya) sisteminde ters faz sıvı kromatografi tekniği ile analizlenmiştir. Organik asit ve karbonhidratlar sırasıyla UV-VIS (SPD 20AV, Shimadzu, Japonya) ve refraktif indeks (RID-10A, Shimadzu, Japonya) dedektörlerle tespit edilmiştir. Elüsyon 25 mM H₂SO₄ taşıyıcı fazı ile 0.2 mL/dk akış hızında gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi -18°C’den alınan örnekler bir gece 4°C tutulmuştur.

Organik asit ve karbonhidratların belirlenmesinde HPLC çalışma koşulları:

Enjeksiyon hacmi	: 10 µL
Taşıyıcı ve akış	: 25 mM H ₂ SO ₄ ve İzokritik 0.2 mL/dk
Kolon	: Aminex HPX-87H (300x7.8, BIORAD, Amerika)
Dedektörler	: 200 nm UV-VIS (SPD-20AV, Shimadzu, Japonya) Refraktif indeks (RID-10A, Shimadzu, Japonya)
Kolon fırısıcaklığı	: 40°C (CTO-230AC, Shimadzu, Japonya)

Karbonhidratlar ve organik asitlerden laktik, asetik, süksinik, formik, sitrik, pürivik, bütirik ve propiyonik asitlerin standartları kullanılarak tanımlamaları gerçekleştirilmiştir. Örnek bir kromatogram Ek 45’te verilmiştir. Karbonhidrat ve organik asitlerin miktarı harici standart tekniği ile hesaplanmıştır (Dursun ve Güler, 2023). Her bir karbonhidrat ve organik asidin regresyon parametreleri Çizelge 3.3’te verilmiştir. Ayrıca örneklere standart ilavesi (spike) uygulanarak her bir karbonhidrat ve organik asidin geri kazanım oranları tespit edilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.3. Organik asit ve karbonhidratların regresyon parametreleri

Karbonhidratlar	Konsantrasyon Aralığı (µg/mL)	Kalibrasyon Denklemi $y=ax+b$	Belirleme Katsayısı (R^2)	Ortalama yanıt faktörü (f)	Yanıt faktörü RSD (%)	LOD (µg/mL)	LOQ (µg/mL)
Sükroz	100-10000	$y=14.45 (10^{-3}) x + 13.52$	0.99999	67	6.69	66	220
Glukoz	100-10000	$y=2.43 (10^{-3}) x - 2.90$	0.99999	409	1.62	64	213
Fruktoz	100-10000	$y=2.47 (10^{-3}) x - 1.25$	0.99999	402	2.06	63	209
Organik Asitler							
Sitrik asit	18.0-1800	$y=28.65 (10^{-5}) x - 5.95$	0.99989	3564	3.81	35	115
Pürivik asit	10.0-1000	$y=8.31 (10^{-5}) x - 3.91$	0.99995	12401	3.72	13	43
Süksinik asit	12.8-1280	$y=65.64 (10^{-5}) x - 6.19$	0.99993	1590	5.78	19	64
Laktik asit	92.0-9200	$y=54.82 (10^{-5}) x - 37.98$	0.99995	1893	5.22	117	391
Formik asit	16.0-1600	$y=41.37 (10^{-5}) x - 4.09$	0.99997	2468	2.86	15	50
Asetik asit	13.5-1350	$y=59.36 (10^{-5}) x - 2.08$	0.99995	1682	3.44	17	58
Propiyonik asit	12.5-1250	$y=58.22 (10^{-5}) x - 1.05$	0.99997	1704	3.79	12	40
Bütirik asit	12.5-1250	$y=58.40 (10^{-5}) x - 0.54$	0.99997	1708	3.12	13	43

y: konsantrasyon; x: pik alanı; LOD: Tayin sınırı (Limit of detection); LOQ: Belirleme sınırı (Limit of quantification); RSD: Relatif standart sapma

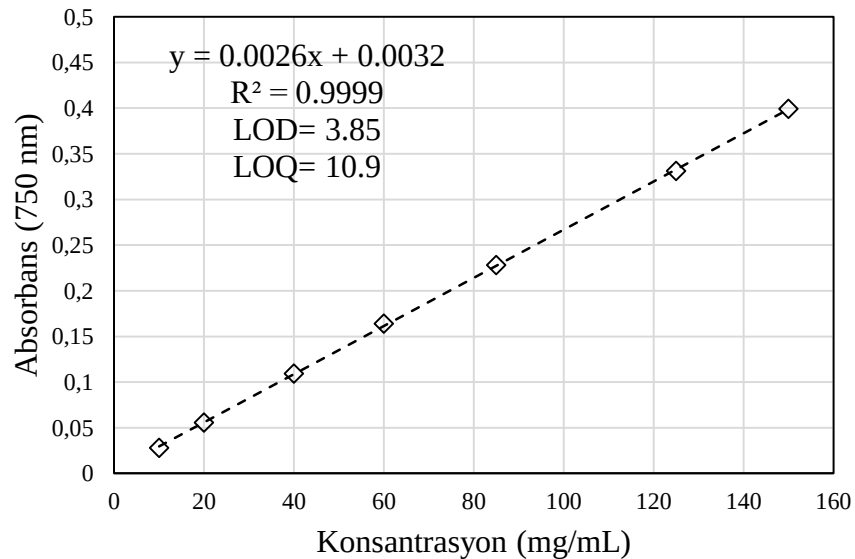
Çizelge 3.4. Organik asit ve karbonhidratların geri kazanımı

Karbonhidratlar	Standart konsantrasyonu (µg/mL)		Örnekler (µg/mL)		Geri kazanım (%)
	Gerçek	Teorik	Standart ilavesi	Standat ilaveli (Spiked)	
Glukoz	1000	963±13.8	Et 268±1.34 Sucuk 530±6.82	1248±27.2 1497±21.8	98±1.40 97±1.39
Fruktoz	1000	963±13.5	Et - Sucuk 231±8.68	- 1224±17.7	- 99±1.40
Sükroz	500	526±11.3	Et - Sucuk 313±2.21	- 798±9.60	- 97±2.09
Organik Asitler					
Sitrik asit	180	180±1.24	Et 17.9±2.42 Sucuk 68.9±9.61	193±10.4 247±11.3	97±4.23 99±0.24
Pürivik asit	100	100±0.63	Et 2.97±0.76 Sucuk 5.15±0.52	98.5±2.48 103±4.95	96±2.48 ^a 98±0.43
Süksinik asit	128	129±0.94	Et 167±1.20 Sucuk 207±1.83	294±2.15 331±5.73	99±1.68 ^a 97±0.53
Laktik asit	920	923±6.28	Et 909±1.57 Sucuk 690±1.41	1817±42 1618±28.7	99±4.60 ^a 101±0.27
Formik asit	160	155±0.67	Et 36.2±0.07 Sucuk 1.87±0.14	190±3.08 154±6.12	96±0.21 95±0.41
Asetik asit	135	135±0.57	Et 121±2.48 Sucuk 174±3.92	253±2.80 308±17.9	98±1.36 ^a 99±1.49
Propiyonik asit	125	125±0.29	Et - Sucuk -	119±0.98 125±1.45	96±0.78 ^a 99±0.38
Bütirik asit	125	125±0.06	Et - Sucuk -	123±0.93 112±1.10	99±0.74 ^a 90±0.10

-: Tespit edilmedi

3.2.2.9. Protein ekstraksiyonu ve jel elektroforezi

Post-mortem süre boyunca sarımsak ile muamele edilen etlerin myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerinin fosforilasyon düzeyi sodyum dodesil sülfat- poliakrilamid jel elektroforezi (SDS-PAGE) ile analizlenmiştir. Post-mortem analiz günlerinde alınan örnekler, analiz yapılana kadar -80°C’de depolanmıştır. Et proteinlerinin ekstraksiyonu Huang ve ark. (2011) ile Li ve ark. (2017a) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Et örneğine 1:3 (w/v) oranında proteaz ve fosfataz inhibitörü (Roche, Danimarka, 1 tb/25 mL), 100 mM Tris, 10 mM DTT, 8.3 pH’da homojenizasyon tamponu eklenmiştir. Örnekler ultra turraxta buz içerisinde 3x10 sn, her bir arada 15 sn bekletilerek homojenize edilmiştir. Daha sonra homojenat santrifüjlenmiştir (20000 g, 4°C, 30 dk). Santrifüjde çöken pellet (myofibriler proteinler) üzerine önceden 60°C’ye ısıtılmış SDS (%5 w/v) eklenmiş; ultra turraxta 30 sn homojenize edilmiş; 80°C su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda hem myofibriler hem de sarkoplazmik protein (santrifüjden elde edilen sıvı kısım) ekstraktları 100 uL halinde kısımlara ayrılmış, elektroforez analizine kadar -80°C depolanmıştır. Elde edilen protein ekstraktlarında toplam protein miktarı Lowry ve ark. (1951) tarafından belirtilen yöntemle elde edilen kalibrasyon eğrisinden (Şekil 3.4) hesaplanmıştır.



Şekil 3.4. Lowry yöntemi kalibrasyon eğrisi

Son protein konsantrasyonu 1 µg/µL olacak şekilde örnekler 1:1 (v/v) oranında yükleme tamponu (2X) ilave edilmiştir. Örnekler 90°C'de 5 dk süre ile ısıtılmış olup; süre sonunda hızla soğutularak 6 uL jele yüklenmiştir. Ayırma jeli 37.5:1 akrilamid:bis-akrilamid oranında Laemmli (1970) metoduna göre %12; yükleme jeli ise % 4 konsantrasyonunda hazırlanmıştır (Li ve ark., 2018). Güç kaynağı (NanoPac 300, Cleaver Scientific, Birleşik Krallık) yükleme jelinde yürütme 60 V; ayırma jelinde ise 110 V elektrik akımı olacak şekilde programlanmış ve elektroforezde (VS-10-DSYS, Cleaver Scientific, Birleşik Krallık) ayırım gerçekleştirilmiştir. Yükleme süresince, bromfenol mavisinin jelde yürümesi takip edilmiş; jelin son kısmına gelince (ortalama 2 saat) analiz sonlandırılmıştır.

Yürütme sonunda elde edilen jeller ilk olarak Pro-Q (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, Amerika) boya ile uygulama protokolüne göre boyanmış ve fosfoproteinler (P) için görüntü alınmıştır. Daha sonra Sypro (Invitrogen, Thermo Fisher Scientific, Amerika) boyama, yine uygulama protokolüne göre toplam protein (S) için görüntü alınmıştır. Jel görüntüleme cihazının (ChemiDoc, BIORAD, Almanya) Sypro Ruby kanalı (Excitation 532/25 nm, emission 610/25 nm, 500 V) kullanılmıştır.

Görüntüler Image LAB (Versiyon 6.0.1, BIORAD, Almanya) paket programı kullanılarak analizlenmiş ve bant yoğunlukları hesaplanmıştır. Protein fraksiyonlarında her iki boyadan elde edilen bütün bantlarda yoğunluklarının oranı (P/S) toplam fosforilasyon düzeyi olarak alınmıştır (Chen ve ark., 2016a; 2018).

3.2.2.10. Protein olmayan azot tayini

Homojen hale getirilmiş örnek ile saf su 1:10 (m/v) oranında karıştırılmış; ultra turrax (IKA T18, Almanya) ile homojenize edilmiştir. Homojenat santrifüj edildikten sonra kaba filtre kağıdından süzülmüştür. Elde edilen filtrata 1:1 (v/v) oranında %20 TCA çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda tekrar santrifüj edilerek, filtre kağıdından (Wha No 4, Whatman, Almanya) süzülmüştür. Elde edilen berrak kısmın N miktarı, protein miktarının belirlenmesi için uygulanan yöntemle belirlenerek protein olmayan azot (Non-protein nitrogen, NPN) miktarı (%) hesaplanmıştır (Gan ve ark., 2019).

3.2.2.11. Proteoliz indeksi

Protein olmayan azot miktarının (%), toplam protein için belirlenen azot miktarına (%) oranı olup, aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Gan ve ark., 2019).

$$\text{Proteoliz indeksi} = \frac{\% \text{ NPN}}{\% \text{ Toplam N}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.2.12. Serbest amino asitlerin belirlenmesi

Serbest amino asit içeriği Tekin ve Güler (2019) tarafından belirtilen yöntemde bazı modifikasyonlar uygulanarak ön kolon türevlendirme yöntemi ile Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC, High Performance Liquid Chromatography) kullanılarak belirlenmiştir. Deproteinizasyon için asetonitril yerine Izco ve ark. (2000) tarafından da belirtildiği gibi TCA kullanılmıştır.

Bu amaçla protein olmayan azot (NPN) fraksiyonundan yararlanılmıştır. NPN fraksiyonuna (200 uL) 100 uL elüsyon çözeltisi (2:2:1 v/v/v oranında Metanol: Sodyum asetat (1M): Trietanolamin) eklenmiştir. Üç dakika 1000 rpm hızda karıştırılmış (Multi Reax, Heidolph, Almanya) 7 dakika oda sıcaklığında bekletilen örnekler türevlendirilmiştir. Türevlendirme için 100 uL 7:1:1:1 (v/v/v/v) oranında Metanol: Su: Trietanolamin: Fenilizotiyosiyanat çözeltisi ilave edilen örnekler 3 dk 1000 rpm hızda karıştırılmış ve 40°C'de su banyosunda 30 dakika tutulmuştur. Süre sonunda 2 dk soğutulan ekstrakta 600 µL 0.1 N HCl çözeltisi eklenmiştir. Vorteks ile 3 dk 1000 rpm hızda karıştırılmış 500 uL hekzan ilave edilerek aynı koşullarda tekrar karıştırılmıştır. Oluşan yağ fazı (üst faz) atılıp alt faz 0.45 µm PVDF şırınga ucu filtre (Millex-HV, İrlanda) ile viallere alınmıştır.

Serbest amino asitlerin belirlenmesinde HPLC çalışma koşulları:

Enjeksiyon hacmi	: 2 uL
Taşıyıcı faz A	: % 2.5 Asetonitril içeren Sodyum asetat (70 mM), pH 6.55
Taşıyıcı faz B	: Asetonitril: Su: Metanol (45:40:15 v/v/v), pH 6.52
Akış Programı	: 0.9 mL/dk Gradient akış (Şekil 3.5)
Kolon	: XR-ODS/C8/Phenyl

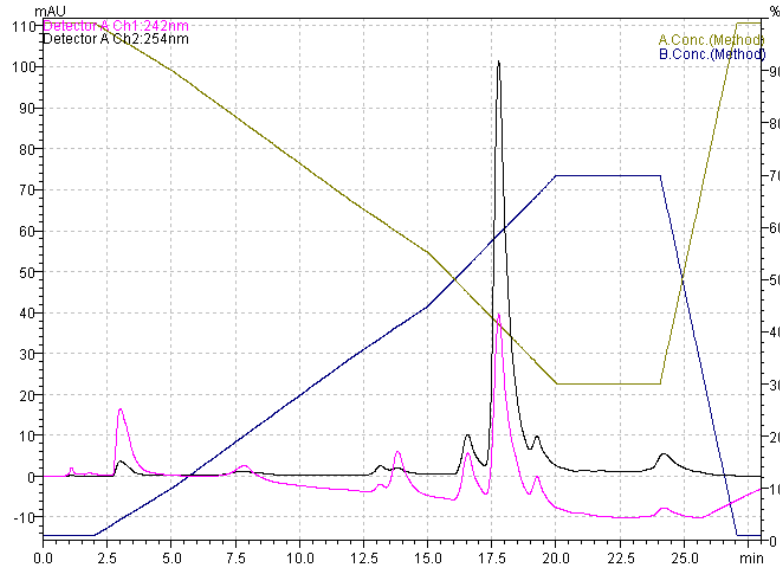
(Shim-pack XR-ODS10 cm x 3.0, Shimadzu, Kyoto, Japonya) ve Inertsil ODS-4 3 µm Guard Kolon (3.0 x 10 mm x 2)

Dedektör : UV-VIS dedektör 254 nm

(SPD 20 AV, Shimadzu, Kyoto, Japonya)

Kolon fırını : 40°C (CTO20 AC, Shimadzu, Kyoto, Japonya)

Aspartik asit (Asp), glutamik asit (Glu), asparajin (Asn), serin (Ser), glutamin (Gln), histidin (His), arjinin (Arg), treonin (Thr), prolin (Pro), tirozin (Tyr), valin (Val), metiyonin (Met), sistein (Cys), izolösün (Ile), lösün (Leu), fenilalanin (Phe), triptofan (Trp), lisin (Lys) (Sigma-Aldrich, Amerika), glisin (Gln) ve alanin (Ala) (Fluka, İsviçre) standartları kullanılarak et ve sucuk örneklerinde serbest amino asitler tanımlanmıştır. Amino asitlerin tanımlanmasında Ser ve Asn; Gln ve Gly; Arg, Thr ve Ala; Ile ve Leu; Phe ve Trp amino asitleri birlikte elue oldukları belirlenmiştir (Ek 44). Amino asitlerin konsantrasyonu harici standart tekniği kullanılarak hesaplanmıştır. Her bir amino asidin kalibrasyon parametreleri Çizelge 3.5'te verilmiştir. Ayrıca her bir amino asit için standart ilavesi yöntemi (spike) uygulanarak et ve sucuk örneklerinde geri kazanım oranları tespit edilmiştir (Çizelge 3.6).



Şekil 3.5. Serbest amino asit analizinde blank ve gradient akış programı

Çizelge 3.5. Serbest amino asitlerin regresyon parametreleri

Serbest Amino asitler	Konsantrasyon aralığı (µg/mL)	Kalibrasyon denklemi $y=ax+b$	Belirleme katsayısı (R^2)	Yanıt faktörü (f)	Yanıt faktörü RSD (%)	LOD (µg/mL)	LOQ (µg/mL)
Asp	2.03-40.50	$y=123 (10^{-6}) x + 0.70$	0.99974	7545	6.25	1.30	4.32
Glu	2.76-55.25	$y=72 (10^{-6}) x + 1.02$	0.99975	12799	7.73	1.58	5.25
Ser+Asn	3.64-72.75	$y=71 (10^{-6}) x + 0.84$	0.99966	13417	4.16	2.58	8.61
Gln+Gly	3.42-50.39	$y=27 (10^{-6}) x + 1.23$	0.99978	33801	8.68	1.47	4.90
His	2.10-42.00	$y=64 (10^{-6}) x - 0.01$	0.99989	15584	1.22	0.89	2.95
Arg+Thr+Ala	7.22-133.1	$y=42 (10^{-6}) x - 0.92$	0.99974	24864	5.15	4.11	13.69
Pro	1.15-23.00	$y=28 (10^{-6}) x - 0.22$	0.99972	36985	6.17	0.77	2.58
Tyr	2.39-47.75	$y=82 (10^{-6}) x + 0.17$	0.99981	12053	2.10	1.11	3.68
Val	0.64-32.00	$y=58 (10^{-6}) x + 0.05$	0.99975	17119	2.73	0.75	2.50
Met	0.56-24.98	$y=52 (10^{-6}) x - 0.11$	0.99989	20158	7.26	0.47	1.57
Cys	2.14-42.75	$y=118 (10^{-6}) x + 0.82$	0.99900	7641	9.45	2.49	8.30
Ile+Leu	7.85-70.65	$y=51 (10^{-6}) x - 2.34$	0.99961	20820	3.26	2.97	9.89
Phe+Trp	5.78-57.75	$y=68 (10^{-6}) x + 0.11$	0.99961	14668	2.36	2.38	7.94
Lys	2.85-28.50	$y=32 (10^{-6}) x + 0.61$	0.99971	29009	4.25	1.01	3.37

y: konsantrasyon; x: pik alanı; LOD: Tayin sınırı (Limit of detection); LOQ: Belirleme sınırı (Limit of quantification); RSD: Relatif standart sapma

Çizelge 3.6. Serbest amino asitlerin geri kazanımı

Serbest Amino asitler	Standart konsantrasyonu (µg/mL)		Et Örneği (µg/mL)		Geri kazanım (%)	Sucuk Örneği (µg/mL)		Geri kazanım (%)
	Gerçek	Teorik	Standart İlavesiz	Standart İlaveli		Standart İlavesiz	Standart İlaveli	
Asp	8.10	8.03±0.09	1.12±0.32	7.59±0.45	81±0.91	7.52±0.08	14.65±0.65	89±1.00
Glu	11.01	10.75±0.08	1.45±0.02	10.23±0.05	82±0.59	16.61±0.01	26.67±0.93	94±0.67
Ser+Asn	14.55	14.55±0.57	2.06±0.03	14.60±0.35	86±3.34	4.82±0.32	18.25±1.00	92±3.58
Gln+Gly	11.71	11.76±0.40	5.26±0.60	14.88±0.99	82±2.86	5.34±0.44	16.38±0.26	94±3.28
His	8.40	7.91±0.20	4.45±0.60	11.80±0.61	93±2.34	3.87±0.24	12.11±0.27	104±2.63
Arg+Thr+Ala	27.09	26.55±0.22	20.69±2.68	44.84±3.92	91±0.75	30.26±0.88	55.50±1.96	95±0.78
Pro	4.60	4.66±0.06	2.99±0.52	6.80±0.46	82±1.06	3.87±0.24	8.73±0.19	104±1.35
Tyr	9.55	9.86±0.23	0.63±0.14	9.43±0.20	89±2.11	2.49±0.25	12.83±0.24	105±2.48
Val	6.40	6.53±0.05	0.89±0.38	6.81±0.44	91±0.63	6.59±0.26	13.51±0.17	106±0.74
Met	5.55	5.64±0.03	0.50±0.36	5.57±0.42	90±0.46	4.13±0.30	10.06±0.28	105±0.53
Cys	8.55	9.25±0.53	0.00±0.00	6.49±0.35	70±3.99	0.00±0.00	8.93±0.20	97±5.49
Ile+Leu	15.70	17.17±0.20	2.68±1.16	17.03±1.13	84±0.98	16.70±0.67	32.99±0.65	95±1.11
Phe+Trp	11.55	12.24±0.31	4.25±1.39	14.24±1.08	82±2.02	23.11±0.74	35.44±0.52	101±2.50
Lys	5.70	5.93±0.10	2.02±0.32	7.01±0.37	84±1.40	9.26±0.35	15.41±0.24	104±1.73

3.2.2.13. Serbest yağ asitlerinin belirlenmesi

Güler (2003) ve Dursun ve Güler (2021) tarafından süt ürünlerine uygulanan yöntemde kısmi modifikasyonlar yapılarak serbest yağ asitlerinin ekstraksiyonu ve belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Serbest yağ asitleri DB-FFAP kolon (30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm film kalınlığı) kullanılarak Gaz Kromatografisi (Agilent 6890) ve Kütle Spektrometre (Agilent 5973 N, Palo Alto, Amerika) sistemi (GC-MS) ile analizlenmiştir. Et (1 g) ve sucuk (0.5 g) örneklerine 40 ppm iç standart (C13) içeren 5 mL hekzan:dietil eter (1:1 v/v) çözeltisi eklenmiş üzerine 250 µL 4 N H₂SO₄ ilave edilmiştir. Ultrasonik su banyosunda 30 dk tutulan örnekler 30 dk da 1000 rpm (Multi Reax, Heidolph, Almanya) hızda karıştırılmıştır. Süre sonunda 2000 g kuvvetinde 4°C’de 5 dk santrifüjlenmiştir (Universal 32-R, Hettich, Almanya). Yağ asitlerinin diğer lipidlerden ayrımında preparatif adsorbsiyon kolon kromatografisi uygulanmıştır. Bu amaçla önceden 1 g alüminyum oksit tartılmış biorad kolonları 2 mL hekzan:dietil eter (1:1, v/v) karışımı ile şartlandırılmıştır. Ektrakte edilen yağ fazından 1 mL biorad kolonlarına yüklenmiştir. Örneklerden elde edilen yağ fazı 2 kez daha elue edilmiş ve 5 mL hekzan:dietil eter (1:1, v/v) karışımı ile biorad kolonlar yıkanmıştır. Süzme işlemi tamamlanan kolonlar kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan alüminyum oksit 15 mL’lik santrifüj tüplerine alınmış üzerine %4 oranında formik asit içeren diisopropil eterden 2 mL eklenmiştir. Tüpler 3850 g kuvvetinde 5 dk santrifüj edilmiş ve sıvı faz pastör pipet ile 2 mL’lik viallere alınmıştır.

Serbest yağ asitlerinin belirlenmesinde GC-MS çalışma koşulları:

Kolon	: DB-FFAP kolon, 30 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm film kalınlığı (Agilent, Palo Alto, Amerika)
Isı Programı	: 55°C’de 5 dk, 5°C/dk’lık artış ile 230°C’ye ulaşma ve bu sıcaklıkta 20 dk tutulacak şekilde programlanmıştır.
Enjeksiyon bloğu	: 250°C
Transfer hattı	: 250°C
Elektron enerjisi	: 70 eV
Enjeksiyon hacmi	: 2 µL
Solvent erteleme	: 15 dk
Taşıyıcı gaz akış	: He 1mL/dk
Kütle aralığı	: 33-330 m/z

Farklı kütle yük oranları ile elde edilen spektrallerden NIST 0.2L ve WILEY 7n.1 veri tabanları ile eşleştirilmeleri ile serbest yağ asitlerinin tanımlamaları gerçekleştirilmiştir (Ek 46). Her bir serbest yağ asidinin oluşturduğu pik alanları iç standardın (C13) ekstrakte edilen yağdaki bilinen miktarına karşılık oluşan pik alanı ile oranlanarak yağ asitlerinin miktarı hesaplanmıştır (Denklem 3.4).

$$\text{Serbest yağ asidi (mg/100 g yağ)} = \frac{\text{Alan}_{\text{Serbest Yağ Asidi}} \times \text{Miktar}_{\text{C13}}}{\text{Alan}_{\text{C13}}} \quad (3.4)$$

3.2.2.14. Peroksit değerinin belirlenmesi

Örneklerden ekstrakte edilen yağlarda peroksit değeri spektrofotometrik olarak Shantha ve Decker (1994) tarafından belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir. Özetle yaklaşık 10 mg yağ, 10 mL soğuk kloroform:metanol (2:1 v/v) içerisinde çözülmüştür. Daha sonra 25 uL amonyumtiyosiyanat (%30 w/v) çözeltisi; 25 uL demir klorit çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında 5 dk bekletilmiştir. Süre sonunda UV-VIS Spektrofotometrede (UV-700, Shimadzu, Japonya) 500 nm dalga boyunda şahit çözeltiye karşı absorbans okumaları yapılmıştır. İndirgenmiş demir kullanılarak hazırlanan kalibrasyon kurvesinden (Şekil 3.6) peroksit değeri ‘meq/kg yağ’ olarak aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Peroksit değeri (meq/kg yağ)} = \frac{(A_1 - A_0) \times m}{55.84 \times m_0} \quad (3.5)$$

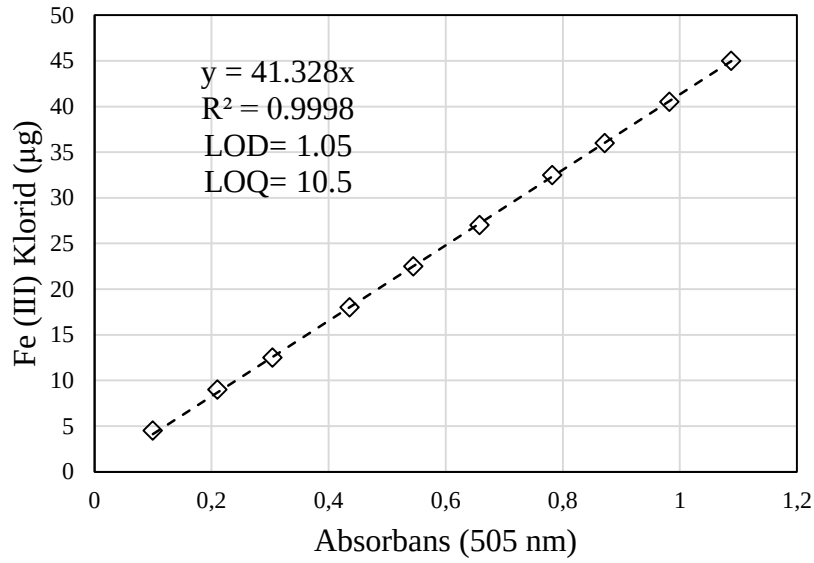
Formülde,

A_1 , örneğin absorbans değeri

A_0 , şahit absorbans değeri

m , kalibrasyon kurvesinin eğimi

m_0 , örnek miktarı (g)



Şekil 3.6. Peroksit tayini kalibrasyon eğrisi

3.2.2.15. Tiyobarbütirik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi

TBARS değeri Lorenzo ve Franco (2012) ile Sun ve ark. (2009) tarafından uygulanan spektrofotometrik yöntemin kısmi modifikasyonu ile ‘mg malondialdehit (MDA)/kg’ olarak belirlenmiştir. Örnek (5 g) üzerine 17 mL triklorasetik asit (TCA, %5 w/v) ve 0.5 mL bütillenmiş hidroksi tolüen (BHT %7.2 w/v) ilave edilerek ultra turraxta 2 dk, her 30 sn’de 10 sn buzda bekletilerek, homojenize edilmiştir. Daha sonra Whatman No 4 filtre kağıdı ile süzölmüş ve süzöntü hacmi 25 mL’ye tamamlanmıştır. Filtrattan 5 mL alınmış, üzerine 5 mL 0.02 M TBA (tiyobarbütirik asit) çözeltisi eklenmiştir. Reaksiyonun gerçekleşmesi için kaynar su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda hızla soğutulan örneklerin 532 nm dalga boyunda şahit çözeltiye karşı absorbans okumaları yapılmıştır.

TBARS değeri hazırlanan stok 1,1,3,3-tetraetoksipropan çözeltisinden (TEP, 164 g/mol, 0.997 g/mL, %99) elde edilen standart kalibrasyon kurvesinden (Şekil 3.7) ‘mg MDA/kg’ olarak hesaplanmıştır. Ekstraksiyon katsayısı (K) ortalama 4.4 olarak belirlenmiştir.

$$\text{TBARS (mg MDA/kg)} = \text{Absorbans} \times K \quad (3.5)$$

$$K = \frac{S}{A} \times M \times \frac{10^6}{C} \times \frac{100}{G} \quad (3.6)$$

Formülde,

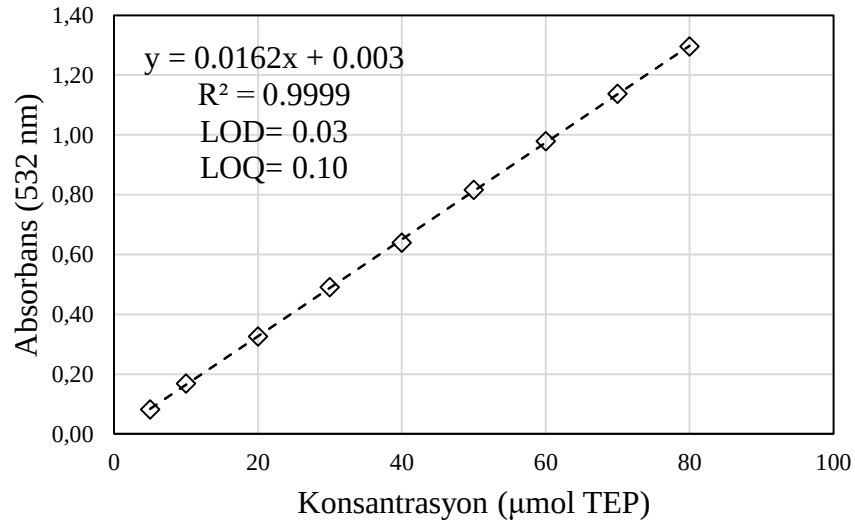
S, 5 mL saf sudaki 1,1,3,3-tetraetoksipropan (mol)

A, Absorbans

M, malonaldehidin mol ağırlığı

C, örnek miktarı (g)

G, geri kazanım (%)



Şekil 3.7. TBARS kalibrasyon eğrisi

3.2.2.16. Uçucu bileşenlerin belirlenmesi

Uçucu bileşen analizi statik tepe boşluğu (S-HS: Static-headspace) ve katı faz mikro ekstraksiyon (SPME, Solid phase micro-extraction) tekniği kullanılarak Dursun ve Güler (2019)'e göre gerçekleştirilmiştir. SPME tekniği ile analizlenecek örneğin tepe boşluğunda biriken uçucu bileşenlerin fiber üzerinde adsorpsiyonu ve Gaz Kromatografisi enjeksiyon portunda termal desorpsiyonu ile kolondan ayırım prensibine dayanmaktadır.

Et (5 g) ve sucuk (3 g) örnekleri 20 mL'lik viallere (Agilent, Palo Alto, Amerika) tartılmış; politetrafluoroetilen (PTFE)-Silikon septa (Agilent, Palo Alto, Amerika) septum ile kapatılarak analizleninceye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

Analiz öncesi 4°C'de bir gece bekletilen vialler ultrasonik su banyosunda 55°C'de 30 dk bekletilmiş; süre sonunda 260°C'de 30 dk şartlandırılmış SPME fiber (50/30 µm Divinilenzen/Carboxen/Polidimetilsiloksan, Supelco, Bellefonte PA, Amerika) vialle batırılıp bir 30 dk daha tepe boşluğundan ekstraksiyon sağlanmıştır. Uçucu bileşenlerin desorpsiyonu için enjeksiyon portuna yerleştirilen fiber 4 dk port içerisinde tutulmuştur. Örnekler arasında fiber ile blank enjeksiyonları gerçekleştirilmiştir.

Uçucu bileşen analizinde GC-MS çalışma koşulları:

Kolon	: HP-INNOWAX kapiler kolon, 60 m x 0.25 mm i.d. x 0.25 µm film kalınlığı (Agilent, Palo Alto, Amerika)
Isı programı	: 50°C'de 1 dk ile başlangıç; 5°C/dk artış ile 250°C'ye ulaşma; bu sıcaklıkta 5 dk tutulacak şekilde programlanmıştır.
Enjeksiyon bloğu	: 250°C
Transfer hattı	: 230°C
Elektron enerjisi	: 70eV
Taşıyıcı gaz akış	: He 1 mL/dk
Kütle aralığı	: 33-450 m/z

Kütle spektrometresinde farklı kütle/yük oranlarına göre parçalanmış bileşenlerin oluşturduğu spektraller NIST0.2 ve WILEY 7n.1 veri tabanları uygun eşleştirilmeleri yapılarak uçucu bileşenler tanımlanmıştır. GC-MS çalışma koşullarında C8-C20 alkan serisi (Supelco, Bellefonte PA, Amerika) analizlenerek uçucu bileşenlerin 'Alıkonma indeksleri (RI)' hesaplanmıştır.

3.2.2.17. Renk Analizi

Renk analizi CIE L*, a*, b* (CIE, 1976) sistemine göre Colorfex (HunterLab 45/0, Reston, Amerika) kolorimetre (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan) ile belirlenmiştir (Li ve ark., 2017b). L* değeri siyahtan beyaza (0'dan 100'e) aydınlığı; a* değeri kırmızılık (+) ve yeşillik (-); b değeri sarılık (+) ve mavilik (-) göstermektedir.

Ölçümler yapılmadan cihaz siyah ve beyaz standart seramik plakalar ile kalibre edilmiştir. Ölçüm haznesi tamamen örnek ile kapatılmış olup, her bir örnek için 3 tekrarlı ölçüm gerçekleştirilmiştir. Sucuk örneklerinin 10 mm kalınlığında alınan kesiti analizlenmiştir.

Ayrıca her bir et örneğinin 10 nm aralıklarla 400-700 nm dalga boyundaki % reflektans okumaları yapılmıştır. Et örneklerinin oksimiyoglobin (OMb), deoksimiyoglobin (DMb) ve metmiyoglobin (MMb) değerleri Kubelka-Munk teorisine göre hesaplanmıştır. Et örneklerinin anılan miyoglobin formları, spesifik dalga boylarında (474 nm, 610 nm, 572 nm) interpolasyon ile belirlenen örneğin reflektansının, K/S değerine (Absorbans katsayısı/Saçınım katsayısı) çevrilerek aşağıda verilen formüllere göre hesaplanmıştır (AMSA, 2012). Renk stabilitesinin indirekt indikatörü olarak, 630 nm'deki reflektansın 580 nm'deki reflektansa oranı (R630/580) kullanılmıştır (Li ve ark., 2017b).

$$DMb = 1.5 - \frac{K/S_{474}}{K/S_{525}} \quad (3.7)$$

$$OMb = 1 - \frac{K/S_{610}}{K/S_{525}} \quad (3.8)$$

$$MMb = 2 - \frac{K/S_{572}}{K/S_{525}} \quad (3.9)$$

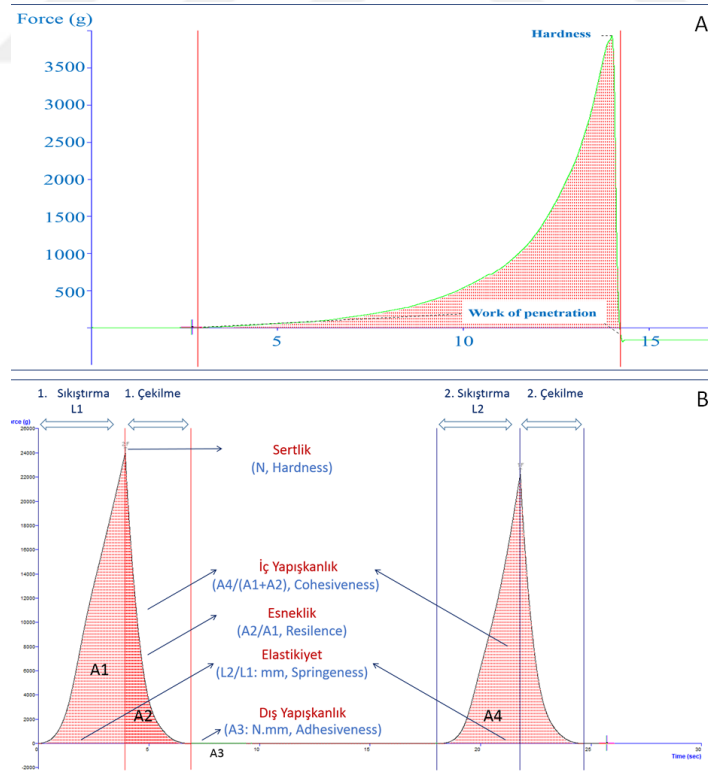
3.2.2.18. Tekstür Analizi

Et örneklerinde tekstür niteliklerinin belirlenmesi için penetrasyon testi yapılmıştır. Analiz öncesinde oda sıcaklığına getirilmiş et örnekleri kıyma halinde olduğu için çoklu penetrasyon probu kullanılarak analizlenmiştir. İşlemin standart yapılabilmesi için her gruptaki etler, 5 cm çapında ve 7.5 cm yüksekliğinde standart örnek küvetlerine eşit ağırlıkta (75 g) sıkıştırılmaksızın dökme şeklinde tartılmıştır. Örnek küveti, tekstür cihazının (TA-XT Plus, Stable Micro System, Birleşik Krallık) platformunda sabit olarak durabilecek şekilde yerleştirilmiştir. Prob yüksekliği platformdan 9 cm yukarıda olacak şekilde ayarlanmış olup; 5 mm/sn hızla 7 cm penetrasyon uygulanmıştır. Söz konusu parametreler cihazın yük hücresi (5 kg) de dikkate alınarak yapılan ön denemelerde belirlenmiştir. Uygulanan maksimum kuvvet (g) sertlik, pozitif alan ise penetrasyon işi (g.sn) olarak alınmıştır (Şekil 3.8A).

Sucuklarda tekstür analizi için her bir örnekten aynı kalınlıkta (10 mm) 10'ar dilim kullanılmıştır. Oda sıcaklığındaki örneklere 7.5 cm çapında alüminyum prob (P75, Stable Micro System, Surrey, İngiltere) ile sıkıştırma uygulanarak tekstür profil analizi (TPA) (TA-XT Plus, Stable Micro System, Surrey, İngiltere) gerçekleştirilmiştir. Tekstür profil analizinde birincil parametrelerden sertlik, dış yapışkanlık, esneklik, elastikiyet, iç yapışkanlık nitelikleri (Şekil 3.8B); ikincil parametrelerden ise katı bir gıda ürünü olan sucuk için çiğnenebilirlik (Chewiness N.mm: sertlik, iç yapışkanlık, elastikiyet değerlerinin çarpımı) niteliği değerlendirilmiştir.

TPA Çalışma Koşulları:

Test öncesi prob hızı	: 1 mm/sn
Test esnasındaki prob hızı	: 1 mm/sn
Test sonrası prob hızı	: 5 mm/sn
Sıkıştırma oranı	: %40
Süre	: 10 sn
Triger türü	: Kuvvet (5 g)



Şekil 3.8. Et (A) ve sucuk (B) örneklerinde tekstür profil parametreleri

3.2.2.19. Duyusal niteliklerin belirlenmesi

Duyusal analizler, sucukların olgunlaşma sonunda 4°C’ de depolama süresince sırasında HMKÜ Ziraat Fakültesinde sucuk tüketim alışkanlığına sahip 10 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. İlk olarak çiğ sucuk örneklerinde (Ek 36) 1’den 9’a hedonik skala kullanılarak renk (kırmızıdan mat kahveye), görünüm (belirsiz yağ dağılımından belirgin mozaikleşmeye), koku (istenmeyen kokudan tipik sucuk kokusuna) ve tekstür (çok kurudan esneyebilen sucuk yumuşaklığına) nitelikleri EK 42’de verilen forma göre puanlanmıştır. Daha sonra tost makinesinde yaklaşık 1.5 dk süre ile pişirilen dilimlenmiş (yaklaşık 10 mm) sucuk örneklerinde (Ek 37) renk, koku, tekstür, tat ve genel kabul edilebilirlikleri Ek 43’te verilen formda belirtildiği gibi puanlanmıştır. Panelistler duyusal analiz ve örnekler hakkında önceden bilgilendirilmiş olup, örnekler arasında ekmek ya da kraker ve su tüketmeleri istenmiştir.

3.2.3. İstatistiksel Analiz Yöntemi

Çalışmanın ilk kısmını oluşturan ‘Farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) sarımsak uygulanmış etlerde post-mortem depolama zamanının (6, 24, 48, 72, 96) et niteliklerine etkisinin istatistiksel değerlendirmesinde;

Sarımsak oranı (A) ve post-mortem depolama zamanları (B) ve 3 tekerrür ile (3x5)x3 faktöriyel deneme desenine göre analizlenmiştir. Her bir sarımsak ile muamele grubunda post-mortem depolama zamanlarına ait ortalamalar; her bir post-mortem depolama zamanında ise sarımsak oranlarına ait ortalamalar One-Way ANOVA testi ile analizlenmiştir. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmını oluşturan ‘Farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri (24 ve 48 saat) sonunda üretilen sucuklarda fermentasyon ve depolama günlerinin (1, 3, 7, 37, 67, 97) sucuğun niteliklerine etkisinin istatistiksel değerlendirmesinde ise;

Sarımsak oranı (A), et olgunlaşma zamanı (B), sucuk fermentasyon ve depolama zamanları (C) ve 3 üretim ile (3x2x6)x3 faktöriyel deneme desenine göre istatistik analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir sarımsak uygulanmış ette her bir olgunlaşma süresinde fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar; her bir fermentasyon

ve depolama zamanında 24 ve 48 saat olgunlaşma süresinin her birinde sarımsak oranlarına ait ortalamalar One-way ANOVA testi ile analizlenmiştir. Her bir fermentasyon ve depolama zamanında her bir sarımsak oranında 24 ve 48 saatlik olgunlaşma süresi ise bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

Yukarıda anılan istatistiksel analizler SPSS paket programı (Versiyon 22, IBM, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uçucu bileşenlerde renk skalası ile oluşturulan grafik (cell-plot) ve temel bileşen analizleri ise JMP paket programı (Versiyon 13, SAS, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.2. Post-mortem et nitelikleri ve proteinlerinin fosforilasyonu

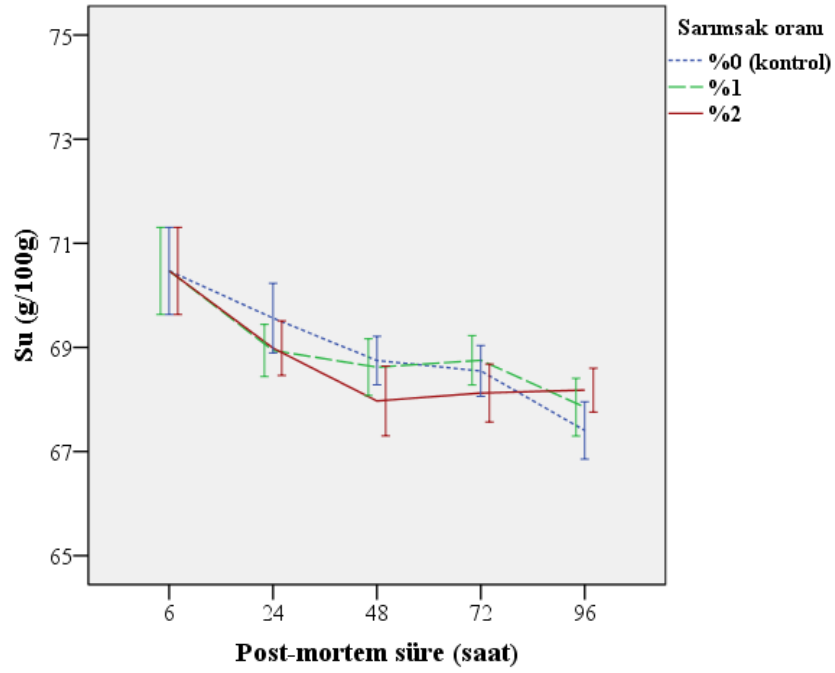
4.2.1. Kurumadde, protein, yağ ve kül

Kesimden sonra farklı oranlarda sarımsak uygulanarak depolanan etlerin bileşimi Çizelge 4.1’de verilmiştir. Kasın ete dönüşümünde gerçekleşen biyokimyasal metabolizma genellikle ‘pre-rigor’, ‘rigor mortis’ ve ‘post-rigor’ olmak üzere 3 aşama ile nitelendirilmektedir. Sığır kasında kesimden sonra yaklaşık 6 saat süren pre-rigor aşamasını oksijen ve ATP miktarının azalması sonrasında rigor mortis aşaması izlemektedir. Rigor mortis aşamasında oluşan laktik asit, et pH’sında azalmaya neden olmaktadır. Rigor mortisle gelişen aktomyosin kompleksi ve laktik asit birikimi ile izoelektrik pH değerine yaklaşılması ette su tutma kapasitesini azaltmakta ve sızma olmaktadır. Etin su içeriğinde post-mortem 96. saate kadar önemli ($P<0.001$) bir azalma eğilimi (Şekil 4.1) gözlemlenmiştir. Sızmaya (fire) ek olarak aerobik ortamda et yüzeyinde buharlaşma nedeniyle et kurumaddesinin arttığı da belirtilmektedir (Pearson ve Young, 1989; Lawrie ve Ledward, 2006).

Çizelge 4.1. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin bileşimine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Kurumadde (g/100g)	Protein (g/100g km*)	Yağ (g/100g km)	Kül (g/100g km)
%0 (kontrol)	31.2±2.48	61.9±5.11	30.6±1.26	2.70±0.40
%1	31.2±2.30	60.8±5.37	30.7±1.30	2.62±0.43
%2	31.5±2.42	61.2±6.27	31.3±1.28	2.66±0.29
<i>P</i>	0.843	0.732	0.895	0.631
Post-mortem süre (B)				
6 saat	29.5±2.41c	59.8±4.14	30.5±1.48	2.76±0.17
24 saat	30.8±2.39b	61.3±5.37	31.2±1.69	2.75±0.23
48 saat	31.6±2.38ab	61.9±6.10	31.0±1.68	2.61±0.64
72 saat	31.5±2.13ab	61.6±6.41	31.7±1.89	2.71±0.49
96 saat	32.2±2.16a	61.5±5.82	30.0±1.61	2.54±0.11
<i>P</i>	0.000	0.778	0.966	0.267
<i>AxB</i>	0.925	0.998	1.000	0.912

*km: Kurumadde. a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.1. Et örneklerinin su içeriği

Ette protein, yağ ve kül miktarları, kurumadde değişimini göz ardı etmek amacıyla, kurumaddede oranları (%) olarak hesaplanmıştır. Protein, yağ ve kül miktarları et kurumaddesinin sırasıyla %61'ini, %31'ini ve %3'ünü oluşturmuş olup, bu değerler de etin %19.2'sine, %9.66'sına ve %0.83'ününe karşılık gelmektedir. Belirlediğimiz protein miktarı, daha önce sığır etinde belirlenmiş protein miktarları (%18.8-22.6) arasındadır (Karakaya ve ark., 2005; Triki ve ark., 2018; Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Özyürek ve ark., 2020). Kül miktarı ise bazı araştırmacıların (Özyürek ve ark., 2020; Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Korkmaz Mutlu, 2022) belirlediği kül miktarından (%1.10-1.12) biraz az; Pearson ve Young (1989)'ın belirttiği kül miktarından ise (%0.65) daha fazladır.

Yağ miktarı %5'in altında olan etler yağsız et (lean) olarak nitelendirilmekte ve bu etlerin kurumaddesi yaklaşık %25 olarak belirtilmektedir (Karakaya ve ark., 2005; Lawrie and Ledward, 2006; Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Korkmaz Mutlu, 2022). Etin su ve yağ içeriği genellikle ters ilişkili olup, yağ miktarı arttıkça su içeriği azalabilmektedir. Özyürek ve ark. (2021) da, yağsız ette (%3.97 yağ) su miktarını %72 ve %18.6 yağ içeren ette (chuck) ise %39.9, yani daha fazla belirlemişlerdir. Et örneklerinde belirlediğimiz ortalama %10 yağ ve %68.7 su içeriği (Şekil 4.1) bu anlamda uyumludur.

Hem uygulanan sarımsak oranlarının hem de post-mortem depolama zamanlarının etin protein, yağ ve kül içeriğinde önemli bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Daha yüksek oranlarda (%3, 6, 9 ve 12) sarımsağın ete uygulandığı bir başka çalışmada (Nurwantoro ve ark., 2015), sığır etinin başlangıçtaki yağ içeriğinin %1.51 olduğu ve depolama boyunca azalma gösterdiği belirlenmiştir. Ancak araştırmacılar, sarımsak uygulanan etlerde depolama boyunca su ya da kurumadde miktarındaki değişimi belirtmemişlerdir.

3.2.2. pH değeri ve titrasyon asitliği

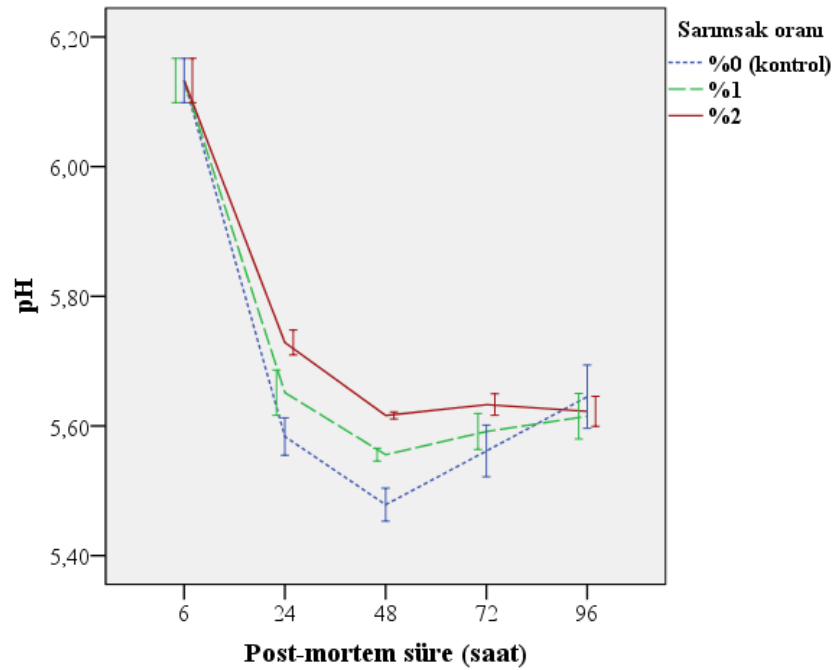
Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerde post-mortem depolama boyunca pH değeri ve titrasyon asitliği Çizelge 4.2’de verilmiştir. Kesimden sonra (post-mortem 6 sa) etin pH değeri 6.13 olup; post-mortem 48. saatte 5.48-5.62’ye kadar azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.2). Kasın ete dönüşümünde yaklaşık nötr olan pH değeri laktik asit birikimine bağlı olarak 5.4-5.6’ya kadar azalmaktadır (Pearson ve Young, 1989). Sığır etinde pre-rigor aşamadan post-rigor aşamaya pH değerinin 6.35’ten 5.58’e düştüğü belirlenmiştir (Karakaya ve ark., 2005).

Çizelge 4.2. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin pH değeri ve titrasyon asitliğine etkisi

Sarımsak oranı (A)	pH değeri	Titrasyon asitliği [§]
%0 (kontrol)	5.68±0.25Y	0.92±0.17X
%1	5.71±0.23XY	0.87±0.14Y
%2	5.74±0.20X	0.86±0.12Y
<i>P</i>	0.003	0.000
Post-mortem süre (B)		
6 saat	6.13±0.09a	0.63±0.05c
24 saat	5.65±0.10b	0.93±0.10b
48 saat	5.55±0.07d	0.98±0.10a
72 saat	5.60±0.08cd	0.93±0.09b
96 saat	5.63±0.10bc	0.90±0.05b
<i>P</i>	0.000	0.000
<i>AxB</i>	0.101	0.061

[§]Titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (g laktik asit/100g); a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Post-mortem 24. ve 48. saatlerde kontrol grubu etlerin pH değeri (sırasıyla 5.58 ve 5.48), %1 oranında (5.65 ve 5.56) ve %2 oranında (5.73 ve 5.62) sarımsak uygulanmış etlerden daha düşük tespit edilmiştir (Ek 2). Tareq ve ark. (2018) da %2 oranında sarımsak uyguladıkları tavuk etinde ilk 6 günde, sarımsak uygulanmayan etten daha yüksek pH değeri raporlamıştır. Benzer şekilde, sarımsak (%1.4 ve %1.8) katılan köftelerde, depolama boyunca sarımsak katılmayanlardan daha yüksek pH değeri belirlenmiştir (Park ve Chin, 2014). Ancak, sarımsak tozu uygulanan ve uygulanmayan sığır etinde pH değeri (sırasıyla 6.38 ve 6.42) benzer belirlenmiştir (Korkmaz ve Mutlu, 2022). Bu çalışmada belirtilen yüksek pH değeri, etin başlangıç pH değerinin yüksekliği ile ilişkili olabilir. Çünkü mevcut çalışmada başlangıç pH değeri 6.13 olarak tespit edilmiştir. Et örneklerinin pH değeri arasındaki farkın post-mortem 48. saatten sonra kontrol grubu etlerin pH'sındaki artmadan dolayı giderek azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.2, Ek 2).



Şekil 4.2. Et örneklerinde pH değeri

Post-mortem 96. saat sonrası değişimi gözlemlemek için, laboratuvar ölçeğinde yaptığımız bir denemede, post-mortem 48. saate kadar pH değerinin yine kontrol grubu etlerde daha düşük; ancak 5. günde ise hem kontrol grubunda hem de sarımsak uygulanmış etlerde belirgin bir artış olmakla birlikte bu artmanın kontrol grubunda 6'nın

üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Bu ön çalışma sonucu, asıl çalışmada post-mortem 4 günlük depolama uygulanmıştır. Benzer olarak, hem Amany ve ark. (2010) hem de Tareq ve ark. (2018), sarımsak yağı ve püre sarımsak uygulanan sığır etinde depolama boyunca pH değerindeki artışın, sarımsak uygulanmayan etten daha az olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmamızda olduğu gibi, daha önce yapılmış birçok çalışmada da depolamanın sonuna doğru sığır etinin pH değerinde yükselme tespit edilmiştir (Al-Rubeii ve ark., 2009; Triki ve ark., 2018; Hussain ve ark., 2020; 2021; Villalobos-Delgado ve ark., 2020). Bu artış proteinlerin hidrolizi ile oluşan bazik azotlu bileşenlere atfedilmiştir (Amany ve ark., 2010; Flores ve Toldra, 2011; Triki ve ark., 2018). ‘Etin proteolitik nitelikleri’ başlığında da belirtildiği gibi, protein olmayan azot (NPN) miktarının depolamayla artması (Çizelge 4.10) da bu durumu destekler niteliktedir.

Kontrol ile karşılaştırıldığında sarımsak uygulanan etlerde depolama sırasında titrasyon asitliğinin daha az olduğu; sarımsak oranı arttıkça etlerin pH değerinin de artma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Sarımsak uygulanan etlerde daha yüksek pH, bir diğer ifade ile daha az asitlik gelişimi, sarımsağın rigor-mortis süresince gerçekleşen biyokimyasal değişimlerde proteinlerin fosforilasyonu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu durum, ‘Etin biyokimyasal ve fosfoproteomik nitelikleri’ başlığı altında daha detaylı olarak tartışılmış olmakla birlikte, sarımsağın özellikle sarkoplazmik proteinlerde fosforilasyonunu etkileyerek glikolitik metabolizmayı inhibe etmesinden kaynaklanabilir.

4.2.3. Etin fosfoproteomik ve biyokimyasal nitelikleri

4.2.3.1. Fosfoproteomik nitelikler

Fosforilasyon canlı metabolizmasında proteinlerin fonksiyon kazanımı bakımından en fazla uğradıkları post-translasyonel modifikasyonlardan biridir. Çeşitli biyolojik metabolizmalar, proteinlerin fosforilasyonu ve defosforilasyonu ile düzenlenerek gerçekleşmektedir. Fosforilasyon kinaz enzimlerinin ATP varlığında katalizlediği bir reaksiyon olup, proteinlerin defosforilasyonu ise fosfataz enzimleri ile gerçekleşmektedir. Özellikle son 10 yılda yapılan fosfo-proteomik çalışmalarda, post-mortem ette protein fosforilasyonunun et kalitesinde oldukça önemli olduğu ve post-mortem et metabolizmasının da fosforilasyonla modifiye edilebileceği gösterilmiştir (Zhang ve ark.

2020). Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerde myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerde belirlenen toplam fosfor miktarı Çizelge 4.3'te verilmiştir. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerde toplam fosfor miktarı (mg/kg protein) sırasıyla 645-869 ve 210-252 arasında belirlenmiştir (Ek 3). Toplam fosfor analizini protein fraksiyonlarında yapmamızın amacı, protein fosforilasyonu ile ilişkilendirebilmektir. Dolayısıyla protein fraksiyonlarında belirtilen toplam fosfor miktarı et örneklerinde bulunan toplam fosfor miktarı olarak değerlendirilemez. Yağsız sığır etinde toplam fosfor miktarı 192 mg/100g olarak raporlanmıştır (Nollet ve Toldra, 2009). Ette rapor edilen bu fosfor miktarlarına göre, protein bazında belirlediğimiz toplam fosfor miktarının çok daha az olması kaçınılmazdır. Çünkü etin önemli bir fosfor kaynağı fosfolipitlerdir. Çalışmamızda belirlenen fosfor miktarı fosfolipitleri kapsamamaktadır. Fosfolipitlerin, et yağının %25-35'ini oluşturduğu (Nollet ve Toldra, 2009) göz önüne alındığında proteinlerde belirlediğimiz toplam fosfor miktarı literatürle uyumludur. Ayrıca, araştırdığımız kadarıyla et proteinlerinde toplam fosfor miktarının belirlendiği herhangi bir başka çalışmaya rastlanılamamıştır.

Çizelge 4.3. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının proteinlerinin fosfor miktarı ve fosforilasyon düzeyine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Fosfor miktarı [†]		Fosforilasyon düzeyi [‡]	
	Myofibriler	Sarkoplazmik	Myofibriler	Sarkoplazmik
%0 (kontrol)	745±124	232±15.1X	0.83±0.17	1.65±0.42
%1	749±144	226±18.7XY	0.78±0.14	1.57±0.49
%2	729±140	223±19.0Y	0.78±0.13	1.51±0.52
<i>P</i>	0.723	0.024	0.638	0.054
Post-mortem süre (B)				
6 saat	684±84.9c	252±18.7a	0.79±0.01abc	2.41±0.24a
24 saat	848±107a	226±9.56b	0.91±0.17a	1.50±0.17b
48 saat	779±122b	222±9.68b	0.85±0.15ab	1.41±0.20b
72 saat	728±132bc	220±11.0b	0.75±0.14bc	1.31±0.23b
96 saat	666±143c	216±13.3b	0.69±0.12c	1.27±0.25b
<i>P</i>	0.000	0.000	0.036	0.000
<i>AxB</i>	0.954	0.817	0.998	0.672

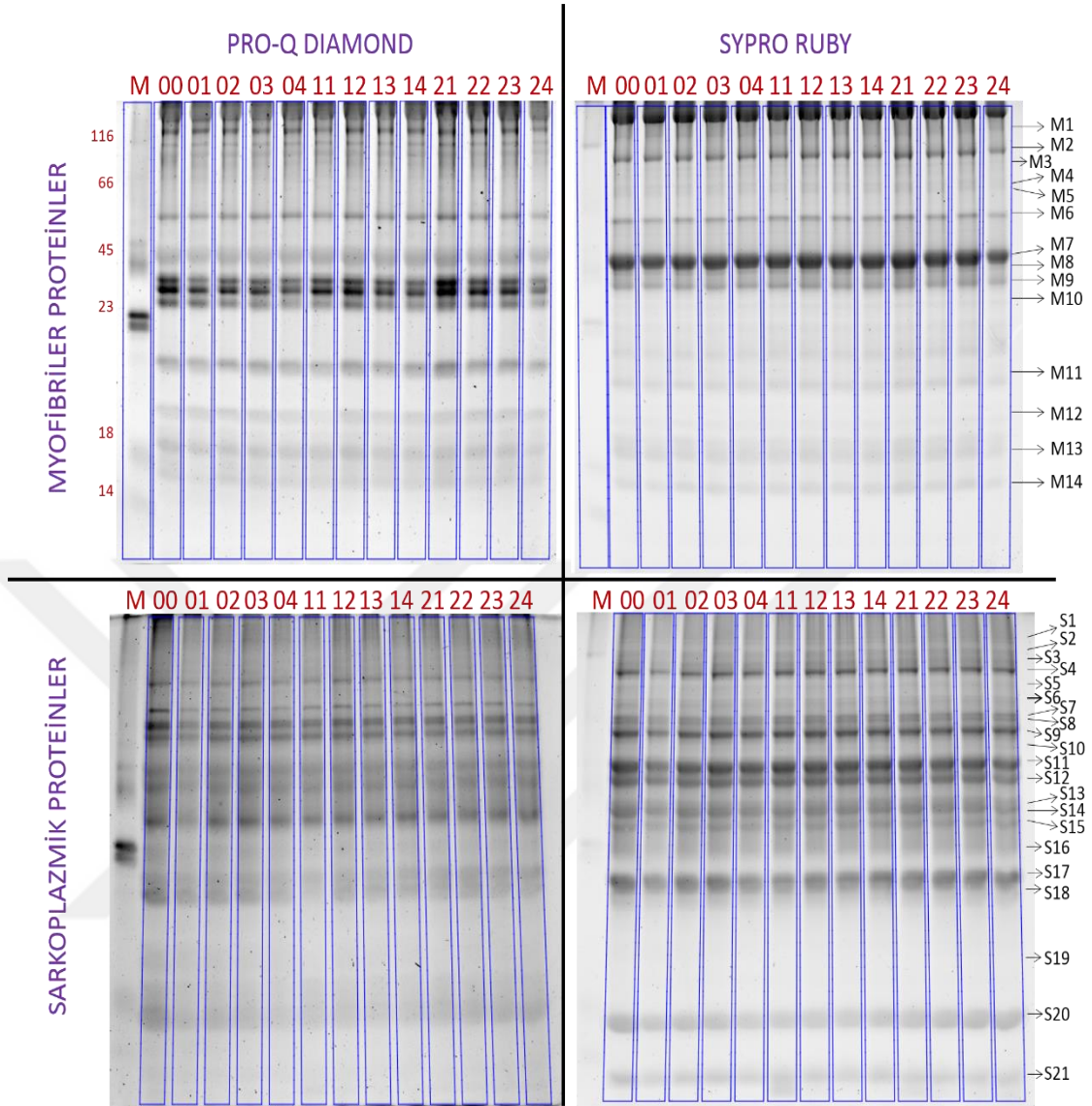
[†]Et proteinlerinde spektrofotometrik olarak belirlenen toplam fosfor miktarı (mg/kg protein). [‡]Fosforilasyon düzeyi (P/S): İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Post-mortem depolama zamanlarının, hem myofibriler hem de sarkoplazmik proteinlerde fosfor miktarı üzerine ($P<0.001$) önemli bir etkisi olmuştur (Çizelge 4.3). Myofibriler proteinlerin toplam fosfor miktarı en fazla post-mortem 24. saatte belirlenmiş olup, ilerleyen zamanlarda azalma göstermiştir. Sarkoplazmik proteinler de benzer şekilde post-mortem 6. saatten sonra azalma göstermiştir.

Farklı oranlarda sarımsak uygulaması myofibriler proteinlerin toplam fosfor miktarında önemli bir farklılık oluşturmazken, sarkoplazmik proteinlerin toplam fosfor miktarı, sarımsak oranı arttıkça azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.3). Özellikle post-mortem 24. ve 48. saatlerde kontrol grubu etlerde sarkoplazmik proteinlerinin toplam fosfor miktarı (sırasıyla 233 ve 229 mg/kg protein), %1 (223 ve 221 mg/kg protein) ve %2 sarımsak (221-216 mg/kg protein) uygulanan etlerden daha yüksek belirlenmiştir (Ek 3).

SDS-PAGE analizinden elde edilen jel görüntülerinde belirlenen protein bantları Şekil 4.3'te verilmiştir. Myofibriler proteinlerde 14 protein bandı; sarkoplazmik proteinlerde ise 20 protein bandı tespit edilmiştir. Proteinlerin fosforilasyon düzeyi PRO-Q jel boyasında belirlenen bant yoğunluğunun (P), SYPRO boyada belirlenen yoğunluğa (S) oranlanarak (P/S) hesaplanmıştır. PRO-Q boya fosfoproteinlere spesifik bir boya olup, fosforilasyonla bant yoğunluğu artmaktadır. SDS-PAGE jellerinde çalışılan standard proteinler arasında fosfoproteinler de yer almaktadır. Ovalbumin (45 kDa) ve β -kazein (23.6 kDa) fosfoproteinlerinin fosfo-spesifik boyada (PRO-Q) toplam protein boyasından (SYPRO) daha fazla yoğunluğa sahip olmalarıyla, fosforilasyonun belirlenip belirlenemeyeceği doğrulanabilmektedir.

Myofibriler ve sarkoplazmik toplam protein bantlarının fosforilasyon düzeylerindeki değişimler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi sırasıyla 0.68-0.98 ve 1.17-2.41 arasında tespit edilmiştir (Ek 3). Protein fraksiyonlarında toplam fosfor miktarı ile toplam fosforilasyon düzeyinin uyumlu olduğu görülmektedir. Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyi, bulgularımız ile benzer şekilde daha önce yapılmış çalışmalarda (Çizelge 4.4) 0.6-1.0 arasında belirlenmiştir.



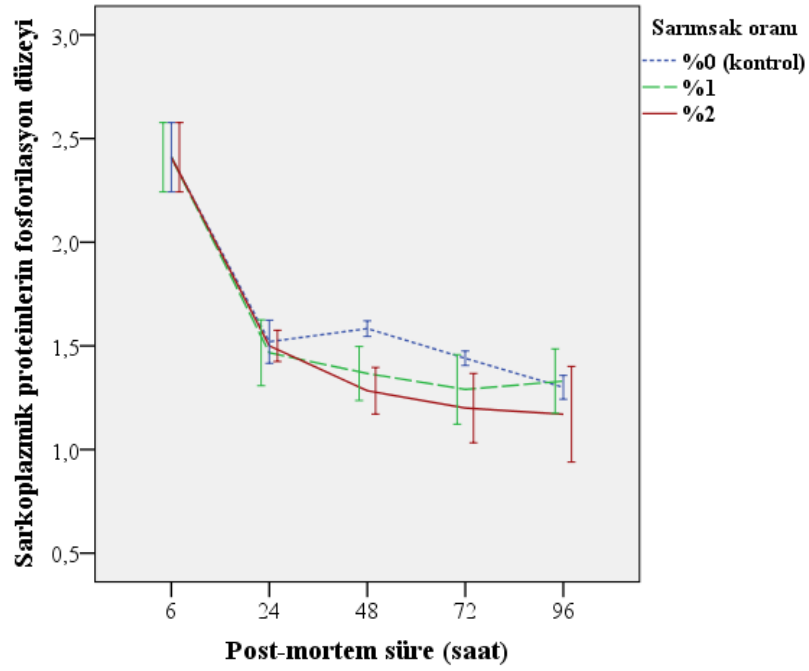
Şekil 4.3. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerinin SDS-PAGE görüntüleri (Pro-Q: fosfoprotein; Sypro: toplam protein boyası; M: marker; 00: başlangıç et örneği (post-mortem 6 saat); 01-04: kontrol grubu post-mortem 1-4 günler; 11-14: %1 sarımsak grubu post-mortem 1-4 günler; 21-24: %2 sarımsak grubu post-mortem 1-4 günler; M1-M14: myofibriler; S1-S20: sarkoplazmik protein bantları)

Çizelge 4.4'te görülebildiği gibi, myofibriler proteinlerle karşılaştırıldığında, sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyleri arasında daha fazla varyasyon olabilmektedir. Sarkoplazmik proteinlerde fosforilasyon düzeyinin 1'in altında belirlendiği çalışmalar (Huang ve ark., 2011; Li ve ark., 2018b) olmakla birlikte çoğu çalışmada (Li ve ark., 2015a; 2017b; 2018d; Chen ve ark., 2018; 2019a; Ren ve ark., 2020; Ijaz ve ark., 2022a) fosforilasyon düzeyi 1'in üzerinde raporlanmıştır. Bu farklılık Çizelge 4.4'ten de görülebildiği gibi MyLC2 fosfoproteininden kaynaklanabilir.

Çizelge 4.4. Proteinlerin toplam fosforilasyonunun belirlendiği çalışmalar

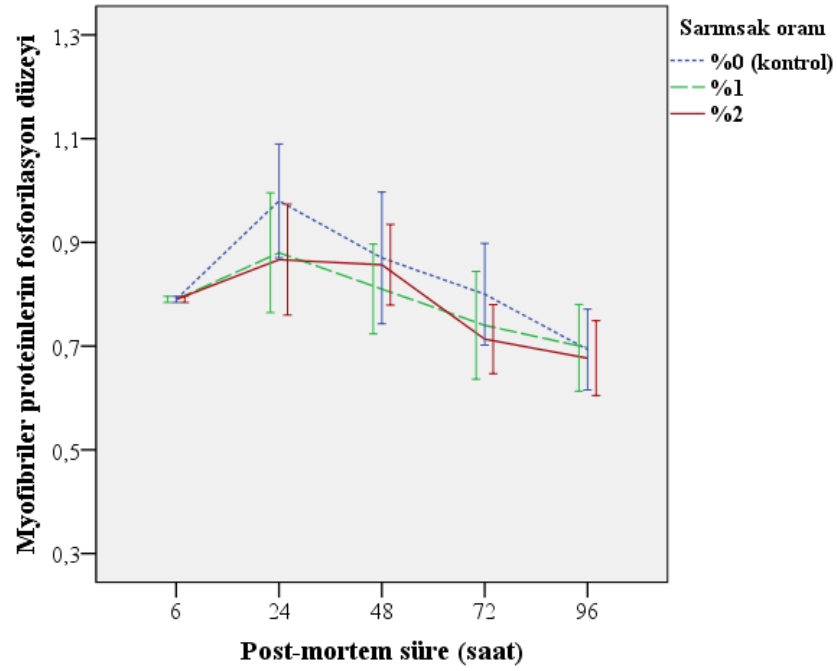
Protein fraksiyonları	Fosforilasyon düzeyi (P/S)	Post-mortem süre	Kaynaklar
Myofibriler	0.4-0.6	1-24 saat	Huang ve ark. (2012)
	0.5-0.6	0.5-24 saat	Chen ve ark. (2016a)
	0.6-0.8	Pre-rigor	Li ve ark. (2017a)
	0.6-0.8	0-16 saat	Zhang ve ark. (2016a)
	0.6-0.9	2-168 saat	Li ve ark. (2018)
	0.6-1.0	0.75-24 saat	Ren ve ark. (2020)
	0.6-1.0	0.75-9 saat	Li ve ark. (2015b)
	0.8-1.0	0-24 saat	Li ve ark. (2018b)
	0.8-1.0	0-24 saat	Xin ve ark. (2018)
	1.0-1.4	1-7 gün	Ijaz ve ark. (2022a)
Sarkoplazmik	0.3-0.4	1-24 saat	Huang ve ark. (2011)
	0.5-0.7	0-24 saat	Li ve ark. (2018b)
	0.55-0.75	0-24 saat	Xin ve ark. (2018)
	0.7-1.2	2-168 saat	Li ve ark. (2017b)
	0.8-1.0	0.75-168 saat	Li ve ark. (2018d)
	0.8-1.2	0.5-48 saat	Chen ve ark. (2019a)
	1.0-1.1	0.5-48 saat	Chen ve ark. (2018)
	1.0-1.2	0.75-24 saat	Ren ve ark. (2020)
	1.1-1.4	1-7 gün	Ijaz ve ark. (2022a)
	26-29	0-10 gün	Li ve ark. (2015a)
MyLC2	2.0-20	0-72 saat	Gao ve ark. (2017)
	1.0-4.0	0.5-72 saat	Cao ve ark. (2019)

Sarkoplazmik proteinlerde fosforilasyon düzeyi en fazla post-mortem 6. saatte belirlenmiş (Çizelge 4.3) olup; 24. saatte önemli bir azalma tespit edilmiştir (Şekil 4.4). Sonraki post-mortem zamanlar, önemli bir farklılık yaratmamakla birlikte fosforilasyonda azalma eğilimi devam etmiştir. Benzer şekilde, sarkoplazmik proteinlerde post-mortem 6. saatte en yüksek fosforilasyon düzeyinin olduğu, sonraki 48. saate kadar azalma gösterdiği tespit edilmiştir (Chen ve ark., 2018; 2019a). Bir diğer çalışmada (Li ve ark., 2018b) da post-mortem 24. saate kadar sarkoplazmik proteinlerde fosforilasyon düzeyi benzer belirlenmiştir.



Şekil 4.4. Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi

Myofibriler proteinlerde ise post-mortem 24. saate kadar önemli bir artma (0.79'dan 0.91'e) olurken, post-mortem 96. saatte 0.69'a kadar azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.5). Et proteinlerinin fosforilasyonunda post-mortem 24. saatten sonra görülen azalmanın, Huang ve ark. (2011) tarafından da belirtildiği gibi glikolitik metabolizma sonucunda gelişen asitlikle (pH'nın azalması) birlikte, ette asit fosfataz aktivitesinin artmasından ya da Li ve ark. (2012) tarafından belirtildiği gibi post-mortem ATP miktarında ve Ca^{+2} salınımındaki azalmanın fosfataz enzimini aktive etmesinden kaynaklanmış olabilir. Bulgularımız ile benzer olarak, post-mortem 24. saate kadar sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonunda azalma (Huang ve ark., 2011); myofibriler proteinlerde ise post-mortem 6. saatten 24. saate kadar artma (Huang ve ark., 2012) olabileceği belirlenmiştir. Ancak araştırmacılar hem sarkoplazmik hem de myofibriler proteinlerde fosforilasyondaki değişimin, post-mortem glikoliz derecesine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini de vurgulamıştır. Bu durum daha sonra yapılan çalışmalarda glikojen fosforilaz enziminin fosforilasyonunda (Bai ve ark., 2020c) ve hem myofibriler hem de sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonundaki (Ijaz ve ark., 2022a) değişimle de desteklenmiştir.



Şekil 4.5. Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyi

Chen ve ark. (2016a) da post-mortem 0.5 saatten 24 saate kadar myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyonunda önemli bir artma belirlemişlerdir. Yine bulgularımız ile uyumlu olarak yapılan çalışmalarda (Ren ve ark., 2020; 2021), kesimden sonra 4°C’de depolanan etlerin myofibriler proteinlerinin fosforilasyon düzeyinin 24. saatte arttığı, sonraki depolama zamanlarında ise azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca hem myofibriler (Li ve ark., 2018a; Ijaz ve ark., 2022a) hem de sarkoplazmik proteinlerin (Li ve ark., 2018d; Ijaz ve ark., 2022a) fosforilasyon düzeylerinin post-mortem depolama boyunca azalma eğiliminde oldukları tespit edilmiştir. MyLC2 ve MHC proteinlerinin de post-mortem 72. saate kadar fosforilasyonlarının azalma gösterdiği rapor edilmiştir (Cao ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2021). Çalışmamızda hem sarkoplazmik hem de myofibriler proteinlerde en düşük fosforilasyon post-mortem 96. saatte gözlemlenmiştir.

Farklı oranlarda sarımsak uygulaması, etlerde myofibriler proteinlerinin fosforilasyon düzeyinde önemli bir farklılık oluşturmamış; sarkoplazmik proteinlerde ise uygulanan sarımsak oranı arttıkça fosforilasyon düzeyi azalma göstermekle birlikte önem seviyesinin sınırda olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ancak artan sarımsak oranları post-mortem 48. saatte önemli ($P<0.05$) farklılığa neden olmuştur (Ek 3).

Çizelge 4.5. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının myofibriler protein bantlarının fosforilasyon düzeyine etkisi^{III}

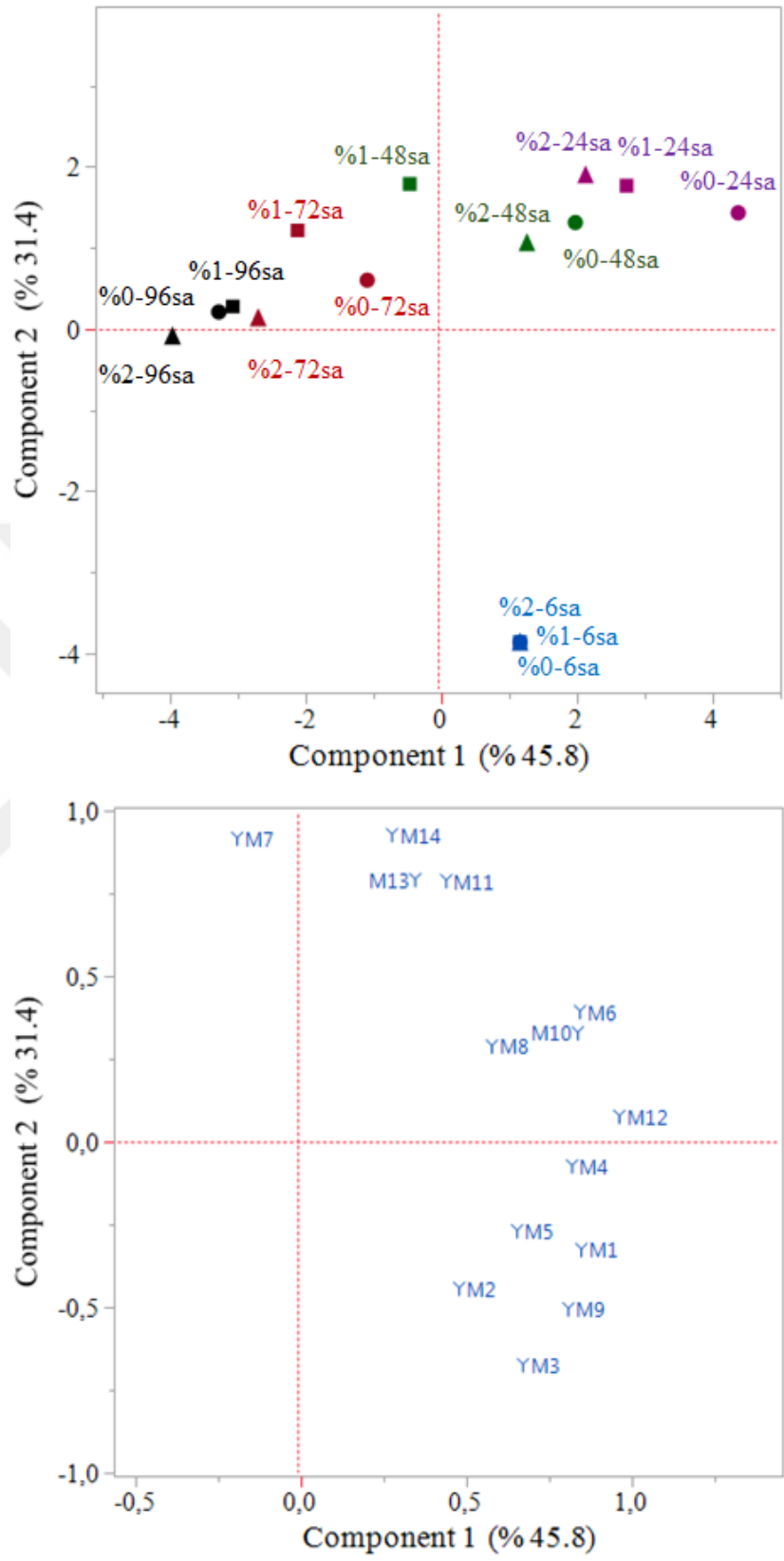
No	Sarımsak oranı (%)				Post-mortem süre (saat)					<i>P</i>	<i>AxB</i>
	0	1	2	<i>P</i>	6	24	48	72	96		
M1	1.22±0.26	1.22±0.26	1.28±0.29	0.737	1.41±0.40a	1.39±0.16a	1.26±0.21ab	1.12±0.17b	1.02±0.10b	0.012	0.994
M2	0.23±0.06	0.21±0.06	0.21±0.04	0.738	0.24±0.07	0.23±0.07	0.20±0.04	0.21±0.05	0.21±0.04	0.739	0.962
M3	1.10±0.46	0.98±0.39	0.94±0.41	0.529	1.43±0.52	1.06±0.39	0.97±0.33	0.83±0.23	0.74±0.20	0.007	0.961
M4	2.97±0.80	2.88±0.66	3.10±0.56	0.717	3.13±0.47	3.25±1.03	3.13±0.74	2.75±0.41	2.66±0.44	0.372	0.999
M5	0.94±0.17X	0.72±0.15Y	0.65±0.17Y	0.000	0.91±0.07a	0.81±0.23a	0.83±0.21a	0.66±0.23b	0.64±0.12b	0.000	0.022
M6	0.83±0.23	0.81±0.24	0.80±0.22	0.952	0.79±0.14	0.90±0.26	0.86±0.26	0.76±0.25	0.75±0.22	0.704	0.999
M7	0.10±0.02	0.11±0.02	0.10±0.02	0.613	0.09±0.01	0.11±0.02	0.11±0.02	0.11±0.02	0.11±0.02	0.142	0.999
M8	2.05±0.52	2.39±0.46	2.37±0.48	0.110	2.23±0.17ab	2.69±0.51a	2.38±0.48ab	2.07±0.52b	1.98±0.49b	0.024	0.953
M9	1.02±0.21	0.96±0.20	0.99±0.24	0.482	1.26±0.19a	1.09±0.11b	1.01±0.08b	0.86±0.08c	0.73±0.03d	0.000	0.751
M10	7.97±2.97	7.88±2.26	6.79±2.01	0.350	7.32±2.28ab	9.40±2.33a	8.25±2.67ab	6.87±2.08ab	5.90±1.73b	0.050	0.992
M11	2.80±0.61X	2.74±0.64X	2.35±0.47Y	0.012	2.03±0.05d	3.17±0.44a	2.96±0.61ab	2.69±0.53bc	2.30±0.37cd	0.000	0.806
M12	3.46±0.78	3.33±0.62	3.38±0.57	0.624	3.57±0.51ab	4.21±0.35a	3.53±0.46ab	3.02±0.23c	2.63±0.24d	0.000	0.293
M13	2.00±0.72	1.62±0.47	1.77±0.61	0.220	1.24±0.11b	2.16±0.65a	2.09±0.70a	1.83±0.59a	1.67±0.45b	0.015	0.989
M14	2.48±1.01	2.38±1.16	2.26±0.94	0.842	1.51±0.04	2.99±1.17	2.68±1.08	2.44±1.03	2.23±0.83	0.061	0.999

^{III} P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Farklı oranlarda sarımsak uygulamasının etlerde gerek toplam fosfor miktarı gerekse toplam fosforilasyon düzeyi bakımından myofibriler proteinlerin aksine sarkoplazmik proteinleri etkilemesi, sarkoplazmik proteinlerin çoğunun fosfoproteinler olmasından ve/veya fosforilasyon ile aktivite göstermesinden (Chen ve ark., 2018; Bai ve ark., 2020a; 2020c) kaynaklanabilir. Bir diğer ifade ile sarkoplazmik proteinler myofibriler proteinlere göre fosforilasyona daha duyarlı ya da myofibriler proteinler, sarkoplazmik proteinlerden daha stabil olmasından (Huang ve ark., 2012; Li ve ark., 2015a) kaynaklanabilir.

Myofibriler protein bantlarının fosforilasyon düzeyleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bant 10'un fosforilasyon düzeyi en yüksek (7.5) olup, onu sırasıyla 12 (3.4); 4 (3.0); 11 (2.6); 14 (2.4); 8 (2.3); 13 (1.8); 1 (1.2); 3 (1.0) ve 9 (1.0) nolu bantlar izlemiştir. Diğer protein bantlarının (Bant 1-7) fosforilasyon düzeyi 1'in altında olup, fosforilasyon düzeyi 0.1 değeri ile en düşük 7 nolu proteinde belirlenmiştir.

Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeylerine göre temel bileşen analizi sonucunda sarımsak uygulanarak depolanan etlerin bi-plot dağılım grafiği Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyine göre, et örnekleri arasındaki toplam varyasyonun %77'sinin açıklanabildiği görülmektedir. Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin 24. saatten sonra gösterdiği azalma eğilimi bi-plot grafiğinde de görülebilmektedir. Başlangıç et örneğinin (post-mortem 6 saat) diğer depolama zamanlarından temel bileşen 2 bakımından ayrıldığı görülmektedir. Bu ayrımda en yüksek negatif özvektöre sahip 1, 2, 3, 5 ve 9 nolu bantlar etkili olup, anılan proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyleri en yüksek başlangıç et örneğinde belirlenmiştir. Temel bileşen 2'nin en fazla pozitif özvektör değerine sahip 11, 13 ve 14 nolu proteinlerde toplam fosforilasyon düzeyinin en az başlangıç et örneğinde belirlendiği söylenebilir. Sarımsak uygulamasından sonraki depolama zamanlarının ise temel bileşen 1'e göre birbirlerinden ayrılabilirdiği görülmektedir. Et örnekleri post-mortem 24. saatten 96. saate, temel bileşen 1'in pozitif bölgesinden negatif bölgesine doğru bir dağılım göstermiştir. Yedi nolu protein bandı hariç diğer bütün protein bantlarının temel bileşen 1'in pozitif bölgesinde yer almasından dolayı, bu proteinlerin fosforilasyon düzeyinin en fazla ya başlangıç etlerinde ya da depolamanın 24. saatinde belirlendiği; depolamanın ilerlemesiyle de azalma gösterdiği ifade edilebilir.



Şekil 4.6. Myofibriler proteinlerin toplam fosforilasyon düzeylerine göre bi-plot dağılımı

Temel bileşen 1 ekseninde kontrol grubu etler, sarımsak uygulanmış etlere göre depolamanın 96. saatine kadar daha sağda yer almıştır. Dolayısıyla, temel bileşen 1'in en sağında yer alan 12 nolu bandın fosforilasyon düzeyinin de en fazla kontrol grubunun post-mortem 24. saatinde belirlendiği ifade edilebilir. Bu bölgede yer alan diğer protein bantları (6, 10, 11, 13, 14) da benzer bir sonuç göstermiştir. Dolayısıyla anılan proteinlerin toplam fosforilasyon düzeylerinde depolamayla meydana gelen azalmanın kontrol grubu etlerde daha az olduğu da ifade edilebilir. Bir diğer ifadeyle sarımsak uygulamasının anılan proteinlerin fosforilasyon düzeyinde daha fazla azalmaya neden olduğu ifade edilebilir.

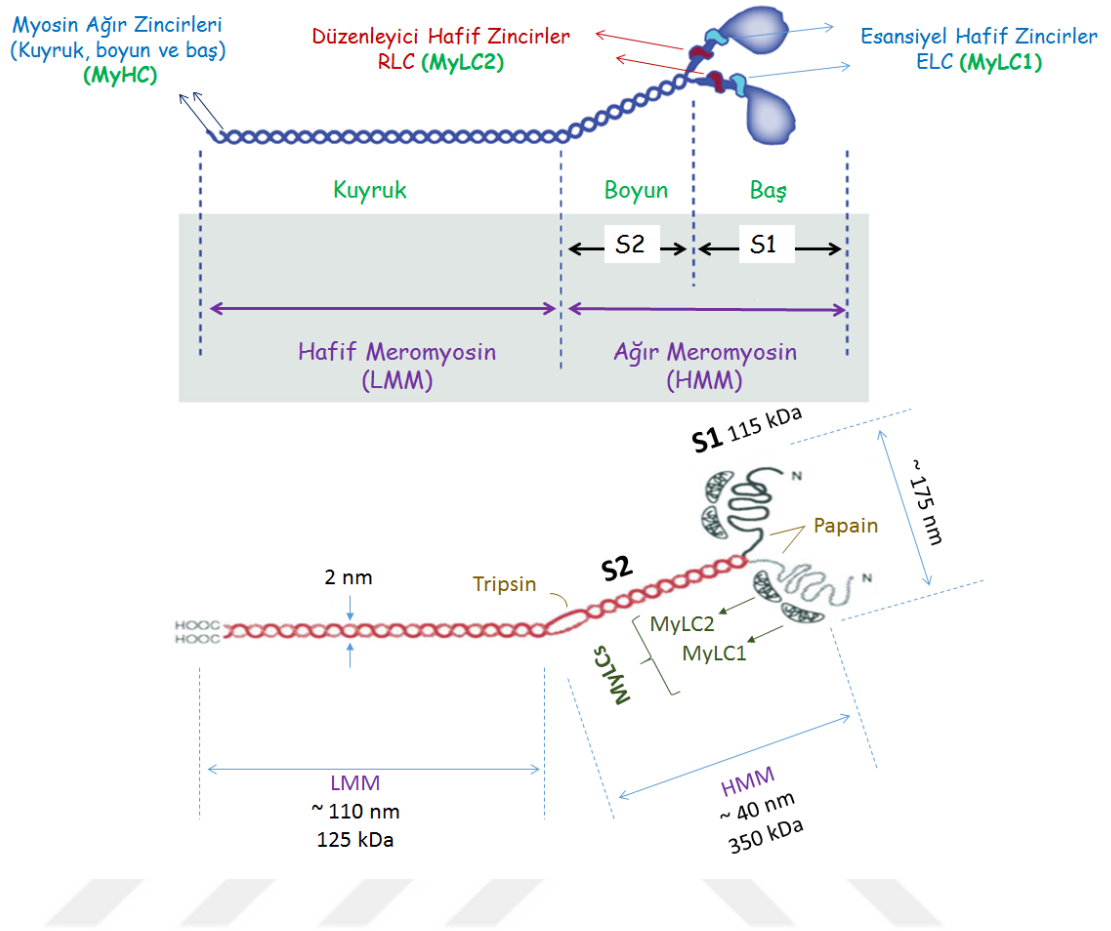
Myofibriler proteinler arasında 'aktin' ve 'myosin' kasta sırasıyla ince ve kalın filamentlerde en fazla bulunan proteinlerdir (Wang ve ark., 2017; Li ve ark., 2018a). Aktin (%20) ve myosin (%50) birlikte myofibriler proteinlerin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (Pearson ve Young, 1989). Daha önce yapılmış çalışmalarda belirtildiği ve Çizelge 4.6'dan da anlaşıldığı üzere, 7 nolu protein aktin (42 kDa) olabilir. Ancak LC/MS-MS ya da MALDI-TOF ile analizlemeden net bir protein tanımlaması yapmak mümkün olmamaktadır. Hatta söz edilen enstrümental sistemlerle proteinlerinin tanımlanmasında bir protein bandında farklı proteinler de bulunabilmektedir. Araştırmacıların (Li ve ark., 2015a; 2015b; Chen ve ark., 2016a; Zhang ve ark., 2016a; Li ve ark., 2018a; Ijaz ve ark., 2022) belirttiği gibi myofibriler proteinlerin SDS-PAGE analizi ile fosforilasyon analizinde (Şekil 4.3) 40 kDa molekül ağırlığına yakın olarak ayrılan protein bandı, diğer bantlardan oldukça belirgin bir şekilde SYPRO boyada daha fazla renk yoğunluğu sergilemiştir.

Myosin kas dokusunun kalın filamentinde en fazla bulunan protein olup, Şekil 4.7'ten de görülebildiği gibi ağır ve hafif zincirler olarak iki kısımdan oluşmaktadır (Wang ve ark., 2016). Myosin düzenleyici hafif zincirinin (MyLC2) myosinin konformasyonunu değiştirerek myosinin aktine bağlanmasını regule ettiği bilinmektedir (Liu ve ark., 2018; Cao ve ark., 2019; 2020). MyLC2 kasılma için ATPaz aktivitesine sahiptir. MyLC2 fosforilasyonu ATPaz aktivitesini artırarak daha fazla kasılmaya; defosforilasyonu da gevşemeye neden olmaktadır (Wang ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2016a; Cao ve ark., 2019). Söz konusu çalışmalarda, myofibriler proteinlerin fosforilasyonu bakımından daha çok MyLC2'nin üzerinde durulması, MyLC2'nin diğer proteinlere göre fosforilasyona duyarlılığının farklı olmasından kaynaklanabilir.

Çizelge 4.6. Myofibriler ve sarkoplazmik proteinlerin molekül ağırlıkları

Myofibriler proteinler	Molekül ağırlığı (kDa)	Tespit edilen çalışmalar
Myosin ağır zinciri (MyHC)	223-224	1, 2, 3, 4
Myomesin	162-167	1, 2, 5
Myosin protein C (MyBPC)	126-127	2, 5
α -Aktinin	100-109	2, 5, 11
HSP90	93	5
Anneksin	76	2
HSP70	70	3
Myotilin	56	5
Kreatin kinaz	43	2, 6, 7
Aktin	42	2-4, 7, 8, 11
Tropomyosin	33	2, 3, 5, 7, 11
Troponin T	26-30	2, 5, 7, 8
Troponin I	22	5
Myosin hafif zinciri 1 (MyLC1)	20-21	4, 5, 8, 11
Myosin hafif zinciri 2 (MyLC2)	19	1-3, 8, 11
Troponin C	18	2, 3
Myosin hafif zinciri 3 (MyLC3)	17	2
Sarkoplazmik Proteinler		
Fosforilaz kinaz	120	1
Glikojen fosforilaz	97-99	1-3, 9, 11
Fosfofruktokinaz	94-95	3, 9, 11
Hidroksi açıl-KoA dehidrojenaz	84	10
HSP70	70-76	1, 10, 11
Albumin	71	1, 3
Glukoz-6-fosfat izomeraz	63	1, 5, 9
Pürivat kinaz	58-62	2, 5, 6, 9, 11
Enolaz	47-51	1, 2, 4-6, 8, 9, 11
Fosfoglisarat kinaz	45-47	3, 9, 10, 11
Fruktoz bifosfat aldolaz	39-43	1, 5, 11
Laktat dehidrojenaz	35-39	1, 5, 11
Gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz	35-36	1, 3, 10, 11
Fosfoglisarat mutaz	29-30	1, 11
NADH dehidrojenaz	27	4
Süperoksit dismutaz	25	4, 10
Triozfosfat izomeraz	23;27	9;11
Adenilat kinaz	22-23	1, 3, 5, 9, 11
Peroksiradoksin	20-22	1, 4, 5, 10
Glutatyon liyaz	21	5
Aldolaz	17-15	3, 10
Myoglobin	17	1, 10
β -Globin	14	2

¹Huang ve ark., 2011; ²Li ve ark., 2015b; ³Chen ve ark., 2016a; ⁴Wang ve ark., 2016; ⁵Ren ve ark., 2020; ⁶Li ve ark., 2012; ⁷Li ve ark., 2018a; ⁸Mato ve ark., 2019; ⁹Chen ve ark., 2018; ¹⁰Zhang ve ark., 2016a; ¹¹Li ve ark., 2015a



Şekil 4.7. Myosin yapısı (Bhagavan, 2002'den uyarlanmıştır)

Molekül ağırlığı da (Çizelge 4.6) dikkate alındığında, bant 11'in MyLC2 içerebileceği düşünülebilir. Dolayısıyla rigor mortis aşamada aktomyosin kompleksi oluşumunda MyLC2'nin daha fazla fosforilasyonu olabilir. Bu anlamda et sertliği ile MyLC2'nin fosforilasyonu da ilişkilendirilebilir. MyLC2 rigor oluşumunda fosforile olup, fosforile formunun fosforile olmayan formuna oranının post-mortem 24. saatten sonra arttığı (Chen ve ark., 2016a), bu nedenle sert etlerde MyLC2'nin daha yüksek protein fosforilasyon seviyesi, etin gevrekliğinde önemli bir rol oynayabileceği belirtilmiştir (Huang ve ark., 2012; Chen ve ark., 2016a). Bant 11'in fosforilasyon düzeyinin %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha az olduğu (Çizelge 4.5); depolama ilerledikçe fosforilasyon düzeyindeki azalmanın sarımsak oranına bağlı olarak değiştiği; sarımsak oranı arttıkça depolamayla oluşan azalmanın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Ek 4).

Çalışmanın ‘Etin fiziksel nitelikleri’ başlığında belirtildiği gibi, sarımsak uygulamasının ette daha gevrek bir tekstür oluşturabileceği, özellikle post-mortem 24. ve 48. saatlerde sertlik değerinin kontrol grubu etlerden daha az olduğu belirlenmiştir. MyLC2’nin fosforilasyonundaki azalmanın aktomyosin parçalanmasını artırabileceği belirtilmiştir (Gao ve ark., 2017; Cao ve ark., 2019; 2020; Ren ve ark., 2020). Dolayısıyla sarımsak uygulanan etlerle karşılaştırıldığında, kontrol grubu etlerde post-mortem 48. saate kadar daha fazla sertlik değeri, fosforilasyon düzeyi daha yüksek olan MyLC2’nin daha sıkı aktomyosin kompleksi oluşturması; depolamayla azalan sertliğin de MyLC2’nin azalan fosforilasyonu ve aktomyosin kompleksinin parçalanmasıyla uyumlu olabilmektedir.

Kasılma mekanizmasında direkt olarak rol almamakla birlikte kasılmayı regule ettikleri için ‘düzenleyici proteinler’ olarak da adlandırılan troponin ve tropomyosin fosfoproteinleri de etin sertliğinde önemlidirler (Pearson ve Young, 1989; Cao ve ark., 2020). Tropomyosin kasın ince filamentini oluşturan başlıca fosfoproteinlerden biri (Chen ve ark., 2016a; Wang ve ark., 2017) olup; onun fosforilasyonunun diğer tropomyosinlerle uçtan uca oluşturduğu interaksiyonu güçlendirdiği belirtilmiştir (Chen ve ark., 2016a; 2019b; Li ve ark., 2017c). Sert etlerde tropomyosinin gevrek etlerden daha fazla fosforilasyona sahip olduğu belirtilmiştir (Chen ve ark., 2016a). Tropomyosin fosforilasyonu daha yüksek olan etlerde, aktin ya da myosinle bağını güçlendirmesi ile aktomyosin parçalanmasının daha yavaş olabileceği belirtilmiştir (Wang ve ark., 2017).

Troponin; troponin-T, troponin-I ve troponin-C olmak üzere 3 alt birimden oluşmaktadır (Pearson ve Young, 1989). Troponin T, post-mortem proteolizin bir indikatörü olup, daha düşük fosforilasyon düzeyinde troponin-T’nin daha fazla parçalanabileceği, bir diğer ifadeyle fosforilasyonla troponin-T’nin parçalanmaya karşı daha stabil olabileceği belirtilmiştir (Li ve ark., 2018a). Post-mortem 24. ve 48. saatlerde daha yüksek bulunan et sertliği, troponin ve tropomyosin proteinlerinin yüksek fosforilasyonları ve daha sıkı aktomyosin kompleksi oluşturması nedeniyle de olabilmektedir (Cao ve ark., 2020).

Sarkoplazmik protein bantlarının fosforilasyon düzeyleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Belirlenen sarkoplazmik proteinlerin büyük bir kısmı fosfoprotein niteliğinde olup; fosforilasyon düzeyleri 1’in üzerinde belirlenmiştir. Sadece 11, 15, 16 ve 20 nolu protein bantlarının fosforilasyon düzeyi 1’in altında tespit edilmiştir. Anılan fosfoproteinler

arasında özellikle kinaz enzimlerinin (fosforilaz kinaz, adenilat kinaz, pürivat kinaz, 6-fosfofrukto kinaz ve fosfogliserat kinaz), ve dehidrojenaz enzimlerinin (hidroksiaçil-koA dehidrojenaz, gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz ve laktat dehidrojenaz) daha yüksek fosforilasyon düzeyine sahip oldukları düşünülmektedir. Sarkoplazmik proteinler, önceki çalışmalarda da fosfoproteinler olarak nitelendirilmiş ve yukarıda söz edilen enzimlerde dahil enerji metabolizmasında yer aldıkları belirtilmiştir (Li ve ark., 2015a; 2018d; Chen ve ark., 2018; Ren ve ark., 2020).

Sarımsak oranının artmasıyla azalma eğilimi gösteren (Çizelge 4.3) sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi, sarkoplazmik protein bantlarının ayrı ayrı değerlendirilmesi durumunda, sarımsak uygulamasının proteinden proteine göre farklı etki gösterebileceği görülmektedir. Bu durum daha önce gerek sarkoplazmik proteinlerin (Huang ve ark., 2011) gerekse myofibriler proteinlerin (Huang ve ark., 2012; Chen ve ark., 2016a) fosforilasyonundaki değişimlerin, proteinden proteine farklılık göstermesiyle de örtüşmektedir. Sarımsak oranının artmasına bağlı olarak 1, 16, 18 ve 19 nolu bantların fosforilasyon düzeyinde azalma; 3, 6, 13 ve 17 nolu bantlarda ise artma olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Sözü edilen 16 ve 18 nolu bantların fosforilasyon düzeyi 24. saatten; 1 ve 19 nolu bantların ise 48. saatten itibaren kontrol grubu etlerde sarımsak uygulanmış etlerden daha yüksek olmuştur (Ek 5). Bu proteinlerin fosforilasyon düzeyinde depolamayla meydana gelen azalmanın da sarımsak uygulanmış etlerde daha fazla olduğu ifade edilebilir. Ortalama fosforilasyon düzeyi %2 oranında sarımsak uygulanmış etlerde daha yüksek belirlenen 3, 6, 13 ve 17 nolu bantlarda bu farklılığın özellikle 24. ya da 48. saatlerde önemli seviyede olduğu belirlenmiştir (Ek 5). Post-mortem depolama zamanlarında belirlenen ortalama fosforilasyon düzeyleri sadece 5, 9, 10 ve 15 nolu bantlar arasında benzer bulunmuştur (Çizelge 4.7).

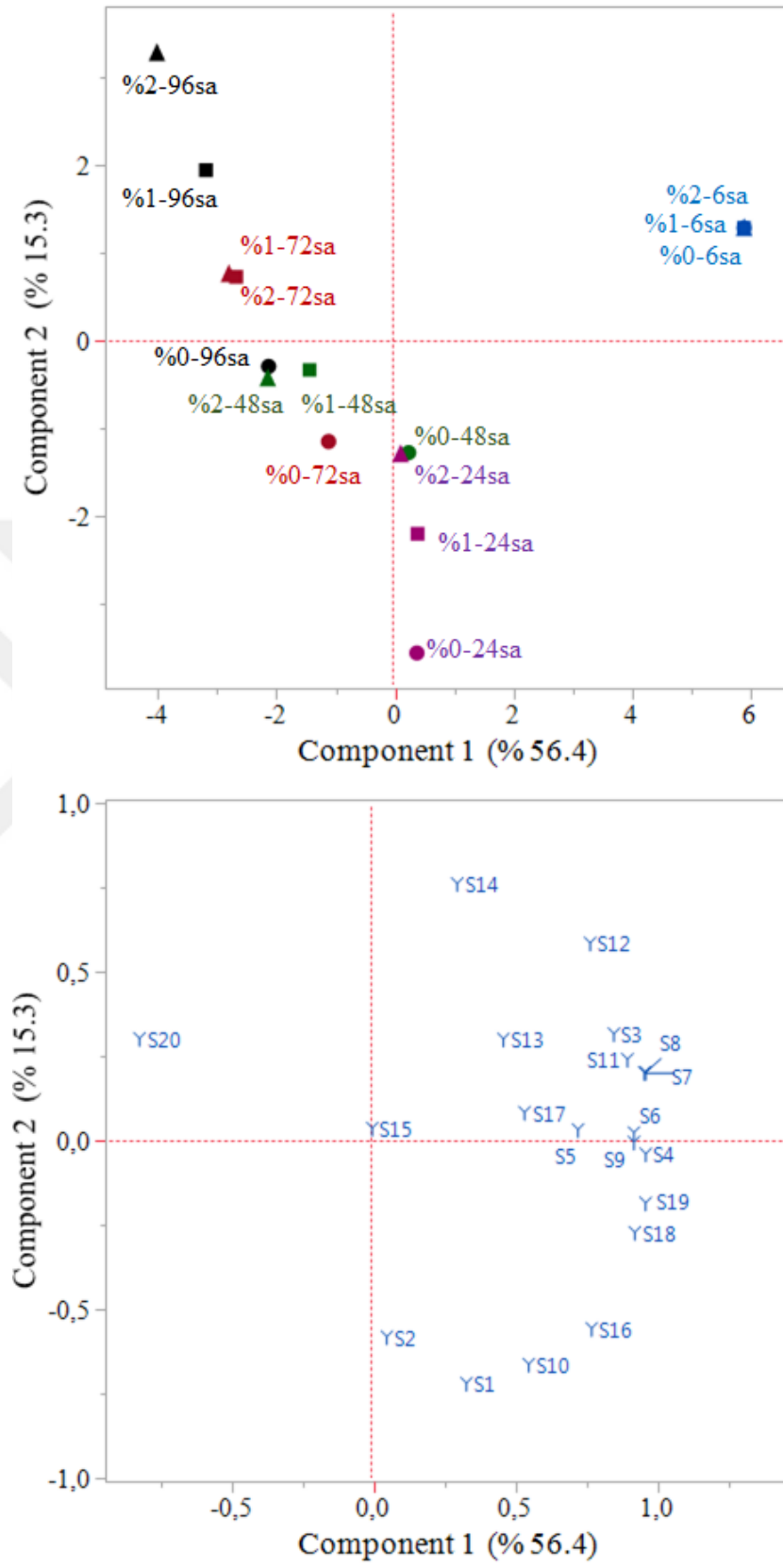
Depolama zamanının fosforilasyon düzeyinde önemli bir etki gösterdiği; protein bantları arasında sadece 20 nolu bandın depolama zamanı boyunca fosforilasyonunun arttığı; diğerlerinde ise azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Anılan bu proteinlerden birçoğunun (3, 4, 6, 7, 8, 11, 12, 14, 16, 17, 18 ve 19) fosforilasyon düzeyi başlangıç etinde (post-mortem 6 sa); 1 ve 2 nolu bantta ise 24. saatte daha fazla olmuştur. Ayrıca sözü edilen 1 ve 2 nolu bantların kontrol grubu etlerin aksine sarımsak uygulanmış etlerde post-mortem zamanlar arasında önemli bir farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Ek 5).

Çizelge 4.7. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının sarkoplazmik protein bantlarının fosforilasyon düzeyine etkisi^{III}

No	Sarımsak oranı (%)			P	Post-mortem süre (saat)					P	AxB
	0	1	2		6	24	48	72	96		
S1	8.29±2.09X	5.35±1.65Y	5.29±2.10Y	0.000	6.39±2.61ab	7.81±2.20a	6.26±2.05ab	5.75±2.55b	5.34±2.21b	0.045	0.284
S2	1.54±0.55	1.54±0.63	1.66±0.51	0.694	1.43±0.27bc	1.98±0.63a	1.73±0.46ab	1.54±0.38abc	1.21±0.70c	0.011	0.018
S3	1.11±0.65Y	1.20±0.58XY	1.42±0.62X	0.018	2.24±0.09a	1.20±0.55b	1.00±0.23bc	0.85±0.28c	0.92±0.4bc	0.000	0.038
S4	1.53±0.81	1.35±0.82	1.36±0.86	0.775	2.26±0.61a	1.59±0.95ab	1.16±0.66b	1.02±0.56b	1.03±0.61b	0.010	1.000
S5	3.88±2.02	4.15±1.92	4.07±1.84	0.942	4.89±2.99	4.15±1.51	3.99±1.72	3.94±1.68	3.19±0.92	0.577	0.995
S6	6.20±3.29Y	6.66±2.94XY	7.05±2.93X	0.041	11.6±1.19a	7.83±1.27b	5.39±0.77c	4.77±0.99c	3.62±0.52d	0.000	0.874
S7	3.79±1.29	3.57±1.46	3.26±1.61	0.136	6.05±0.64a	3.04±0.65b	3.14±0.57b	2.84±0.85b	2.63±0.71b	0.000	0.839
S8	4.25±1.74	4.17±1.87	3.81±1.95	0.532	7.09±0.70a	3.66±1.32b	3.54±0.79b	3.15±1.09b	2.96±1.06b	0.000	0.998
S9	1.47±0.39	1.36±0.43	1.26±0.47	0.423	1.77±0.39	1.32±0.42	1.32±0.31	1.22±0.43	1.20±0.40	0.054	0.981
S10	3.73±2.03	3.25±1.57	2.96±1.53	0.535	3.65±0.14	3.76±2.15	3.61±2.13	3.11±1.89	2.41±1.40	0.537	0.990
S11	0.55±0.21	0.52±0.19	0.46±0.21	0.278	0.78±0.24a	0.45±0.09b	0.43±0.19b	0.44±0.10b	0.44±0.09b	0.000	0.720
S12	0.96±0.34	0.93±0.38	0.95±0.38	0.781	1.58±0.02a	0.62±0.15c	0.78±0.14bc	0.81±0.15bc	0.93±0.17b	0.000	0.653
S13	0.91±0.27Y	1.12±0.14X	1.09±0.27X	0.012	1.22±0.06a	1.01±0.32ab	1.08±0.31ab	0.94±0.18b	0.95±0.20b	0.031	0.109
S14	1.59±0.38	1.45±0.59	1.57±0.59	0.709	1.88±0.17a	1.12±0.35b	1.41±0.44ab	1.50±0.42ab	1.78±0.75a	0.031	0.973
S15	0.32±0.09	0.34±0.08	0.31±0.07	0.412	0.32±0.07	0.30±0.07	0.39±0.09	0.29±0.05	0.33±0.10	0.069	0.189
S16	1.02±0.34X	0.79±0.30Y	0.64±0.38Z	0.000	1.16±0.15a	1.12±0.35a	0.79±0.22b	0.58±0.21c	0.45±0.22c	0.000	0.172
S17	1.16±0.29Y	1.20±0.30Y	1.42±0.39X	0.031	1.54±0.29a	1.40±0.35ab	1.08±0.35b	1.15±0.24b	1.11±0.29b	0.003	0.158
S18	7.12±1.86X	5.80±1.79Y	5.22±2.29Y	0.000	8.99±0.41a	6.72±1.18b	5.71±1.30c	4.61±1.43d	4.20±1.59d	0.000	0.264
S19	2.21±0.65X	2.07±0.67XY	1.94±0.78Y	0.039	3.05±0.77a	2.36±0.34b	1.86±0.16bc	1.67±0.2c	1.43±0.25c	0.000	0.818
S20	0.80±0.25	0.93±0.31	0.93±0.23	0.100	0.60±0.03c	0.82±0.22b	0.90±0.13b	0.97±0.11b	1.15±0.36a	0.000	0.090

^{III} P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sarkoplazmik proteinlerin toplam fosforilasyon düzeyinin depolama boyunca gösterdiği azalma eğilimi bi-plot grafiğinde de görülebilmektedir (Şekil 4.8). Başlangıç et örneği temel bileşen 1 bakımından diğer depolama zamanlarından ayrılmış olup; temel bileşen 1 ve 2'nin pozitif bölgesinde yer almıştır. Post-mortem depolama süresi ilerledikçe et örnekleri, temel bileşen 1'in pozitif bölgesinden negatifine doğru bir dağılım göstermiştir. Sarkoplazmik protein bantlarının dağılımı da dikkate alındığında, 20 bandının dışındaki protein bantlarının yine temel bileşenin pozitif bölgesinde yer alması, bu bantların depolama boyunca fosforilasyon düzeylerinde azalma göstermesinin bir sonucudur. Nitekim 20 numaralı proteinin fosforilasyon düzeyinin depolama boyunca artma göstermesi bi-plot grafiğinde de açıkça görülebilmektedir. Çizelge 4.6' ya göre söz konusu bant 20 ve bant 19 myoglobin ve/veya β -globin içerebilmektedir. Post-mortem depolama boyunca anılan bandın (20) artan fosforilasyonu özellikle etin rengine meydana gelen değişimle de ilişkili olabilmektedir. Çünkü depolama boyunca fosforilasyonu artma eğilimi gösteren tek protein olan 20 nolu bant, depolamanın 96. saatinde özellikle de %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha yüksek fosforilasyon düzeyine sahip olmuştur. Söz konusu değişimlerin olduğu etler aynı zamanda daha yüksek MMb ve daha az renk stabilitesi sergilemişlerdir. Çünkü, myoglobin pigmentinin renk stabilitesinin proteinlerin fosforilasyonu ile değişim gösterdiği (Li ve ark., 2017b); geri dönüşümlü fosforilasyonun myoglobin proteininin oksijen bağlama kapasitesini etkileyerek myoglobinin redoks formlarına dönüşümünde farklılık oluşturabileceği (Li ve ark., 2018c); fosforilasyonun myoglobinden demir salınımını ve myoglobinin okside olma eğilimini artırabileceği (Devatkal ve Naveena, 2010; Wang ve ark., 2017); myoglobinin fosforilasyonu ile etin renk stabilitesi arasında negatif bir ilişki olduğu (Wang ve ark., 2017; Li ve ark., 2018c; 2018d) raporlanmıştır. Li ve ark. (2017b) da, fosfataz enzimi inhibe edilerek daha fazla fosforilasyon düzeyine sahip olan etlerin, post-mortem 24. saatten sonra gerek kontrol grubu etlerden gerekse daha düşük fosforilasyon düzeyli etlerden daha fazla MMb içerdiğini belirlemiştir. Ek olarak myoglobin fosforilasyonu ile etin renk stabilitesi arasındaki negatif korelasyon (Li ve ark., 2018c; 2018d) da bant 20 ile örtüşebilmektedir.



Şekil 4.8. Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeylerine göre bi-plot dağılımı

Sarımsak uygulamasından sonraki depolama zamanlarının ayırımında temel bileşen 2'nin de önemli olduğu görülmektedir. Post-mortem 24. saatten 96. saate doğru et örnekleri, temel bileşen 2'nin negatif bölgesinden pozitifine doğru bir dağılım göstermiştir. Post-mortem 24. saat örnekleri ile aynı bölgede bulunan 1, 2, 10 ve 16 proteinleri daha yüksek negatif özvektöre sahip olup; fosforilasyon düzeyleri 24. saat etlerinde daha yüksek; daha yüksek pozitif özvektörlü 12 ve 14 proteinlerde ise fosforilasyon düzeylerinin daha düşük olduğu ifade edilebilir. Aynı zamanda 1, 2, 10, 16, 18 ve 19 proteinleri daha yüksek fosforilasyonlu %0 (kontrol) grubu etler, daha düşük fosforilasyonlu 96. saat depolanan özellikle de %2 sarımsaklı etler ile karşıt bölgelerde yer almışlardır. Post-mortem 96. saat örneklerinin ayırımında 20 nolu protein bandı temel bileşen 1'de etkili olduğu kadar, temel bileşen 2 bakımından da 96. saat örneklerinde uygulanan sarımsak oranı üzerinde etkili olmaktadır. Sarkoplazmik protein bantlarının fosforilasyonundaki değişimler, özellikle glikolitik metabolizmada yer alan enzimler olduklarından 'etin glikolitik nitelikleri' başlığında daha detaylı tartışılmıştır.

4.2.3.2. Glikolitik nitelikler

Kesimden sonra kasta enerji metabolizmasında oksijenin azalmasına bağlı olarak anaerobik glikolitik metabolizma ile pürivik asitten laktik asit oluşmaktadır. Enerji metabolizması her ne kadar laktik asit oluşumu yönünde ilerlese de hayvansal gıda ürünlerinde olduğu gibi sitrik asit döngüsünde yer alan organik asitler, ette de bulunabilmektedir (Belitz ve ark., 2009). Et örneklerinin toplam organik asit konsantrasyonu 5898-9027 mg/kg arasında değişim göstermiştir (Ek 6). Depolama zamanı ve sarımsak uygulaması göz ardı edildiğinde laktik asit en yüksek konsantrasyonda (5556 mg/kg) belirlenen organik asit olup; onu sırasıyla asetik (1156 mg/kg), süksinik (1067 mg/kg), formik (247 mg/kg), sitrik (59 mg/kg) ve pürivik (30 mg/kg) asitler izlemiştir (Çizelge 4.8). Gerek sarımsak oranı gerekse depolama zamanı her bir organik asit konsantrasyonu üzerine önemli ($P<0.001$) bir etki yaratmıştır. Laktik asit post-mortem 6. saatte en az olup; 3905-6185 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Söz konusu değerler Pearson ve Gillet (1989)'in sığır etinin post-mortem 1.5 ve 24 saatte belirledikleri (sırasıyla 2880 ve 8820 mg/kg), ve Belitz ve ark. (2009) tarafından belirtilen (%0.2-0.8) değerler arasında tespit edilmiştir.

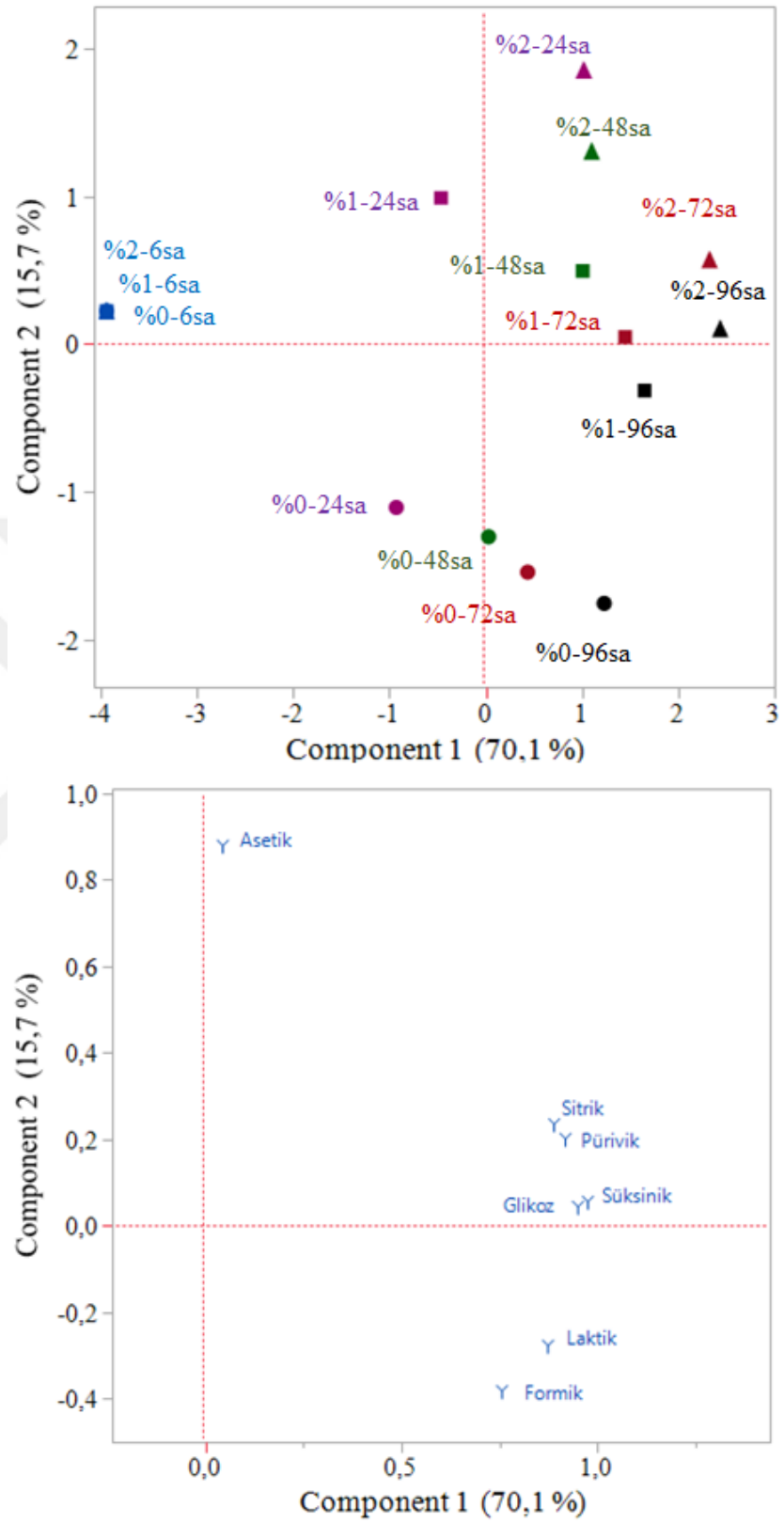
Çizelge 4.8. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin organik asit ve glukoz konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Organik asitler (mg/kg)						Glukoz (mg/kg)
	Laktik	Asetik	Süksinik	Formik	Sitrik	Pürivik	Toplam
%0 (kontrol)	5708±957X	978±212Y	1006±163Z	282±115X	37.5±26.6Z	26.1±8.00Y	8037±1150
%1	5530±878Y	1225±224X	1067±161Y	242±97.0Y	62.1±34.5Y	29.2±8.03Y	8155±1206
%2	5431±819Y	1264±284X	1129±188X	216±85.9Y	77.1±37.9X	34.1±9.07X	8151±1196
<i>P</i>	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.431
Post-mortem süre (B)							
6 saat	3905±240d	1097±21.1b	790±4.09c	71.7±24.7b	15.6±0.42d	18.3±0.50c	5898±235c
24 saat	5704±191c	1397±256a	1023±82.2b	295±50.7a	50.3±25.0c	30.1±7.51b	8499±246b
48 saat	6051±180ab	1281±335a	1141±102a	296±58.6a	57.0±25.0bc	30.6±7.88b	8857±392a
72 saat	6185±182a	1062±144b	1186±73.0a	265±42.7a	78.4±31.7ab	33.3±8.50ab	8810±143a
96 saat	5936±255b	941±224b	1195±127a	305±67.3a	92.9±34.0a	36.6±4.98a	8506±241b
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>AxB</i>	0.454	0.372	0.675	0.731	0.147	0.145	0.832

a,b,c: Post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Post-mortem et pH'sının yaklaşık 7'den 5.5'e azalması için kas dokusunda 5400-7200 mg/kg laktik asit oluşumunun gerektiği belirtilmiştir (Puolanne ve ark., 2002). Çalışmamızda post-mortem 24. saatte laktik asit belirtilen değerlere ulaşmıştır. Titrasyon asitliği değerlerinde gözlemlendiği gibi kontrol grubuna kıyasla sarımsak uygulanan etlerde depolama süresince daha az laktik asit oluşmuştur. Bu durum etin pH ve glukoz değerine de yansımış; yüksek pH değerleri ve glukoz konsantrasyonları elde edilmiştir. Dolayısıyla kesimden sonraki 6. saatte ete sarımsak uygulaması enerji metabolizması ya da kinaz enzimleri üzerine bir inhibisyon etki yaratmış olabilir. Çünkü böyle bir inhibisyon post-mortem ette daha az laktik asit üretimine ve yüksek bir pH'ya neden olmaktadır (Shen ve ark., 2008). Diğer yandan sarımsak uygulanmış etlerde yüksek asetik asidin de fosfofruktokinaz aktivitesini inhibe ederek glikoliz metabolizmasını inhibe ettiği, glukoz ve sitrik asitte artış yönünde bir etki yarattığı belirtilmiştir (Fushimi ve ark., 2001). Çalışmamızda da sitrik asit döngüsünde yer alan sitrik ve süksinik asit konsantrasyonları %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha fazla belirlenmiştir. Belitz ve ark., (2009) da taze ette daha az süksinik asit (%0.05); diğer sitrik asit döngüsü organik asitleri de tespit edilebilir seviyelerde belirlemedişlerdir. Abraham ve ark. (2017)'nin da sığır *L. lumorum* ve *P. major* kaslarında 'sitrik', 'pürivik' ve 'süksinik' asitlerde depolama boyunca belirlediği artma eğilimi bulgularımızla uyumlu olmaktadır.

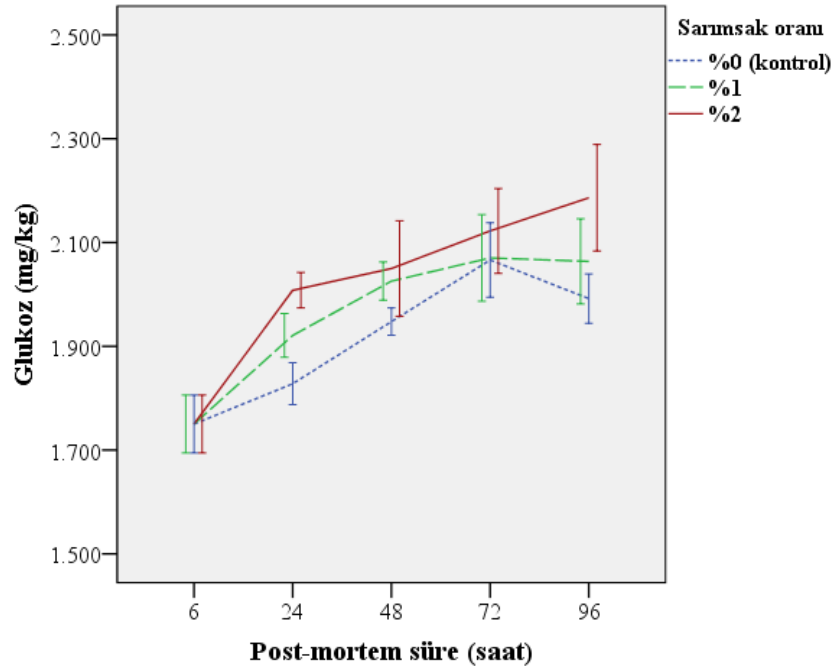
Organik asitlerde konsantrasyon farklılıkları et örneklerinin bi-plot dağılımında da belirgin olmuştur. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi, bi-plot dağılımında %2 sarımsak uygulanarak 24 ve 48 saat depolanmış etler grafiğin en üstünde yer alması, aynı bölgede bulunan asetik asidin anılan etlerde diğerlerinden daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu durumun birinci olası nedeni asetik aside enzimatik olarak koenzim-A'nın bağlanmasıyla oluşan asetil-koA'nın TCA döngüsüne katılması (Pearson ve Young, 1989) ve sitrik ve süksinik asitte artma; ikinci olarak da rumen metabolizmasında olduğu gibi asetik asitten formik asit oluşması (Kara ve ark., 2018) düşünülebilir. Asetik asit miktarı en yüksek 24. ve 48. saatlerde belirlenmiş; sonrasında ise azalma göstermiştir (Çizelge 4.8). Kontrol grubu etlerde daha fazla olan formik asit ve laktik asit de diğer organik asitlerden ayrılmıştır (Şekil 4.9). Dolayısıyla, et örneklerinin organik asit içeriklerine göre temel bileşen 2'nin negatif bölgesinden pozitifine doğru ayrıldığı görülmektedir.



Şekil 4.9. Et örneklerinin organik asit konsantrasyonuna göre bi-plot dağılımı

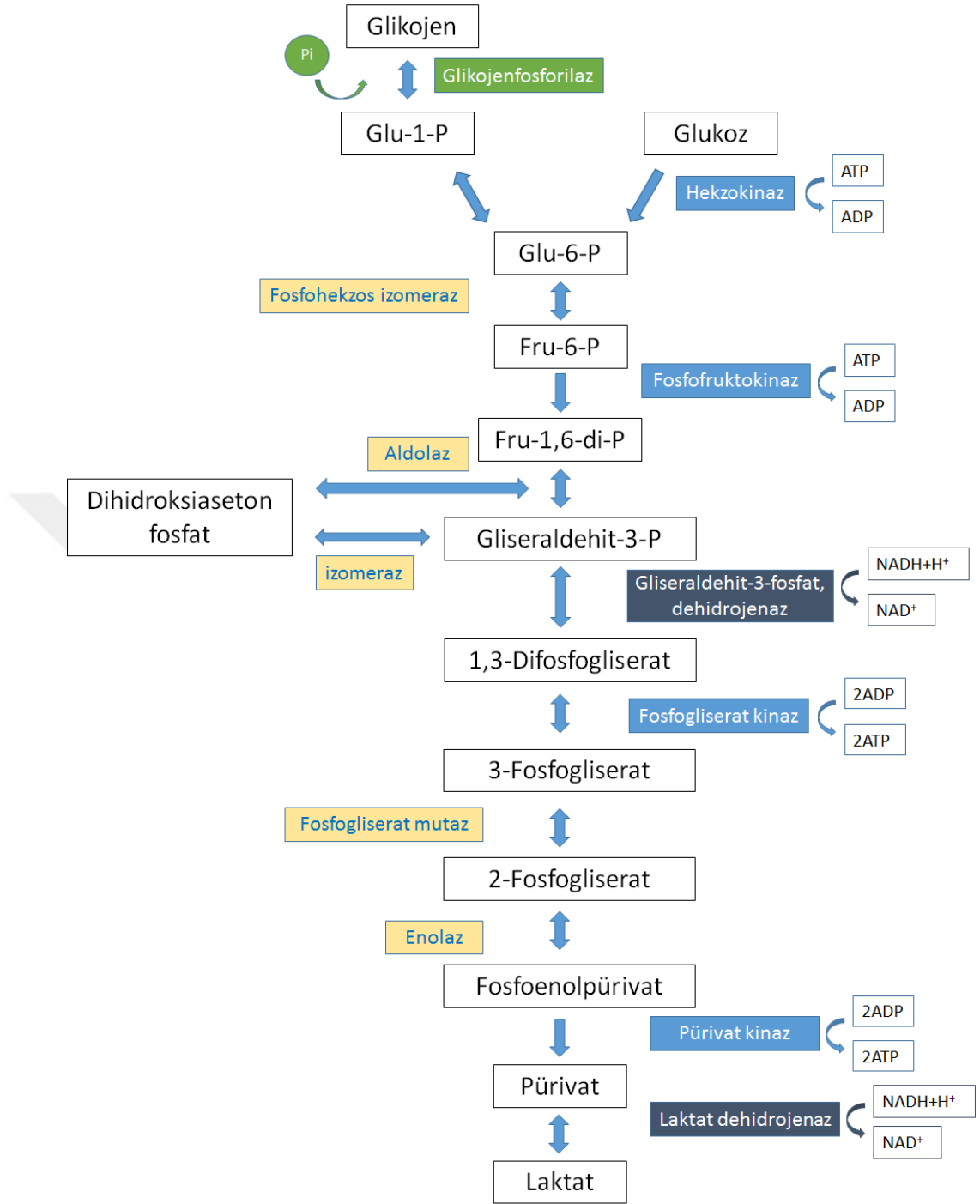
Glikolitik metabolizma, ilk olarak glikojenoliz ile depo polisakkarit glikojenden oluşan glukozun pürivata yıkımı ile oluşmaktadır. Glikolizin derecesi kasta mevcut glikojen rezervine (%1-2) bağlı olmaktadır. pH'nın azalmasına bağlı olarak glikolitik enzimlerde aktivitenin azalmasıyla mevcut glikojen rezervi olsa dahi pH'nın daha fazla azalma göstermeyeceği de belirtilmektedir (Kurt ve ark., 2005). Ancak glikojen rezervi ya da glukoz ırktan ırka, hayvandan hayvana hatta kastan kasa farklılık gösterebilmektedir (Pearson ve Young, 1989). Başlangıçta %0.9 olarak belirlenen glikojen miktarının post-mortem 24. saatte %0.4'e kadar azaldığı, ancak tamamen tüketilmediği bildirilmektedir (Li ve ark. (2018b). Dolayısıyla amiloliziz ile ette glukoz oluşabilmektedir (Lawrie ve Ledward, 2006).

Çalışmamızda et örneklerinde 1750-2186 mg/kg arasında belirlediğimiz glukoz; Koutsidis ve ark. (2008a; 2008b)'nın sığır *L. lomborum* kasında tespit ettikleri değerlerden 1320-1850 mg/kg biraz yüksek olmuştur. Lawrie ve Ledward (2006) ette glukozun %0.2 kadar olabileceğini ve bunun da büyük bir kısmının (%0.15) glukoz-6-fosfat; çok azının (%0.5) serbest glukoz olduğunu belirtmişlerdir. Bai ve ark. (2020c)'da post-mortem kasta glukoz ve glukoz-6-fosfat'ı yaklaşık sırasıyla 900 mg/kg ve 650 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Ette fermente olabilir şeker (glukoz, glukoz-6-fosfat ve türevleri) miktarının, bulgularımızla da uyumlu olarak, %0.3'ü fazla aşmadığı da belirtilmektedir (Gökalp ve ark.,2012). Ayrıca araştırmacılar ette glukoz miktarının, kesim sırasında kas glikojen miktarına bağlı olduğu için geniş bir varyasyon gösterebildiğini de belirtmiştir. Et örneklerinde glukoz miktarı depolama boyunca artma eğilimi göstermiş olup (Şekil 4.10); bu artış uygulanan sarımsak oranının artmasıyla daha fazla olmuştur (Çizelge 4.8). Sarımsak oranlarından kaynaklı bu farkın, post-mortem 24. saatte önemli ($P<0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Ek 6). Glukoz'da depolama sırasında benzer bir artma eğilimi daha önce yapılan çalışmalarda da raporlanmıştır (Bai ve ark., 2020c; Koutsidis ve ark., 2008b; Abraham ve ark., 2017). Daha önce de vurgulandığı gibi, kesimden sonra ete sarımsak uygulaması enerji metabolizmasında bir inhibisyon etki yaratmış olabilir. Sarımsağın glikoliz metabolizması üzerine inhibisyon etkisinin proteinlerde fosforilasyonun dolaylı bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Çünkü çoğu glikolitik enzim, farklı kinaz enzimleri ile hem *in vivo* hem *in vitro* olarak fosforile edilmekte ve fosforilasyon bu enzimlerin aktivitesini ya da stabilitesini etkilemektedir.



Şekil 4.10. Et örneklerinde glukoz konsantrasyonu

Orta ve yavaş pH düşüşü olan etlere kıyasla hızlı pH düşüşü olan etlerde, sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonunun pre-rigor aşamada daha yüksek olduğu ve daha fazla glikolitik enzim aktivitesine sahip olabilecekleri belirtilmiştir (Huang ve ark., 2011). Bu durum, çalışmamızda kontrol grubu etlerin daha fazla laktik asit; daha düşük pH değeri ve protein fosforilasyonunun sarımsak uygulanan etlerden daha fazla olmasıyla örtüşmektedir. Bir başka ifadeyle sarımsak uygulamasının etin sarkoplazmik proteinlerinde daha az fosforilasyona neden olması, etin glikolitik metabolizmasının inhibisyonuna neden olmuş olabilir. Şekil 4.11'den de görüldüğü gibi, glikoliz metabolizmasında yer alan glikojen fosforilaz, pürivat kinaz ve fosfofruktokinaz enzimleri glikolizin hızını sınırlandıran enzimlerdir (Li ve ark., 2017b; Wang ve ark., 2017; Chen ve ark., 2018; 2019a). Glikojen fosforilaz enzimi kasta, 'aktif olan fosforilasyon formu' ve 'inaktif olan defosforile formu' olarak 2 formda bulunmaktadır (Chen ve ark., 2016a; Zhang ve ark., 2016a; Wang ve ark., 2017; Liu ve ark., 2018). Glikojen fosforilaz fosforilasyonla aktif forma geçerek glikojenden glukoz-1-fosfat oluşumunu katalizlemekte (Chen ve ark., 2019a; Bai ve ark., 2020a; 2020b; 2020c), böylece glikolizi başlatmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Glikoliz metabolizması (Pearson ve Young, 1989)

Glikojen fosforilaz enzimi fosforilasyonla glikolizi hızlandırmakla birlikte (Li ve ark., 2017c; Chen ve ark., 2018; 2019b; Bai ve ark., 2020a), fazla glukoz-6-fosfat birikiminin glikojen fosforilazı defosforile ederek inaktif edebileceği belirtilmiştir (Li ve ark., 2015a; Bai ve ark., 2020c).

Bunun yanı sıra Chen ve ark. (2019a) post-mortem 48. saate kadar glikojen fosforilaz enziminin fosforilasyonu ile aktivitesi arasında pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuç, pH değeri daha düşük olan kontrol etinin S1 nolu protein bandında daha fazla belirlediğimiz fosforilasyon düzeyi ile uyumludur. Ayrıca gerek S1 gerekse S2 nolu protein bandının fosforilasyonu post-mortem 24. saatte daha fazla iken, sonrasında azalmıştır. Benzer şekilde Bai ve ark. (2020c) da, post-mortem pH düşüşünün hızlı olduğu etlerde post-mortem 24. saatten sonra glikojen fosforilaz enziminin fosforilasyonunda önemli ($P<0.05$) bir azalma belirlemişlerdir. Benzer bir diğer çalışmada, post-mortem süre boyunca glikojen fosforilazın fosforilasyonunun arttığı sonrasında azaldığı belirlenmiştir (Huang ve ark., 2011).

Pürivat kinaz enzimi (Şekil 4.11), fosfoenolpürivattan geri dönüşümsüz pürivik asit oluşumunu katalizlemektedir (Li ve ark., 2017c; Chen ve ark., 2018; 2019a; 2019b). Pürivat kinazın fosforilasyonla aside daha stabil kaldığı, aktivitesine devam ettiği ve artan fosforilasyonu ile daha hızlı glikoliz gelişimine ve daha fazla pH azalmasına neden olduğu belirtilmiştir (Huang ve ark., 2011; Li ve ark., 2017b; Liu ve ark., 2018; Chen ve ark., 2019a; Ren ve ark., 2020). Ek olarak Ijaz ve ark. (2022), kesimden sonraki post-mortem zamanlarda düşük pH değerli etlerde pürivat kinazda daha fazla fosforilasyon düzeyi belirlemiştir. Pürivat kinazın molekül ağırlığı, çalışmamızda belirlediğimiz S7-S9 bantları aralığına denk gelmektedir. Çizelge 4.7’den de görüldüğü gibi, bu proteinlerin ortalama fosforilasyon düzeyi istatistiksel olarak önemli olmasa da kontrol grubu etlerde daha fazla olmuştur. Yedi nolu protein, post-mortem 48. saatte yine kontrol grubu etlerde daha fazla fosforilasyon göstermiştir.

Fosfofruktokinazın, glikoliz metabolizmasının bir diğer sınırlandırıcı enzimi (Chen ve ark., 2016a; Liu ve ark., 2018) olup; Şekil 4.11’den de görülebildiği gibi fruktoz-6-fosfatın fruktoz-1,6-difosfata dönüşümünü katalizlemektedir (Chen ve ark., 2019a). Aynı zamanda yüksek glikolizin olduğu etlerde fosfofruktokinazın daha az fosforilasyon düzeyine sahip olduğu (Huang ve ark., 2012); benzer bir durumun sarkoplazmik proteinlerde (Huang ve ark., 2011) de gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu sonuçların ilki, daha fazla glikolizin olduğu düşünülen kontrol etlerinin S3 protein bandının daha az fosforilasyonu ile uyumlu olsa da; ikincisi kontrol grubu etlerin sarkoplazmik proteinlerinin toplam fosforilasyon düzeyinin daha fazla olması bakımından uyumlu değildir.

Nitekim Chen ve ark. (2019a), fosfofruktokinazın fosforilasyonu ile aktivitesi arasında pozitif bir ilişki olduğunu; Ijaz ve ark. (2022) da benzer olarak fosfofruktokinazın daha düşük fosforilasyonunun ise glikolizi inhibe edebileceğini sonuçta ette daha yüksek pH değeri oluşabileceğini belirtmişlerdir. Belirlediğimiz sarkoplazmik protein bantları arasında S13 ve S17 proteinlerinin ortalama fosforilasyon düzeyleri sarımsak uygulanmayan kontrol grubu etlerde daha az belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Buradan hareketle Çizelge 4.6’da verilen molekül ağırlıkları da göz önüne alındığında bu protein bantları sırasıyla gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz ve triozfosfat izomeraz enzimlerini içerebilir. Gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz enzimi, nikotinamid adenin dinükleotid (NAD) koenzimi varlığında gliseraldehit-3-fosfatı 1,3-difosfogliserata dönüştürmektedir (Li ve ark., 2017c). Gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenazın fosforilasyon düzeyi ile pH, glikojen, ATP arasında negatif bir ilişki olduğu (Li ve ark., 2015b); fosforilasyonla aktivitesinin azalarak glikolizi inhibe edilebildiği belirtilmiştir (Zhang ve ark., 2016a; Li ve ark., 2017c; Ijaz ve ark., 2022). Triozfosfat izomeraz glikoliz metabolizmasında dihidroksi aseton fosfattan gliseraldehit-3-fosfatın geri dönüşümlü olarak oluşumunu katalizlemektedir (Şekil 4.11). Triozfosfat izomerazın fosforilasyonu ile katalitik aktivitesinin azalmasına (Wang ve ark., 2017) bağlı olarak glikoliz hızının da azalabileceği, yavaş pH düşüşü olan grupta daha fazla fosforilasyon düzeyine sahip olduğu için daha az aktivite gösterdiği belirtilmiştir (Huang ve ark., 2011).

Sonuç olarak, gerçekleştirilen fosfoproteomik analizlerle birlikte sarımsak uygulanan etlerde;

- (1) daha az laktik asit gelişimi,
- (2) pH değerinin daha fazla olması,
- (3) daha fazla glukoz ve pürivik asit içermesi,
- (4) TCA döngüsünde yer alan organik asitler ile asetik asit miktarının da yüksek olması, sarımsağın post-mortem enerji metabolizmasını protein fosforilasyonu yoluyla inhibe etmesinden kaynaklanabilir.

Diğer yandan çalışmamızda et örneklerinin serbest yağ asitleri analizinde öjenik ve benzoik asitler de belirlenmiştir. Serbest yağ asitleri preparatif kolon kromatografisi ile alüminyum oksit adsorbantında tutulurken gliseridler ise eluatla ayrılmaktadır. Bu kolonda benzer kimyasal yapıdaki bazı asitler de tutulduklarından kromatografik olarak ayrılmaları ve tanımlanmaları mümkün olmaktadır. Bu anlamda, yağ asitleri ile birlikte

rutin olarak ve fazla miktarda belirlenen bileşenlerden biri benzoik asit 3.13-4.08 mg/kg yağ arasında belirlenmiştir. Hayvanın beslendiği yem ve/veya otlar benzoik asidin kaynağı olabilirler. Süt gibi hayvansal ürünlerde de doğal olarak bulunabildiği belirtilen (Tekin ve Güler, 2019) benzoik asit, rumen metabolizmasının da doğal bir ürünü olabilmektedir. Öjenik asit, sadece sarımsak uygulanmış etlerde belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Hem benzoik hem de öjenik asidin en fazla ($P<0.05$) %2 sarımsak uygulanmış etlerde belirlenmesi, sarımsağın anılan asitleri içermesinden kaynaklanabilir. Her iki bileşen de depolama zamanları bakımından önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin öjenik ve benzoik asit konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Öjenik asit (mg/kg yağ)	Benzoik asit (mg/kg yağ)
%0 (kontrol)	-	3.05±1.14Y
%1	2.47±0.86Y	3.09±1.18XY
%2	3.28±1.68X	3.60±1.32X
<i>P</i>	0.027	0.027
Post-mortem süre (B)		
6 saat	-	3.14±1.14
24 saat	2.09±0.85	3.13±1.13
48 saat	3.47±1.79	3.15±1.31
72 saat	2.79±1.44	3.20±1.49
96 saat	3.15±1.02	3.59±1.06
<i>P</i>	0.054	0.479
<i>AxB</i>	0.149	0.432

X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

4.2.3.3. Proteolitik nitelikler

Kasın ete dönüşümü süresince meydana gelen bir diğer önemli biyokimyasal süreç proteolizdir. Bu süreçte ette gerek tekstürün yumuşaması gerekse tat ve aromanın gelişimi için belli bir düzeyde proteolizin olması istenmektedir. Proteoliz, kesimden sonra doğal kas proteazlarının aktivitesi ile başlamakta; kasta ilk olarak kalpain ve katepsin proteinazları aktivite göstermektedir. Titin ve nebülün gibi büyük moleküllere etkili olan kalpainler Z-diskinde bulunan nötral pH da aktivite gösteren endopeptidazlardır.

Glikolitik metabolizma sonucu pH'nın azalmasıyla birlikte lizozomal proteinazlar olan katepsinler proteolizde etkili olmaktadır. Kalın (myosin) ve ince filamentlerde bulunan aktin, tropomyosin ve troponin gibi proteinlerin parçalanmasıyla oluşan peptitler ise endopeptidazlar ile serbest amino asitlere parçalanmaktadır (Pearson ve Young, 1989; Kaur ve ark., 2021). Oluşan amino asitler şekerlerin varlığında et aromasına katkıda bulundukları gibi, uçucu diğer bileşenlerin oluşumuna da öncülük edebilmektedir (Pearson ve Gillet, 1996; Toldra, 2012a).

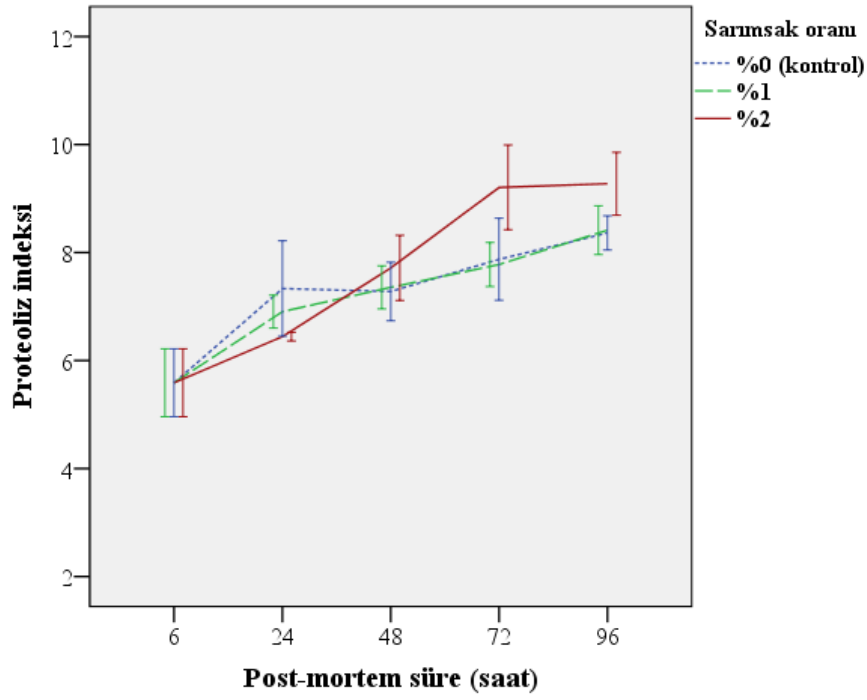
Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerin proteolitik nitelikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Et örneklerinin protein olmayan azot miktarının (NPN) 541-908 mg/100g kurumadde arasında olduğu belirlenmiştir (Ek 8). Lawrie ve Ledward (2006), NPN miktarının et proteinlerin yaklaşık %1.5'ini oluşturduğunu belirtmiştir. Nollet ve Toldra (2009) da et örneklerinde NPN miktarında (mg/100g kurumaddeye) depolamayla önemli bir artış (541'den 852'ye) belirlemişlerdir.

Çizelge 4.10. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin proteolitik niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	NPN*	Proteoliz indeksi [‡]	Toplam [¶] FAAs
%0 (kontrol)	722±161	7.29±1.36	495±37.7
%1	707±135	7.21±1.18	497±31.6
%2	746±160	7.65±1.74	514±39.4
<i>P</i>	0.649	0.445	0.078
Post-mortem süre (B)			
6 saat	541±98c	5.59±0.94d	484±4.25
24 saat	680±111b	6.89±0.90c	506±42.2
48 saat	737±97ab	7.45±0.81bc	502±49.3
72 saat	814±125a	8.29±1.22ab	515±39.7
96 saat	852±91a	8.68±0.82a	504±28.9
<i>P</i>	0.000	0.000	0.140
<i>AxB</i>	0.928	0.709	0.771

[‡]Protein olmayan azot (NPN, Non-protein nitrogen, mg/100g kurumadde); ^{*}NPN miktarının toplam azot (TN) miktarına oranı (%); [¶]FAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100g kurumadde). a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Daha önce de ifade edildiği gibi, depolama zamanları bakımından et örneklerinin protein içeriği benzer tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Ancak ‘proteoliz indeksi’ yani NPN miktarının toplam azot miktarına oranı Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, depolamayla önemli bir artma (5.59’dan 8.68) göstermiştir. Bruas-Reignier ve Brun-Bellut (1996)’un post-mortem 3. günde sığır etinde belirledikleri proteoliz indeksi (8.5-8.9) bulgularımız ile benzerlik göstermektedir. Depolama süresinin NPN ve proteoliz indeksi üzerine etkisi önemli ($P<0.001$) olurken; toplam FAA konsantrasyonu üzerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Depolamanın proteoliz indeksini artırma yönündeki etkisinin sarımsak uygulanmış etlerde; NPN miktarı bakımından %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir (Ek 8). Depolama süresini göz ardı ettiğimizde ete uygulanan sarımsak oranları söz konusu proteolitik niteliklerde önemli bir farklılığa neden olmamıştır (Çizelge 4.10). Sadece toplam FAA miktarı, depolamanın sonunda %2 sarımsak uygulanmış etlerde diğerlerinden daha yüksek ($P<0.05$) olmuştur (Ek 8).



Şekil 4.12. Et örneklerinde proteoliz indeksi

Çizelge 4.11. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin serbest amino asit konsantrasyonuna etkisi

FAAs	Sarımsak oranı (%)			P	Post-mortem süre (saat)					P	AxB
	0	1	2		6	24	48	72	96		
Arg+Thr+Ala	211±25.5	212±21.8	223±25.6	0.089	193±3.00b	219±26.0a	219±28.7a	223±25.9a	222±19.1a	0.001	0.905
Gly+Gln	61.7±3.75	62.1±3.99	63.5±3.96	0.454	62.4±4.09	61.2±4.33	60.4±3.91	64.5±2.58	63.6±3.68	0.238	0.987
Phe+Trp	39.2±5.11	38.5±5.00	40.4±5.67	0.378	41.4±1.94	38.7±5.28	39.3±6.42	40.0±5.94	37.4±5.29	0.257	0.995
His	34.2±5.73	34.2±5.57	34.4±6.72	0.996	33.8±8.24	34.0±5.18	33.8±5.37	35.2±5.55	34.3±5.90	0.992	1.000
Pro	33.3±4.88	34.5±4.53	34.4±4.89	0.796	34.6±3.41	33.5±5.19	33.0±5.57	34.7±4.94	34.7±4.94	0.943	0.995
Ile+Leu	21.6±3.93	20.9±3.60	21.1±3.81	0.718	18.2±0.73b	21.4±4.40a	21.4±4.60a	22.7±3.46a	22.2±2.76a	0.005	0.999
Glu	20.6±4.79	20.5±4.26	20.4±4.23	0.957	25.2±2.12a	22.5±3.49b	20.1±3.53c	18.3±3.64cd	16.5±2.8d	0.000	1.000
Lys	15.8±1.78Y	17.1±1.74XY	18.8±2.83X	0.004	16.2±1.45	16.8±2.87	17.2±2.39	17.7±2.41	18.0±3.04	0.445	0.699
Asp	15.6±6.05	14.9±6.07	13.7±4.87	0.361	19.7±5.26a	15.1±5.11b	13.6±4.23b	13.8±6.35b	11.4±4.02b	0.000	0.998
Ser+Asn	18.2±1.16Y	18.3±1.15Y	19.5±1.47X	0.002	17.3±0.47b	18.5±1.9a	19.1±1.26a	19.4±0.87a	19.2±1.05a	0.001	0.211
Cys	9.18±0.69X	8.77±0.55Y	8.58±0.60Y	0.001	9.06±0.78	8.99±0.53	8.75±0.68	8.83±0.76	8.59±0.44	0.170	0.844
Tyr	5.38±1.80Y	6.40±1.97Y	7.96±2.48X	0.001	3.73±0.58b	7.28±2.58a	7.45±2.11a	7.15±2.01a	7.30±1.59a	0.000	0.697
Val	5.92±0.59	5.89±0.53	6.31±0.72	0.126	5.64±0.27	6.07±0.64	5.97±0.64	6.47±0.67	6.05±0.69	0.106	0.809
Met	3.34±0.30X	2.93±0.33Y	2.77±0.35Y	0.000	2.94±0.11	2.94±0.39	2.96±0.48	3.29±0.41	2.93±0.46	0.085	0.402

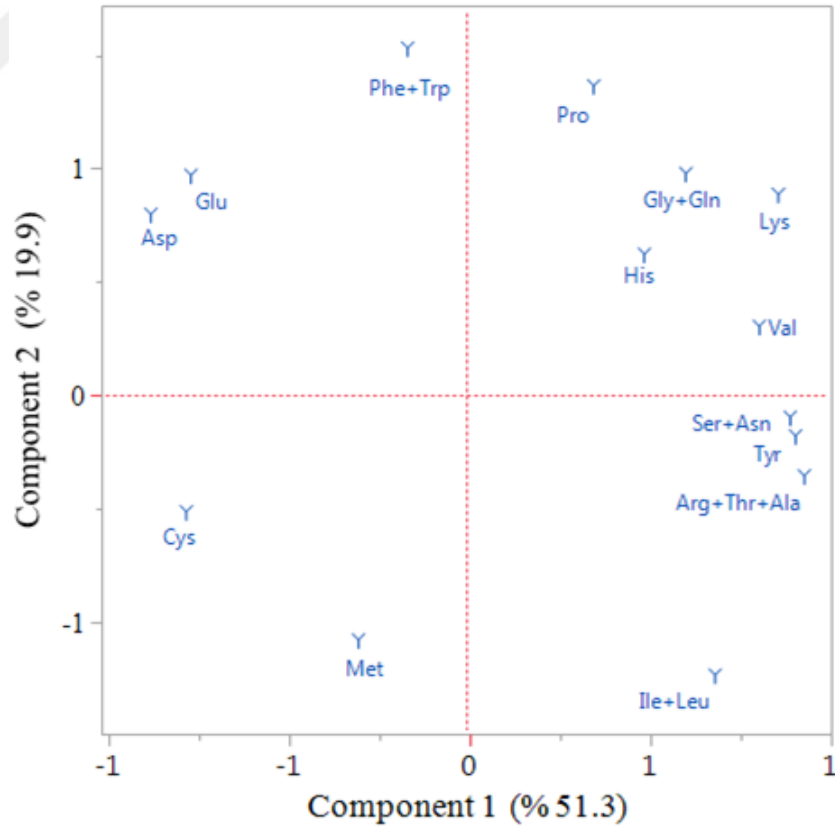
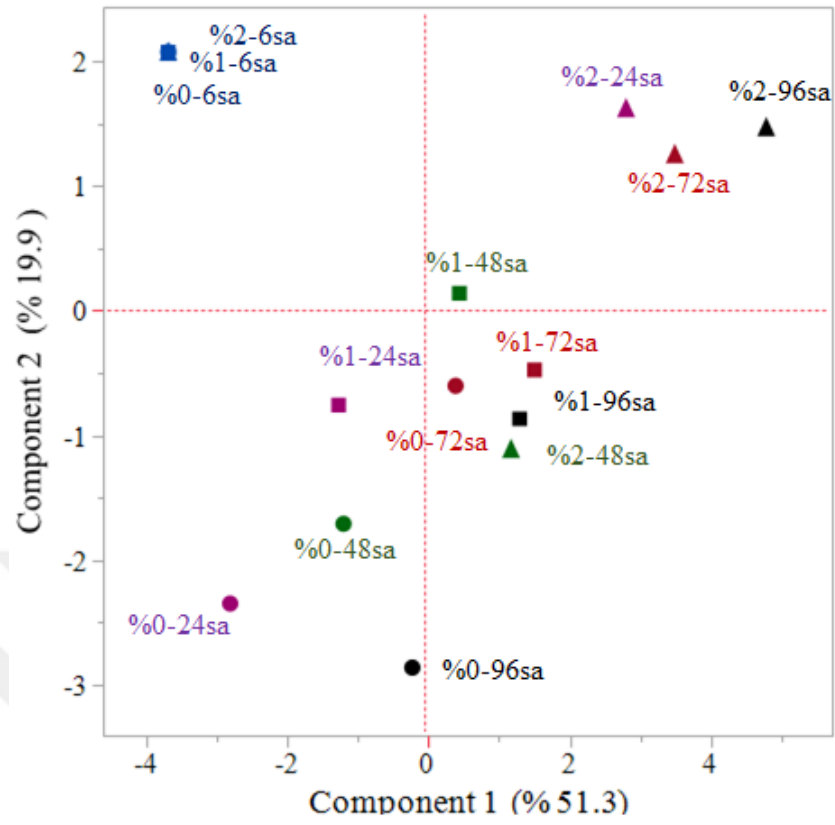
[†]FAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100g kurumadde). a,b,c: Post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerin FAA miktarları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Et örneklerinin toplam FAA miktarı 484-530 mg/100g kurumadde arasında değişmiştir (Ek 9). Belirlenen toplam FAA miktarı taze ette belirtilen miktarlar (%0.1-0.3) arasında yer almıştır (Belitz ve ark., 2009). Depolama boyunca toplam amino asitlerin arttığı (Koutsidis ve ark., 2008b) ve 2°C’de 10 gün depolanan sığır etinde toplam FAA miktarının 68 mg/100g’dan 204 mg/100g’a yükseldiği belirtilmiştir (Triki ve ark., 2018).

Depolama boyunca et örneklerinde en fazla miktarda (mg/100g kurumadde) belirlenen amino asit Arg+Thr+Ala (215) olup; onu sırasıyla Gly+Gln (62.4), Phe+Trp (39.4), His (34.3), Pro (34.1), Ile+Leu (21.2), Glu (20.5), Lys (17.2), Asp (14.7), Ser+Asn (13.0), Cys (8.84), Tyr (6.58), Val (6.04) ve Met (3.01) amino asitleri izlemiştir. Benzer şekilde alanin taze ette en fazla bulunan amino asit olarak rapor edilmiştir (Lawrie ve Ledward, 2006; Belitz ve ark., 2009; Koutisidis ve ark., 2008a; 2008b). Gerek uygulanan sarımsak oranının gerekse depolama zamanının etkisi, amino asitten amino aside göre farklılık göstermiştir.

FAA konsantrasyonunda meydana gelen değişimler temel bileşen analizinden elde edilen bi-plot grafiğinde (Şekil 4.13) de gözlemlenebilmektedir. Depolamanın 24. saatinden 96. saatine doğru et örneklerinin temel bileşen 1’in; uygulanan sarımsak oranının %0’dan %2’ye artmasıyla da temel bileşen 2’nin negatif bölgesinden pozitifine doğru gruplanmıştır. Arg+Thr+Ala, Ile+Leu, Ser+Asn ve Tyr amino asitlerinde depolamayla birlikte önemli bir artma olup; bu amino asitlerin diğerlerinden ayrılarak bi-plot grafiğin sağ alt kısmında yer aldıkları görülmektedir. Post-mortem 6. saatte et örnekleri, diğer depolama zamanlarından ayrılarak bi-plot grafiğin sol üst bölgesinde gruplanmıştır. Asp ve Glu amino asitlerinin post-mortem 6. saat örnekleriyle bi-plot grafiğin aynı bölgesinde yer almaları, bu amino asitlerin başlangıç et örneklerinde diğer depolama zamanlarına kıyasla önemli düzeyde daha fazla olduğunun bir göstergesi olabilmektedir.

Koutsidis ve ark. (2008b), ette tüm amino asitlerin depolamayla arttığını belirlemiştir. Benzer bir artış Triki ve ark. (2018) tarafından da rapor edilmiş, hatta Glu asidin Asp aside göre depolama boyunca daha fazla arttığı ifade edilmiştir. Bu farklılık post-mortem endopeptidazların substrat seçiciliğinden ve aktivitelerinin farklılığından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.13. Serbest amino asit konsantrasyonuna göre et örneklerinin bi-plot dağılımı

Aminopeptidazlarının substrat spesifikliği ‘alanil aminopeptidazlar’da diğerlerinden daha fazla olduğu ve Phe, Lys, Met, Leu, Arg, Ala, Tyr, Ser, Pro, Val ve Gly amino asitlerini hidroliz ettiği; Asp ve Glu amino asitlerinin oluşturan ‘glutamil aminopeptidazı’nın aktivitesinin oldukça sınırlı olduğu ve ırktan ırka farklılık gösterebileceği belirtilmiştir (Toldra ve ark., 1995).

Arg+Thr+Ala amino asitlerinde ilk 6 saatten sonra önemli düzeyde artma, ette en fazla miktarda bulunan karnosin (β -alanil-L-histidin) dipeptidinin (Belitz ve ark., 2009) parçalanmasından kaynaklanabilir (Koutsidis ve ark, 2008b). Umami tatla ilişkilendirilen Asp ve Glu amino asitlerinin kesimden sonra (6 saat) daha fazla belirlenmesi, daha sonra önemli bir şekilde azalması ya amid formuna (sırasıyla Asn ve Gln) dönüşümünden ya da enerji metabolizmasında kullanılmalarından kaynaklanmış olabilir. Bu amino asitler aspartat aminotransferaz sistemi ile okzaloasetat ve α -ketoglutarat yollarından sitrik asit döngüsüne katılarak metabolize olabilmektedirler (Pearson ve Young, 1989; Vierck ve ark, 2020). Asp ile karşılaştırıldığında Glu asidin depolamayla daha fazla azalması (Ek 9), glutamik asidin sitrik asit döngüsüne katılmadan dekarboksilasyonla γ -amino bütirik (GABA) asit oluşturmasından kaynaklanabilir.

Arg+Thr+Ala amino asitlerinde ve Tyr miktarında depolamayla birlikte görülen önemli ($P<0.001$) artma, özellikle %2 sarımsak uygulanmış etlerde belirlenmiştir (Ek 9). Çoğu hayvansal üründe proteolizin bir indikatörü olarak değerlendirilen Tyr’nin depolama sırasında %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha yüksek olması bu grupta daha fazla proteolize işaret edebilir. Artan sarımsak oranı ile Tyr’nin düzenli bir şekilde artışı bu durumu doğrular niteliktedir. (Çizelge 4.11). Diğer yandan sarımsak uygulamasının depolamayla daha fazla Ser+Asn ve Lys oluşturabileceği de gözlemlenmiştir (Ek 9). Ancak depolama zamanlarını göz ardı ettiğimizde bu amino asitler Tyr’de olduğu gibi artan sarımsak oranı ile önemli düzeyde artmamışlardır (Çizelge 4.11).

Pro, Gly+Gln, Lys, Val ve His amino asitleri bi-plot grafiğin sağ üst bölgesinde yer almış olup; yine bu bölgede yer alan %2 sarımsak uygulanmış etlerde (48 saat dışında) daha yüksek belirlenmişlerdir (Ek 9). Onlar arasında glisin amino asidi fibröz proteinlerin sarmal (heliks) yapısının oluşumu için oldukça karakteristik niteliklere sahip: yan zinciri olmayan tek amino asittir ve merkezi konuma yerleşebilecek kadar küçüktür. Gly ile birlikte prolin ve hidroksiprolin imino asitlerinin oluşturduğu 3 ardışık dizilim, heliks yapının stabil ve bir kadar da esnek olmasını sağlamaktadır (Pearson ve Young, 1989).

Met ve Cys sülfür içeren amino asitler olup; ortalama miktarlarının kontrol grubu etlerde sarımsak uygulananlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir ($P<0.001$). Bu anlamda, bi-plot grafiğinden açıkça görülebildiği gibi, anılan amino asitler diğerlerinden ayrılmıştır (Şekil 4.13). Bu durum Koutsidis ve ark. (2008b)'nın da belirttiği gibi anılan amino asitlerin sülfürlü bileşenlere (sırasıyla metantiyol ve hidrojen sülfid) parçalanmalarından kaynaklanmış olabilir (Paczkowski ve Schütz, 2011).

Özetle uygulanan sarımsak oranları arasında gerek NPN miktarı gerekse proteoliz indeksleri ve toplam FAA miktarı bakımından önemli bir farklılık oluşmamıştır. Ancak, yukarıda söz edilen bazı amino asitlerde artan sarımsak oranı bir artış yaratmıştır. Bu durum, taze ezilmiş sarımsağın, et yüzeyini kaplayarak oksijen temasını engellemesi ile OMB (Fe^{+2})'nin MMb (Fe^{+3})'e oksidasyonu sonucunda oluşan serbest radikallerin, Suman ve Joseph (2013)'in de belirttiği gibi proteolizi artırmış olmasından kaynaklanabilir. Çünkü protein oksidasyonu da lipidlerin oksidasyonu gibi serbest radikallerin zincirleme reaksiyonuyla gerçekleşebilmektedir. Lipit oksidasyonu sırasında oluşan peroksi radikalleri çeşitli reaksiyon zincirleriyle protein moleküllerinin hidrojen atomu tarafından absorbe edilebilmektedir. Böylece protein oksidasyonu özellikle proteinlerin reaktif amino asit kalıntılarının nitrojen ve sülfür içeren merkezleri ile lipit hidroperoksitlerinin ya da aldehitler veya indirgen şekerler gibi ikincil oksidasyon ürünleri arasındaki interaksyondan oluşmaktadır (Falowo ve ark, 2014). Polivinil paketlere sarılan etlerin, yüksek oksijenle modifiye paketlenenlerden daha fazla FAA içermesi bu duruma örneklemektedir (Vierck ve ark, 2020). Özellikle yüksek konsantrasyonda sarımsağın köftelerde prooksidatif bir etkiye sahip olabileceği belirtilmiştir (Nieto ve ark., 2013; Korkmaz Mutlu, 2022).

Ek olarak, sarımsağın myofibriler proteinlerin fosforilasyonunda sağladığı kısmi azalma proteolitik aktiviteyi açıklayabilecek ikinci olası bir durumdur. Çünkü myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyindeki azalmayla kalpainlere daha hassas hale geldikleri ve bazı proteinlerde daha fazla parçalanma olduğu belirtilmektedir (Li ve ark., 2017a; 2017b; 2018a). Sarımsak uygulanan etlerin myofibriler proteinlerinde toplam fosfor miktarı daha az olmuştur (Çizelge 4.3). Ayrıca MyLC2 ile ilişkili olabilen 11 nolu proteinin fosforilasyon düzeyi en az %2 sarımsak uygulanmış etlerde belirlenmiştir. MyLC2'nin fosforilasyon düzeyinin azalmasıyla hem kendisinin hem de MyHC'nin daha fazla parçalanabilmesi (Cao ve ark., 2019) de bu durumu destekler niteliktedir.

4.2.3.4. Lipolitik nitelikler

Kesimden sonra lipitlerin kas lipaz ve fosfolipazları ile hidrolizi sonucunda oluşan serbest yağ asitlerinin bazıları direkt olarak; bazıları ise uçucu bileşenlere okside olarak etin tat ve aromasında etkili olmaktadır (Ansorena ve ark., 2000; Sidira ve ark., 2015). Et örneklerinin lipolitik nitelikleri, lipoliz sonucu oluşan serbest yağ asitleri ve oksidasyonu belirten peroksit değeri ve tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (TBARS) miktarı bakımından değerlendirilmiştir.

Et örneklerinin depolama boyunca toplam FFA miktarı 922'den 1522 mg/100g yağa yükselmiştir ($P<0.001$). Bulgularımız ile benzer miktarda belirlenen serbest yağ asitlerinde (Rahman ve ark., 2021) de depolamayla artma olduğu rapor edilmiştir (Al-Rubeii ve ark., 2009). Sarımsak uygulanan etlerin ortalama toplam FFA miktarı, uygulanmayan etlerden daha fazla olsa da bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin lipolitik niteliklerine etkisi

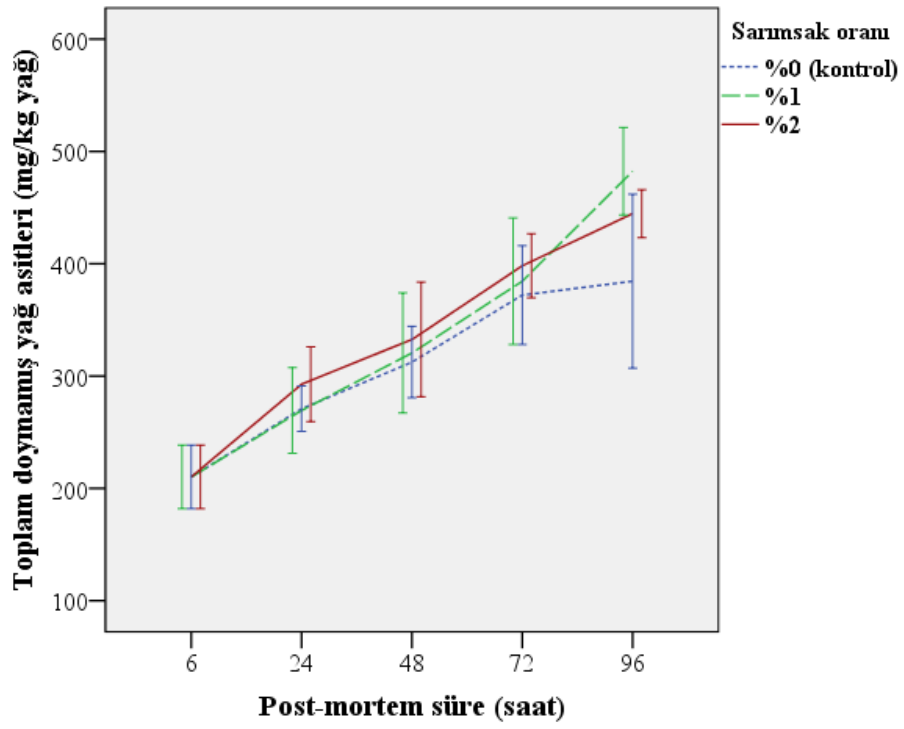
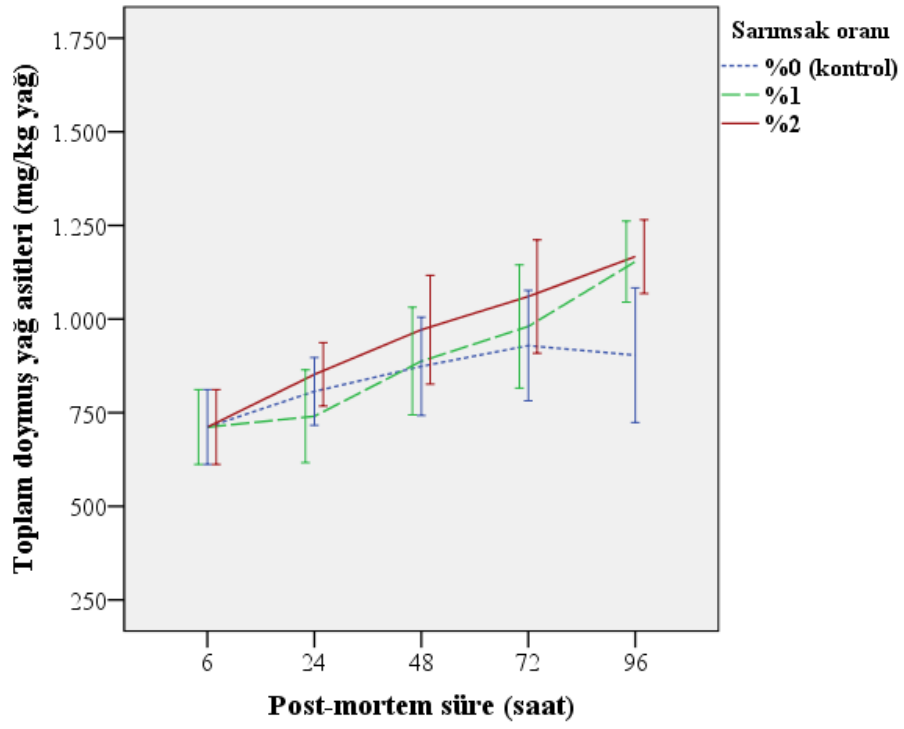
Sarımsak oranı (A)	Toplam [†] FFAs	Peroksit değeri [‡]	TBARS [§]
%0 (kontrol)	1150±172	3.92±2.39Y	0.58±0.18Z
%1	1228±193	4.01±2.26Y	0.71±0.22Y
%2	1288±171	5.05±4.41X	0.81±0.22X
<i>P</i>	<i>0.441</i>	<i>0.003</i>	<i>0.000</i>
Post-mortem süre (B)			
6 saat	922±117c	1.16±0.50e	0.42±0.04d
24 saat	1078±129bc	2.20±0.72d	0.66±0.20c
48 saat	1233±173abc	4.08±1.41c	0.72±0.18bc
72 saat	1375±187ab	5.24±1.71b	0.79±0.16b
96 saat	1512±184a	8.95±2.85a	0.90±0.16a
<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
<i>AxB</i>	<i>0.971</i>	<i>0.000</i>	<i>0.001</i>

[§]TBARS: Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (Thiobarbutyric acid reactive substrates, mg MDA/kg); [‡]Peroksit değeri (meq O₂/kg yağ); [†]FFAs: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids, mg/100g yağ). a,b,c: Post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Bu durum, oksidasyonla serbest yağ asitlerinin uçucu bileşenlere parçalanmasından kaynaklanmış olabilir. Et örneklerinde belirlenen toplam FFA miktarının %73'ünü doymuş (SFA); %27'sini de tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) oluşturmuştur. Bu oran Nollet ve Toldra (2009)'nın da belirttiği gibi etin yağ içeriğine bağlı olarak değişebilmektedir. Yağsız etin (lean) doymamış yağ asitleri oranı %50'nin üzerinde olup; yağ içeriği %10-20 arasında olan etlerde %50'den daha az olduğu belirtilmiştir. Bu durum, Barros ve ark. (2011) tarafından yapılmış çalışmayla da desteklenmiştir. Araştırmacılar, çalıştığımız et örneklerinin yağ miktarının (31 g/100g kurumadde) neredeyse yarısı kadar (16 g/100g kurumadde) yağ içeren sığır eti köftelerinde SFA ve MUFA'nın toplam yağ asitlerine oranını sırasıyla %58 ve %40 olarak belirlemiştir. SFA ve MUFA miktarı (mg/100g yağ) depolamanın başlangıcından sonuna doğru sırasıyla 712'den 1075'e ve 210'dan 437'ye ($P<0.001$) yükselmiştir (Şekil 4.14).

Depolama boyunca SFA miktarında %51 oranında bir artma olurken, bu oran MUFA'nde %108 olarak belirlenmiştir. Bu durum desaturasyonda belirgin bir artışı da göstermektedir. Ayrıca, trigliseritlere göre daha fazla doymamış yağ asitlerine sahip olabilen fosfolipitler, daha fazla hidroliz olmuş olabilir. Uygulanan sarımsak oranının artmasıyla toplam SFA ve MUFA miktarı artma eğiliminde olsa da istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmamıştır. Serbest yağ asitlerinde artmayla birlikte yağ asitlerinin parçalanma ürünü alkol ve aldehitlerin de artması, uygulamalar arasında SFA ve MUFA benzerliğinin nedeni olabilmektedir. Yağ asitlerinin anılan oksidasyon ürünleri çalışmanın 'uçucu bileşenler' başlığı altında tartışılmıştır.

Palmitik, stearik ve oleik asitler (Lawrie ve Ledward, 2006) kas lipidlerinde en fazla bulunan yağ asitleri olmaları dolayısıyla et örneklerinde en fazla miktarda (mg/100g yağ) bulunan serbest yağ asitleri (sırasıyla 441, 391 ve 290) olup; toplam FFA'nin %90'ını oluşturmuştur. Barros ve ark. (2011) da benzer bir oran (%86) belirlemiştir. Bu yağ asitlerini ise sırasıyla palmitoleik (C16:1, 32.9), miristik (C14:0, 25.5), kaproik (C6:0, 15.2), margarik (C17:0, 8.77), pentadekanoik (C15:0, 6.15), kaprilik (C8:0, 3.62), kaprik (C10:0, 2.76), miristoleik (C14:1, 2.52), laurik (C12:0, 2.33) yağ asitleri izlemiştir.



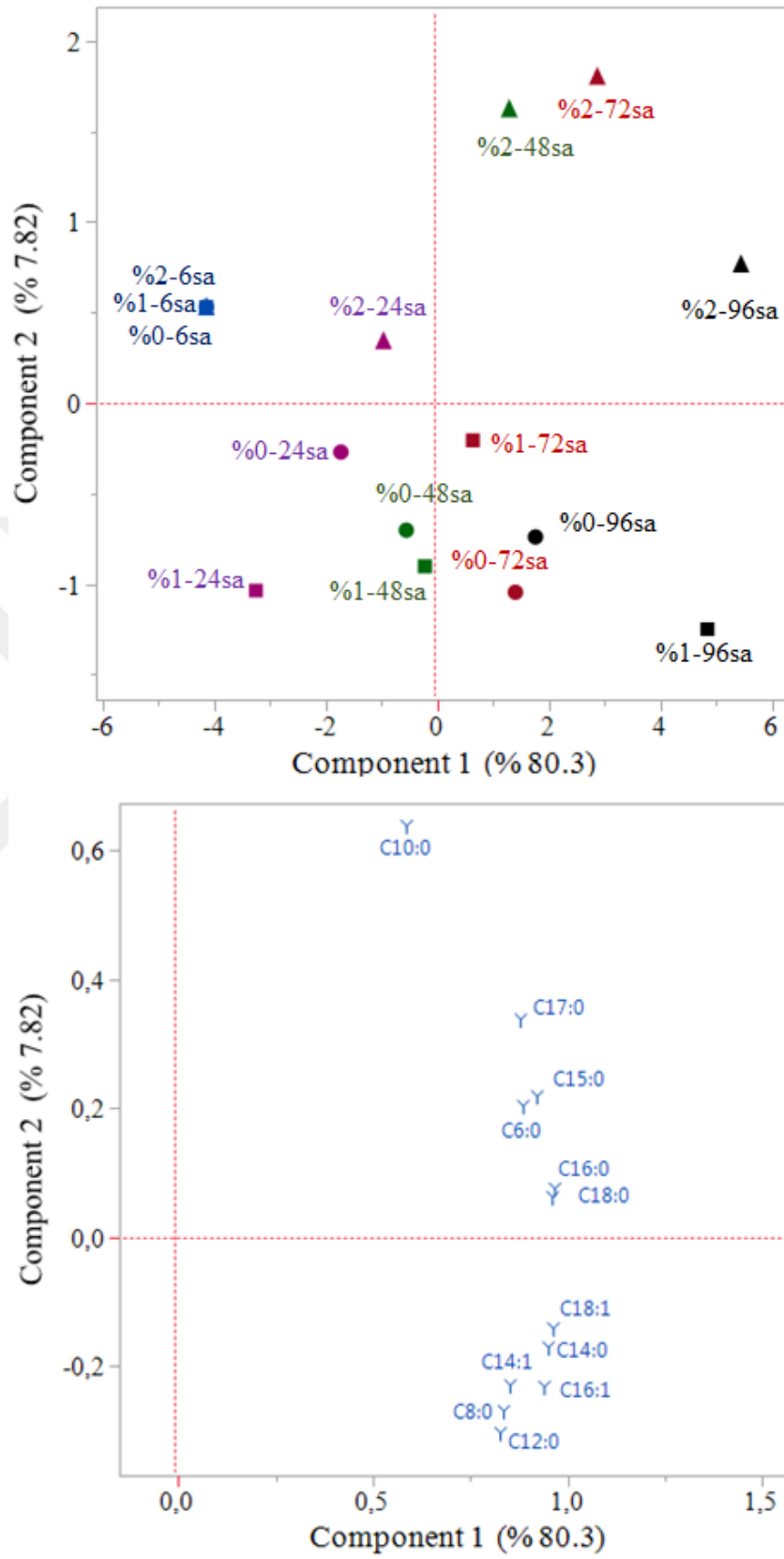
Şekil 4.14. Et örneklerinde serbest yağ asitleri

Çizelge 4.13. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi

FFAs ^τ	Sarımsak oranı (%)				Post-mortem süre (saat)					P	AxB
	0	1	2	P	6	24	48	72	96		
C6:0	12.5±4.57Y	15.4±7.07XY	17.6±8.15X	0.006	9.14±3.19c	12.9±4.36bc	16.9±7.10ab	18.2±9.05ab	18.8±5.18a	0.000	0.821
C8:0	3.85±1.72	3.30±1.34	3.71±1.51	0.096	2.32±0.36c	3.18±1.42b	3.29±0.68b	3.66±1.30b	5.72±1.16a	0.000	0.203
C10:0	2.78±1.03	2.45±0.87	3.05±1.12	0.096	2.67±1.02	2.51±0.96	2.79±0.95	2.86±1.29	3.01±1.01	0.575	0.930
C12:0	2.39±0.87	2.31±0.77	2.30±0.81	0.942	1.94±0.59	2.26±0.69	2.43±0.62	2.40±1.11	2.65±0.74	0.112	0.941
C14:0	25.2±7.21	25.3±6.62	26.1±5.82	0.768	19.7±5.86c	22.8±4.40c	26.5±4.52b	28.1±6.05ab	30.8±6.23a	0.000	0.611
C15:0	5.24±2.46Y	5.72±2.33Y	7.48±3.26X	0.000	3.39±0.76c	5.46±2.00b	6.61±2.83b	6.90±2.65ab	8.33±2.99a	0.000	0.582
C16:0	365±100Y	393±117XY	416±102X	0.008	318±76.4d	348±71.9cd	399±95.3bc	424±116ab	469±111a	0.000	0.219
C17:0	7.61±3.20Y	8.19±3.24Y	10.5±4.21X	0.000	6.46±2.35c	6.80±1.91c	7.93±3.34bc	10.5±3.94ab	12.1±3.65a	0.000	0.733
C18:0	418±83.8	439±83.8	467±79.9	0.616	348±63.6b	396±68.8ab	446±87.4ab	493±90.4a	524±86.2a	0.044	0.997
SFA	843±129	895±138	952±129	0.409	712±94.0c	801±101bc	911±133abc	990±147ab	1075±136a	0.006	0.971
C14:1	2.55±1.18	2.48±0.90	2.53±1.10	0.957	1.94±0.88c	2.21±0.76bc	2.49±0.71bc	2.78±1.12ab	3.22±1.36a	0.003	0.877
C16:1	31.9±13.5	33.7±13.6	33.0±10.8	0.753	20.1±4.44d	27.3±5.50cd	34.0±10.3bc	37.9±7.58ab	45.5±15.3a	0.000	0.873
C18:1	273±44.1	297±51.8	300±42.6	0.445	188±26.4d	247±28.3cd	285±40.6bc	344±40.2ab	389±45.5a	0.000	0.984
MUFA	308±48.8	333±56.7	336±46.4	0.543	210±26.6d	277±29.9c	322±43.8bc	385±42.0ab	437±51.3a	0.000	0.971

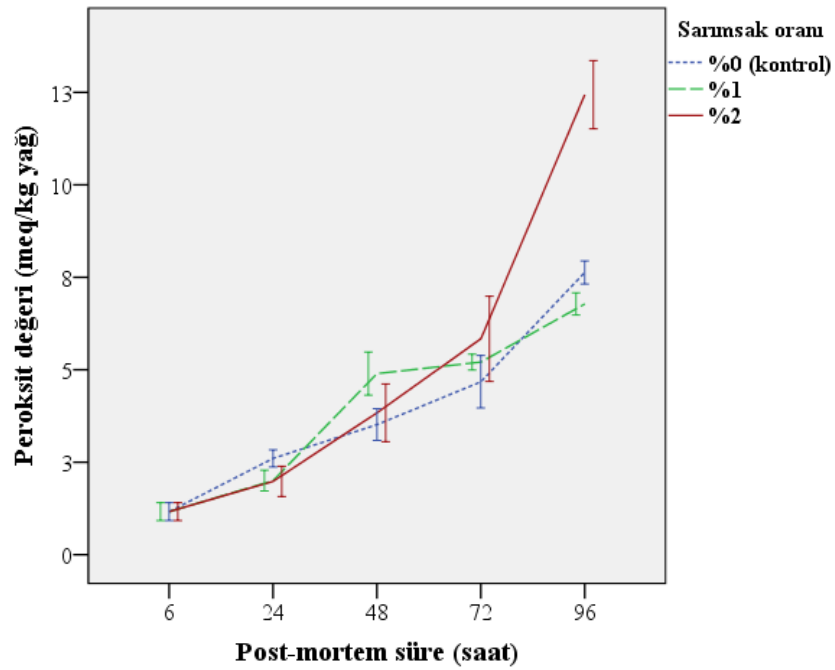
^τFFAs: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids, mg/100 yağ). SFA: Doymuş yağ asidi (Saturated fatty acid); MUFA: Tekli doymamış yağ asidi (Monounsaturated fatty acid). a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Temel bileşen analizi ile elde edilen bi-plot grafiğinde (Şekil 4.15) de görülebildiği gibi, bütün serbest yağ asitlerinin pozitif temel bileşen 1 bölgesinde yer alması depolama boyunca konsantrasyonlarının arttığını göstermektedir. Başlangıç et örneği temel bileşen 1'in negatif bölgesinde yer almıştır. Depolama zamanı ilerledikçe FFAs miktarında artma nedeniyle et örnekleri pozitif yöne doğru dağılım göstermiştir. Ancak kaprik ve laurik asitlerde, bu artmanın önemli olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13). Şekil 4.15'te de kaprik asidin en düşük pozitif özvektöre sahip olduğu ve diğer yağ asitlerinden ayrıldığı görülebilmektedir. Sarımsak uygulanması etlerde ortalama olarak kaproik, pentadekanoik, palmitik ve margarik asitlerde önemli bir farklılık oluşturmuş ve anılan yağ asitleri, %2 oranında sarımsak uygulanmış etlerde en fazla tespit edilmiştir. Margarik asit dışında söz edilen bu yağ asitlerinin depolamanın sonunda et örneklerinde farklılığı belirgin olmuştur (Şekil 4.15). Bu durum temel bileşen 2 ile açıklanabilmektedir. Depolamanın başlangıcından itibaren %2 oranında sarımsak uygulanmış etlerin temel bileşen 2'nin pozitif bölgesinde yer alarak diğer örneklerden ayrıldığı görülmektedir. Yirmi dört saatten sonra ise %2 sarımsak uygulanmış etler, grafiğin sağ üst bölgesinde yer almışlardır. Yine aynı bölgede yer alan C17:0, C15:0, C6:0, C16:0 ve C18:0 yağ asitlerinin de %2 sarımsak uygulanıp 96 saat depolanan etlerde daha fazla olduğu görülmektedir (Ek 10). Bunların dışında diğer yağ asitlerinin (C8:0, C12:0, C14:0, C14:1, C16:1, C18:1) temel bileşen 2'nin negatif bölgesinde yer alması, et örnekleri arasında önemli bir farklılık oluşturmadıkları ile ilişkili olabilir (Çizelge 4.13). Ancak bu yağ asitleri arasında en fazla oranda tespit edilen yağ asitlerinden biri olan C18:1 sarımsak oranının artmasıyla etlerde artmıştır. Ancak depolamanın 72. saatinden itibaren %1 sarımsaklı ette ve depolamanın 24. saatinden itibaren de kontrol etinde önemli farklılık oluşturmamıştır (Ek 11). Dolayısıyla söz konusu etler temel bileşen 2'nin negatif bölgesinde gruplanmışlardır. Barros ve ark. (2011) da depolamanın sonuna doğru C16:0 ve C18:0 yağ asitlerinde artma; C18:1 yağ asitlerinde ise azalma olduğunu rapor etmiştir. Ukhun ve Izi (1991) de benzer şekilde taze sığır eti ile karşılaştırıldığında oda sıcaklığında 11 saat tutulan etin C16:0 ve C18:0 yağ asitlerinin arttığını (sırasıyla 28.7'den 36.2'ye ve 23.4'ten 24.3'e); C18:1 yağ asidinin ise azaldığını (38.4'ten 30.0'a) belirlemiştir. Çalışmamız da benzer şekilde C16:0 ve C18:0 yağ asitleri depolama ile artmış; C18:1 azalma eğilimi göstermemiş ancak %2 sarımsak uygulanmış ette 48. saatten ve diğer gruplarda ise yukarıda belirtilen depolama zamanlarından itibaren değişmemiştir.



Şekil 4.15. Serbest yağ asitleri konsantrasyonuna göre et örneklerinin bi-plot dağılımı

Lipitlerin oksidasyonu ile oluşan hidroperoksitler ‘peroksit değeri’ olarak belirlenmektedir. Çizelge 4.12’den de görülebildiği gibi, depolama zamanlarını dikkate almadığımızda artan sarımsak oranı peroksit değerini (meq/kg yağ) önemli bir şekilde ($P<0.001$) 3.92’den 5.05’e ve TBARS değerini (mg MDA/kg) 0.58’den 0.81’e yükseltmiştir. Toplam FFA’de artmış, ancak istatistiksel farklılık yaratmamıştır. Bu kez sarımsak oranlarını göz ardı ettiğimizde, ilerleyen depolama süresi her üç lipolitik niteliğin de önemli bir şekilde ($P<0.001$) artmasına neden olmuştur. Belirlediğimiz peroksit değerleri (Şekil 4.16), Moemeni ve Yazdanpanah (2020)’ın belirlediği değerler (0.63-2.13) ile Elhadeb ve ark. (2020) tarafından belirlenenler (4.59-18.59) arasında yer almıştır. Her iki araştırmacı ile Al-Rubeii ve ark. (2009) da et örneklerinin peroksit değerlerinin depolamayla arttığını belirtmişlerdir.

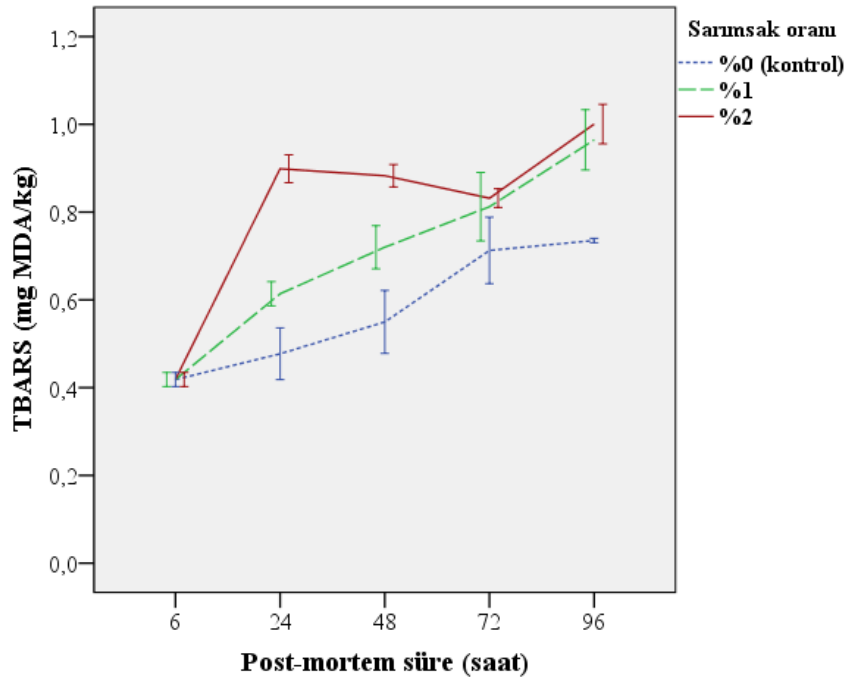


Şekil 4.16. Et örneklerinde peroksit değeri

TBARS miktarı, yağ asitlerinin oksidasyonu ile oluşan hekzanal gibi tiyobarbitirik asitle reaktif oluşturan bileşenlerin malondialdehit (MDA) cinsinden toplam miktarını belirtmektedir. Şekil 4.17’den de görülebildiği gibi, et örneklerinin TBARS miktarı (mg MDA/kg) da depolamanın sonuna doğru önemli ($P<0.001$) bir artma (0.42’den 0.90’a) göstermiştir.

Bulgularımız ile karşılaştırıldığında, belirlediğimiz TBARS miktarından daha az (Amany ve ark., 2010; Yang ve ark., 2011; Liu ve ark., 2015) ve daha fazla (Elhadeef ve ark., 2020; Al-Rubeii ve ark., 2009) rapor edilen çalışmalar olduğu gibi benzer çalışmalarda (Ahn ve ark., 2004; Moemeni ve Yazdanpanah, 2020; Rahman ve ark., 2021) da TBARS miktarının depolamayla artma eğilimi rapor edilmiştir. Korkmaz Mutlu (2022)'nin sarımsak tozu uygulanan etlerde depolamanın 4. gününde belirlediği TBARS miktarı (mg MDA/kg) bulgularımızla benzer (0.953) olup; depolamanın 13. gününde 1.569'a yükseldiğini belirlemiştir. Villalobos-Delgado ve ark. (2020) da vakum paketlenmedikçe etin daha fazla oksidasyon düzeyine sahip olabileceğini; oysa vakum paketlenmiş etlerde TBARS miktarının depolama boyunca benzer olduğunu belirtmişlerdir.

Yaygın olarak kullanılan modifiye atmosferle paketlenmede de iki olası durum dikkate alınmaktadır: ilki myoglobinin oksijenasyonunun korunması, ikincisi ise lipolizin azaltılmasıdır (Campo ve ark., 2006; Zakrys ve ark., 2008). Bir diğer ifade ile etler öyle oksijen konsantrasyonunda paketlenmeli ki mevcut oksijen, myoglobinin oksijenasyonunu koruyacak kadar fazla, lipid oksidasyonu artırmayacak kadar da az olmalıdır.

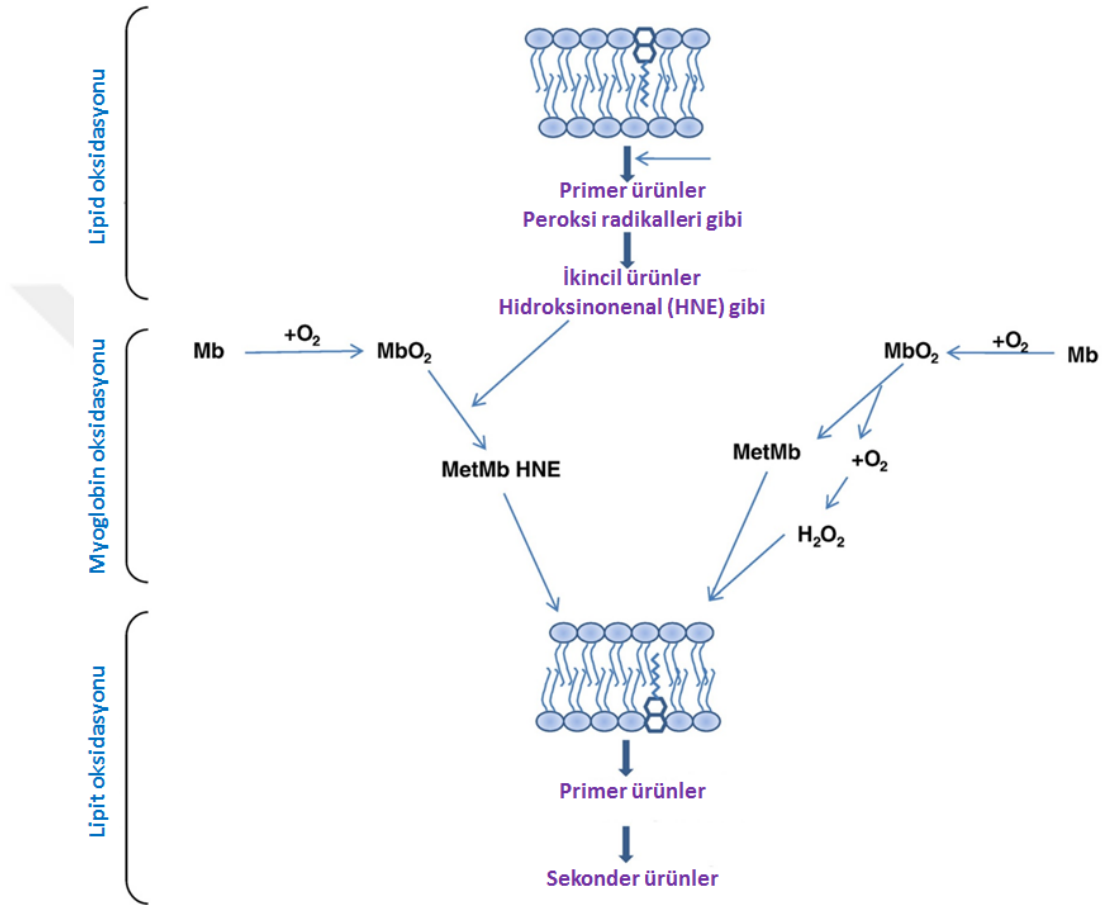


Şekil 4.17. Et örneklerinde TBARS miktarı

Depolamayla artan TBARS miktarından Elhadeb ve ark. (2020)'nın da belirttiği gibi kalıcı aldehit bileşenlerin oluştuğu anlaşılabilir ve bu bileşenlerin aşırı oluşumu acılığa (ransidite) neden olmaktadır. Bu anlamda, et ürünlerinde 1 mg MDA/kg TBARS miktarı ve 10 meq/kg lipid peroksit değeri ransit tadın algılanmasında sınır olarak kabul edilebilmektedir (Villalobos-Delgado ve ark., 2020). Belirlediğimiz TBARS miktarına göre, et örneklerinin 4. günden sonra ransit tat için söz edilen sınırı aşabileceği görülmektedir. Al-Rubeii ve ark. (2009) da aynı şekilde buzdolabı koşullarında sığır kıymasının TBARS miktarını depolamanın 3. gününde 0.97 mg MDA/kg olarak tespit etmiştir. Dolayısıyla aerobik koşullarda kıymanın buzdolabında en fazla 4 gün depolanabileceği ifade edilebilir.

Ete sarımsak uygulamasının etkisinin değerlendirildiği nitelikler arasında belki en çok şaşırtıcı olanı lipolitik niteliklerdir. Çünkü sarımsak uygulanmış etlerin TBARS miktarı daha fazla artma eğilimi göstermiş olup (Şekil 4.17), Şekil 4.16'dan da görülebildiği gibi, peroksit miktarı da depolamanın sonunda en fazla %2 sarımsak uygulanmış etlerde belirlenmiştir (Ek 12). Gerek TBARS gerekse peroksit miktarı bakımından uygulanan sarımsak oranı ile depolama zamanı arasındaki interaksyon da önemli bulunmuştur ($P<0.001$). Çoğu yağ asitleri oksidasyon ürünü olan aldehitlerin de et örneklerinde depolamayla artması ve sarımsak uygulanan etlerde daha fazla belirlenmesi (Ek 13), TBARS miktarındaki artışı desteklemektedir. Doğal bir antioksidan olarak bilinen sarımsağın et örneklerinde kullanımının lipolitik niteliklerde azalmaya neden olması beklenebilir. Ancak hem mevcut çalışmada hem de daha önce yapılan bazı çalışmalarda taze ezilmiş sarımsağın buzdolabı koşullarında depolanma süresince sığır etinin TBARS miktarında az da olsa bir artışa neden olduğu ifade edilmektedir (Amany ve ark., 2010; Nurwantoro ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2016b; Tareq ve ark., 2018). Diğer yandan et ve ürünlerine sarımsak uygulamasının prooksidatif bir etkiye sahip olabileceği de belirtilmiştir. Köfteye sarımsak ilavesinin TBARS miktarını önemli düzeyde ($P<0.05$) artırdığı (Park ve Chin, 2014); sarımsak uygulanan parça etin (sirloin) depolamanın sonunda sarımsak uygulanmayan etten daha fazla TBARS içerdiği (Wong ve Kitts, 2002); tavuk etinde ve köftesinde sarımsak uygulamasının prooksidatif etki gösterdiği (Mariutti ve ark., 2008; 2011); sarımsak tozu uygulanan sığır, tavuk ve hindi etlerinde sarımsak tozunun daha fazla TBARS oluşturabilmesi bakımından sarımsağın prooksidatif olabileceği (Korkmaz Mutlu, 2022) belirtilmiştir.

Fiziksel nitelikler başlığında tartışıldığı gibi ete sarımsağın taze halde ezilir ezilmez katılması, et yüzeyini kaplaması ile Mb oksijenasyonunu engelleyerek MMb oksidasyonunu artırabilmektedir. MMb ve lipid oksidasyonu arasındaki ilişki Faustman ve ark. (2010)'nın belirttiği ve Şekil 4.18'de gösterildiği gibi özetlenebilir.



Şekil 4.18. Lipit ve myoglobin oksidasyonu (Faustman ve ark., 2010)

Ferrik (Fe^{+3}) Mb serbest radikal olarak lipidlerde daha fazla oksidasyona yol açabilmektedir. MMb'in ette prooksidan aktivite göstererek lipidlerin oksidasyonunu artırması (Faustman ve ark., 2010), MMb miktarı ile gerek peroksit değeri ($r=0.992$, $P<0.01$) gerekse TBARS miktarı ($r=0.880$, $P<0.01$) arasında büyük bir korelasyon olması (Zareian ve ark., 2019; Liu ve ark., 2015), hem bu durumu desteklemekte hem de bulgularımızla da örtüşmektedir.

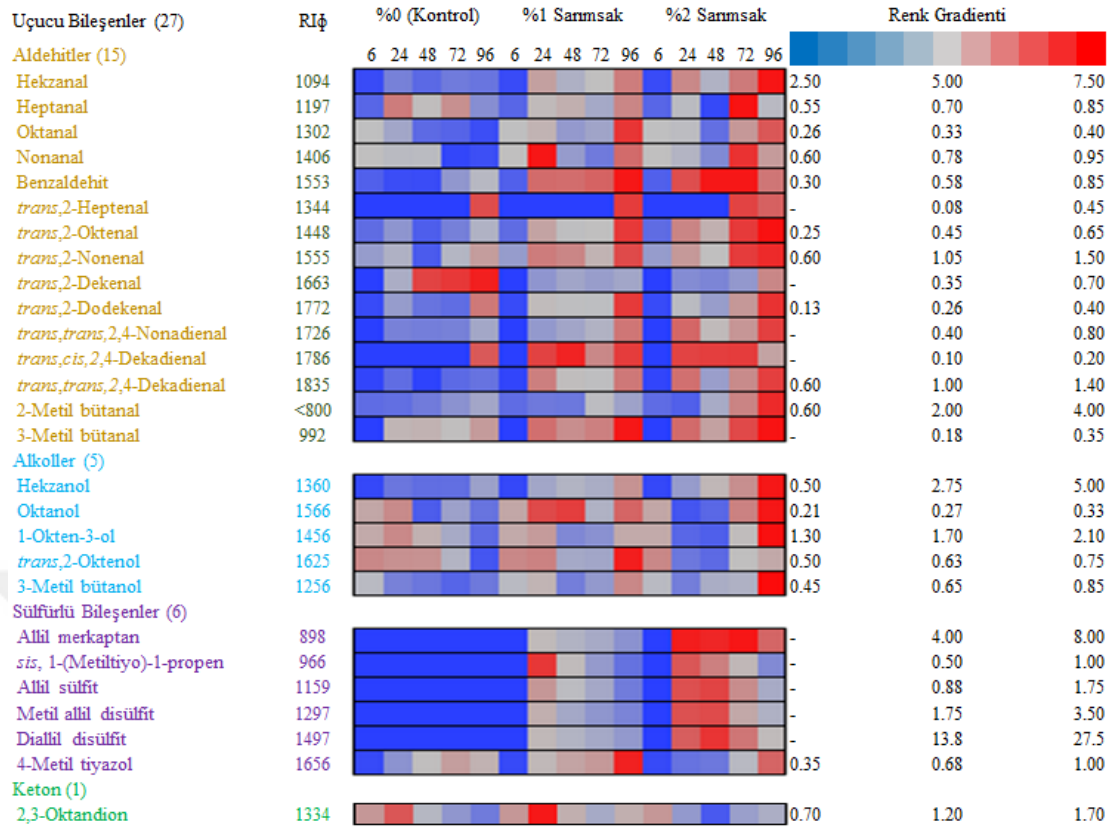
Aşık ve Candoğan (2014) karideslerin kitosan bazlı yenilebilir kaplamasına sarımsak yağı ekledikleri çalışmalarında, özellikle depolamanın başlarında sarımsak yağının lipit oksidasyonunu artırdığını, bu anlamda sarımsağın prooksidan aktivitesinin kaplamanın geçirgenliğini değiştirmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Hussain ve ark. (2021) keçi eti kıymalarında TBARS miktarının (mg MDA/kg) 0.48'den 2.31'e yükseldiğini; %0.5 oranına kadar tarçın kabuğu yağının TBARS miktarını azalttığını; bu oranda depolama sırasında TBARS miktarındaki artmanın kontrol grubundan daha fazla (0.44'ten 2.47'ye) olduğunu belirlemişlerdir. Ek olarak, sarımsağın ezilmesiyle oksidasyon başlamakta ve allisinden çeşitli allil türevi bileşenler oluşmaktadır. Bu anlamda kendisi de okside olma aşamasında olan sarımsağın içerdiği reaktif olabilecek sülfürlü bileşenler de eti oksidasyona daha duyarlı hale getirmiş de olabilir.

4.2.3.5. Uçucu bileşenler

Çoğunlukla kesim sonrası gerçekleşen biyokimyasal değişimler ile oluşan ve ikincil metabolitler olarak da değerlendirilen uçucu bileşenler, ette lezzet gelişimi ya da değişimi bakımından önemli bir kalite parametresidir. Ette biyokimyasal değişimlerden en önemlilerinden biri lipoliz olup; belirli düzeyde lipoliz ile ette arzu edilen lezzet oluşurken, aşırısı 'ransit' tat kusuruna neden olmaktadır. Her ne kadar TBARS miktarı lipolizin bir göstergesi olsa da tek başına yetersiz kalabilmektedir (Shahidi ve Pegg, 1994). Bu anlamda uçucu bileşenlerin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Farklı oranlarda sarımsak uygulanan etlerde depolama boyunca uçucu bileşen profili Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Et örneklerinde toplam 27 bileşen tespit edilmiş olup; bunların 15'ini aldehitler; 5'ini alkoller; 6'sını sülfürlü bileşenler; 1'ini de keton bileşeni (2,3-oktandion) oluşturmuştur (Şekil 4.19).

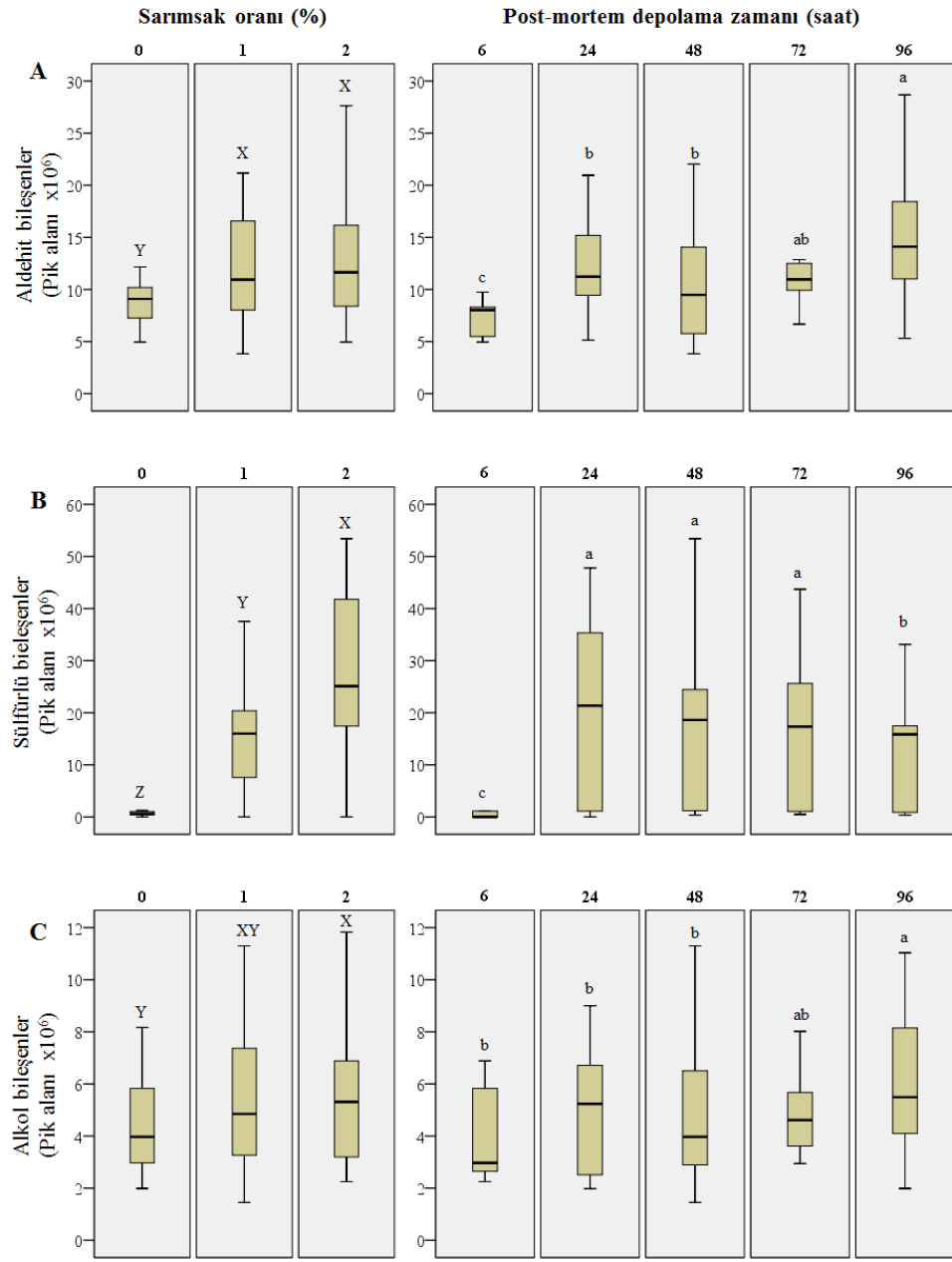
Gardner ve Legado (2018) pişmiş parça et ve kıymada çalışmamızla aynı sayıda uçucu bileşen tespit etmişlerdir. Yang ve ark. (2011) ile Park ve Chin (2014) ise sığır eti kıymasında belirlediğimiz uçucu bileşen sayısından daha az (sırasıyla 18 ve 13); Bhadury ve ark. (2021) ise daha fazla sayıda (35) uçucu bileşen belirlemiştir. Uçucu bileşen sayıları arasındaki farklılık muhtemelen ya et örneklerinin bileşiminden ya da uygulanan analiz yöntemleri farklılığından kaynaklanabilir.



Şekil 4.19. Et örneklerinde uçucu bileşenlerinin dağılımı
(RI: Alıkonma indeksi; 6-96: depolama zamanı (saat); -: tespit edilmedi)

Post-mortem 6 saatte et örneklerinde 17 uçucu bileşen tespit edilmiş olup; bu sayı depolamanın sonunda kontrol grubunda 22'ye, sarımsak uygulanan etlerde ise 27'ye yükselmiştir (Şekil 4.19). Bu farklılık ete eklenen sarımsağın sülfürlü bileşenlerinden (allil merkaptan; allil sülfid; metil allil disülfid; diallil disülfid) ve depolamayla birlikte oluşan aldehit bileşenlerinden (*trans*,2-heptenal; *trans*,2-dekenal; *trans,trans*,2,4-dekadienal ve *trans,cis*,2,4-dekadienal) kaynaklanmaktadır.

Et örneklerinde uçucu bileşenler kalitatif olarak her bir bileşenin oluşturduğu pik alanına göre (pik alanı x 10⁻⁶) değerlendirilmiştir. Buna göre, %0 (kontrol) sarımsak uygulanmış etlerde aldehit bileşenler en fazla pik alanına (9.29) sahip olup, onu sırasıyla alkoller (4.39), 2,3-oktandion (1.19) ve sülfürlü bileşenler (0.61) izlemiştir. Yüzde 1 ve %2 sarımsak uygulanmış etlerde ise en fazla pik alanına sülfürlü bileşenler (sırasıyla 14.6 ve 26.2) sahip olurken, onu aldehitler (12.2 ve 13.8), alkoller (5.47 ve 5.99) ve 2,3-oktandion (1.33 ve 1.06) izlemiştir.



Şekil 4.20. Et örneklerinde uçucu bileşen grupları

Depolama zamanları bakımından aldehit bileşenlerin toplam pik alanında önemli bir artma (7.29'dan 15.3'e) gözlemlenmiştir (Şekil 4.20). Bu artma kontrol grubu etlere kıyasla sarımsak uygulanan etlerde depolamanın 72. ve 96. saatlerinde önemli düzeyde ($P<0.05$) belirlenmiştir (Ek 13). Depolama zamanlarını göz ardı ettiğimizde artan sarımsak oranı aldehit bileşenlerinde önemli ($P<0.001$) bir artmaya neden olmuştur. Araştırmacılar (Ahn ve Nam, 2004; Yang ve ark., 2011) depolama ile aldehitlerde gözlemlenen artmayı lipid oksidasyonu ile ilişkilendirmişlerdir.

Bu anlamda, artan sarımsak oranı ile aldehit bileşenlerde artma ile uyumlu olarak TBARS miktarının da artması sarımsağın prooksidatif niteliğini desteklemektedir. Aldehit bileşenleri arasında en fazla pik alanına (4.48) sahip ‘hekzanal’ ette lipid oksidasyonunun iyi bir indikatörü olarak nitelendirilmektedir (Shahidi ve Pegg, 1994; Ahn ve Nam, 2004; Yang ve ark., 2011). Hekzanal gibi diğer düz zincirli alifatik aldehitler de lipid oksidasyonu ile ilişkilendirilmiş ve ette yağimsı bir kokuya neden oldukları belirtilmiştir (Lawrie ve Ledward, 2006). Heptanal, oktanal ve nonanal bileşenlerinin depolama zamanları bakımından benzer pik alanına sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Hekzanal ise depolamayla artma eğilimi göstermiş ve sarımsak uygulanan etlerde daha fazla pik alanı sergilemiştir. Pişmiş kıymalarda buzdolabı koşullarında depolamada diğer aldehit bileşenlere göre hekzanal miktarında daha hızlı bir artma olduğu belirlenmiştir (Shahidi ve Pegg, 1994).

Doymamış aldehit bileşenlerden *trans*,2-oktenal; *trans*,2-nonenal; *trans*,2-dekenal; *trans*,*trans*,2,4-nonadienal ve *trans*,*trans*,2,4-dekadial bileşenlerinin pik alanı en az başlangıç et örneğinde olup, depolamayla birlikte pik alanlarında önemli bir artma olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14). Ayrıca *trans*,2-heptenal depolamanın 72. saatinden; *trans*,2-dekenal, *trans*,*trans*,2,4-nonadienal, *trans*,*trans*,2,4-dekadial 24. saatinden itibaren tespit edilmiştir (Şekil 4.19). Nonanal ve *trans*,*trans*,2,4-dekadial bileşenleri çiğ ette koku aktif bileşenler olarak belirlenmiştir (Xiang ve ark., 2021). Heptanal, oktanal ve nonanal, oleik asidin oksidasyonu ile; hekzanal, tekli doymamış aldehitlerin *trans* izomerleri ve nona- ve deka-dienaller de linoleik yağ asidinin oksidasyonu ile oluşmaktadır (Belitz ve ark., 2009; Paczkowski ve Schütz, 2011). Dolayısıyla gerek hekzanal gerekse doymamış yağ asitlerinin pik alanındaki artma, oleik aside göre linoleik asidin oksidasyona daha duyarlı olmasının bir sonucu olabilmektedir.

Çizelge 4.14. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin uçucu bileşenlerine etkisi

Uçucu bileşenler (Pik alanı x 10 ⁻⁶)	Sarımsak oranı (%)				Post-mortem süre (saat)						AxB
	0	1	2	P	6	24	48	72	96	P	
Aldehitler											
Hekzanal	3.27±1.05Y	4.81±1.94X	5.37±2.34X	0.000	2.69±0.78c	5.05±1.72a	4.14±2.25b	4.90±1.45ab	5.64±2.34a	0.000	0.022
Heptanal	0.69±0.27	0.69±0.36	0.67±0.40	0.978	0.59±0.23	0.72±0.33	0.66±0.41	0.75±0.33	0.69±0.40	0.498	0.933
Oktanal	0.29±0.08	0.33±0.10	0.33±0.13	0.122	0.33±0.09	0.33±0.08	0.29±0.11	0.31±0.09	0.34±0.14	0.374	0.697
Nonanal	0.71±0.24	0.79±0.30	0.79±0.33	0.272	0.78±0.22	0.82±0.32	0.72±0.31	0.73±0.31	0.77±0.30	0.762	0.310
Benzaldehit	0.41±0.17Y	0.68±0.24X	0.70±0.29X	0.000	0.36±0.19b	0.61±0.27a	0.63±0.30a	0.68±0.26a	0.70±0.20a	0.000	0.002
E-2-Heptenal	0.03±0.10	0.03±0.11	0.05±0.14	0.424	-	-	-	0.05±0.14b	0.14±0.20a	0.000	0.375
E,2-Octenal	0.34±0.13Y	0.46±0.18X	0.51±0.21X	0.000	0.31±0.06c	0.46±0.14b	0.40±0.19b	0.47±0.20b	0.56±0.22a	0.000	0.307
E,2-Nonenal	0.95±0.46	1.17±0.58	1.19±0.61	0.066	0.90±0.27b	1.14±0.46ab	0.99±0.60b	1.17±0.56ab	1.33±0.74a	0.046	0.847
E,2-Dekenal	0.44±0.33X	0.19±0.33Y	0.21±0.32Y	0.000	-	0.23±0.27b	0.35±0.37ab	0.36±0.35ab	0.47±0.36a	0.000	0.095
E,2-Dodekenal	0.20±0.31	0.26±0.40	0.26±0.40	0.737	0.13±0.19	0.25±0.36	0.22±0.32	0.24±0.38	0.36±0.52	0.328	1.000
E,E,2,4-Nonadienal	0.17±0.18Z	0.30±0.36Y	0.45±0.30X	0.000	-	0.35±0.34b	0.30±0.30b	0.35±0.24b	0.54±0.27a	0.000	0.077
E,Z,2,4-Dekadienal	0.03±0.12Y	0.14±0.23X	0.13±0.22X	0.023	-	0.12±0.23	0.12±0.23	0.11±0.21	0.15±0.23	0.055	0.584
E,E,2,4-Decadienal	0.68±0.24Y	1.00±0.45X	1.03±0.40X	0.000	0.62±0.14c	1.04±0.47a	0.83±0.42b	0.95±0.33ab	1.08±0.41a	0.000	0.219
2-Metil bütanal	0.93±0.95Y	1.09±1.69XY	1.83±2.70X	0.049	0.59±0.84c	0.61±0.88c	1.04±1.53bc	1.96±2.64ab	2.22±2.50a	0.001	0.412
3-Metil bütanal	0.16±0.11Y	0.22±0.16X	0.23±0.16X	0.004	-	0.24±0.09b	0.22±0.15b	0.24±0.09b	0.30±0.14a	0.000	0.598
Toplam	9.29±3.15Y	12.2±5.43X	13.8±7.00X	0.000	7.29±1.62c	11.9±4.12b	10.9±5.66b	13.3±6.11ab	15.3±6.45a	0.000	0.364

E: *trans* izomeri; Z: *sis* izomeri. a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

Çizelge 4.14. (Devamı) Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin uçucu bileşenlerine etkisi

<i>Sülfürlü bileşenler</i>	Sarımsak oranı (%)				Post-mortem süre (saat)					<i>P</i>	<i>AxB</i>
	0	1	2	<i>P</i>	6	24	48	72	96		
Allil merkaptan	-	2.61±1.85Y	5.87±3.51X	0.000	-	3.96±3.46a	3.67±3.58a	3.65±3.40a	2.87±3.02b	0.000	0.000
Allil sülfid	-	0.60±0.56Y	0.98±0.82X	0.000	-	0.87±0.83a	0.79±0.84ab	0.62±0.67b	0.35±0.38c	0.000	0.000
Metil allil disülfid	-	1.04±0.79Y	1.90±1.29X	0.000	-	1.64±1.41a	1.45±1.43a	1.04±0.89b	0.77±0.66c	0.000	0.000
Diallil disülfid	-	9.21±6.55Y	16.4±10.8X	0.000	-	12.3±10.9a	12.4±11.9a	10.4±9.40a	7.67±6.60b	0.000	0.000
Z-1-(Metiltiyo)-1-propene	0.14±0.21Y	0.44±0.36X	0.53±0.35X	0.000	0.30±0.17b	0.71±0.37a	0.41±0.40b	0.29±0.31b	0.14±0.17c	0.000	0.000
4-Metil tiyazol	0.61±0.41	0.71±0.45	0.57±0.32	0.180	0.37±0.54c	0.57±0.40bc	0.63±0.33b	0.73±0.24ab	0.85±0.26a	0.000	0.892
Toplam	0.75±0.46Z	14.6±9.78Y	26.3±16.4X	0.000	0.68±0.62c	20.0±16.7a	19.3±17.8a	16.7±14.5a	12.6±10.7b	0.000	0.000
<i>Alkoller</i>											
Hekzanol	1.29±1.08Y	2.21±2.06X	2.79±3.01X	0.003	0.63±0.38c	1.83±1.28b	2.20±2.49b	2.35±2.22b	3.48±3.04a	0.000	0.616
Oktanöl	0.26±0.20	0.30±0.23	0.27±0.23	0.707	0.28±0.23	0.27±0.22	0.25±0.20	0.27±0.20	0.29±0.25	0.989	0.972
1-Okten-3-öl	1.68±0.62	1.67±0.56	1.67±0.60	0.998	1.77±0.80	1.69±0.68	1.54±0.54	1.62±0.29	1.76±0.51	0.584	0.186
<i>E</i> ,2-Oktenöl	0.63±0.21	0.66±0.19	0.60±0.17	0.448	0.67±0.25	0.63±0.21	0.60±0.20	0.61±0.10	0.63±0.16	0.646	0.323
3-Metil bütanol	0.55±0.21	0.63±0.30	0.65±0.31	0.166	0.64±0.19	0.58±0.23	0.56±0.36	0.57±0.22	0.70±0.33	0.275	0.713
Toplam	4.39±1.80Y	5.47±2.73XY	5.99±3.82X	0.025	3.99±1.77b	5.00±2.18b	5.15±3.27b	5.41±2.64ab	6.86±3.88a	0.007	0.480
<i>Keton</i>											
2,3-Oktandion	1.19±0.52	1.33±0.65	1.06±0.46	0.064	1.34±0.62a	1.41±0.76a	1.07±0.61b	1.05±0.25b	1.09±0.31b	0.033	0.445

E: *trans* izomeri. a,b,c: Post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

Dallı zincirli aldehitler olan 2- ve 3-metil bütanal pik alanları da depolamayla birlikte artmıştır (Çizelge 4.14). Bu aldehitler sırasıyla Ile ve Leu amino asitlerinden oluşan ‘strecker aldehitler’dir (Koutsidis ve ark., 2008a; 2008b; Chen ve ark., 2016b). Amino asit katabolizmasıyla oluşabilen bir diğer aldehit bileşen de benzaldehit olup, fenilalanin ve tirozin aromatik amino asitlerden oluşabileceği belirtilmiştir (Paczkowski ve Schütz, 2011).

Et örneklerinde 2’si tiyol grubu (*sis*,1-(metiltiyol)-1-propen ve 4-metil tiyazol); 4’ü allil grubu (allil merkaptan, allil sülfüt, metil allil disülfid, diallil disülfid) olmak üzere 6 sülfürlü bileşen tespit edilmiştir. Kontrol grubu et örneklerinde sadece tiyol grubu sülfürlü bileşenler tespit edilmiştir. Tiyol grubu sülfürlü bileşenler sülfür içeren Met ve Cys amino asitlerinden oluşabilmektedir (Paczkowski ve Schütz, 2011; Bhadury ve ark., 2021). Allil grubu sülfürlü bileşenler sarımsağın ana bileşeni ‘allisin’ kaynaklı olup, sarımsak uygulanmış etlerde tespit edilmiştir. Taze sarımsakta ‘ γ -L-glutamyl-S-(2-propenil)-L-sistein’den allinaz enzimi ile oluşan ‘allisin’ oldukça kararsız bir bileşen olup, allil grubu sülfürlü bileşenleri oluşturmaktadır (Lanzotti ve ark., 2006; Park ve Chin 2014’den). Dolayısıyla ete uygulanan sarımsak oranının artmasıyla allil grubu sülfürlü bileşenlerin (allil merkaptan, allil sülfid, metil allil disülfid, diallil disülfid) pik alanlarında da artma olmuştur ($P<0.001$). Sarımsak uygulanan etlerde, daha önce yapılan çalışmalarda da benzer bulgular rapor edilmiştir (Yang ve ark., 2011; Park ve Chin, 2014). Depolama zamanları arasında ortalama pik alanları bakımından bütün sülfürlü bileşenlerde önemli ($P<0.001$) farklılıklar tespit edilmiştir. 4-Metil tiyazol pik alanında depolamanın sonuna doğru önemli bir artma olurken; diğer sülfürlü bileşenlerin pik alanları azalma eğilimi göstermiştir. 4-Metil tiyazol pik alanında depolamayla birlikte oluşan artma, sadece %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli olmuştur (Ek 14). Bu durum, 4-metil tiyazolün sülfür içeren amino asitlerden oluşabileceğini de desteklemektedir (Ahn ve Nam, 2004). Diğer sülfürlü bileşenlerde depolamayla birlikte meydana gelen azalma onların aerobik şartlarda düşük sıcaklıklarda uçuculuğu (Ahn ve ark., 2004; Yang ve ark., 2011; Park ve Chin, 2014) ve/veya bakterial hücre membranına diffüzyonu ile ilişkilendirilebilir.

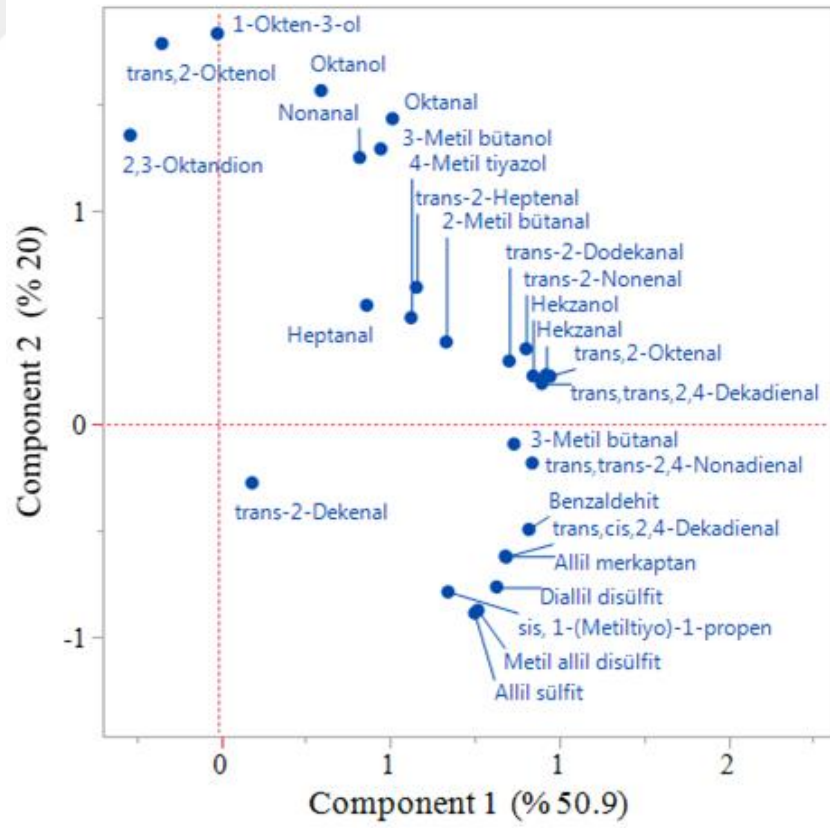
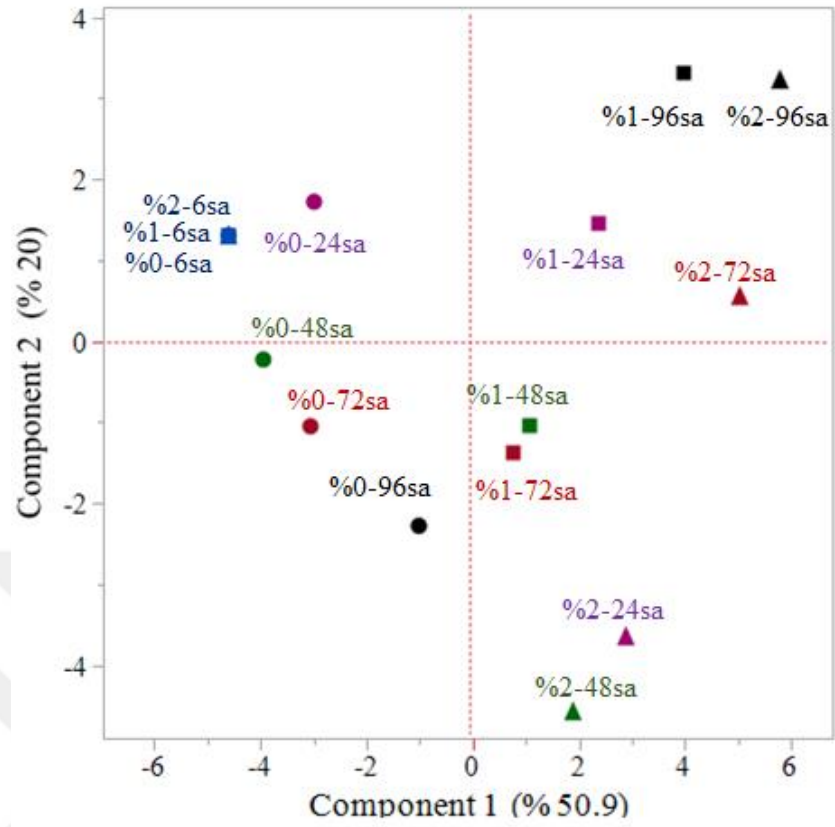
Et örneklerinde depolama boyunca alkol bileşenlerin toplam pik alanı 3.99-8.80 arasında değişim göstermiştir. Başlangıç et örneğinde alkol bileşenlerinin toplam pik alanı 3.99 olup, depolamanın sonunda 6.86’a yükselmiştir (Çizelge 4.14; $P<0.01$). Uygulanan sarımsak oranının artmasıyla toplam alkol bileşenlerinde de önemli ($P<0.05$)

bir artma olduğu belirlenmiştir. Et örneklerinde en fazla pik alanına sahip alkol hekzanol (3.15) olup, onu sırasıyla 1-okten-3-ol (1.67); *trans*,2-oktenol (0.62); 3-metil bütanol (0.61) ve oktanol (0.28) izlemiştir. Benzer alkol profili daha önce yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir (Vierck ve ark., 2020; Wen ve ark., 2022).

3-Metil bütanol amino asit katabolizmasının; hekzanol, 1-okten-3-ol, *trans*-2-oktenol ve oktanoller ise linoleik asidin oksidasyon ürünü aldehitlerin indirgenmesi ile oluşmaktadırlar (Belitz ve ark., 2009). 1-Okten-3-ol, çiğ ve pişmiş ette daha yüksek koku aktifliğine sahip bileşenler arasında belirtilmektedir (Xiang ve ark., 2021). Hem ete uygulanan sarımsak oranı hem de depolama zamanı alkol bileşenler arasında sadece hekzanol'ün pik alanında önemli bir etki göstermiştir (Çizelge 4.14). Kontrol grubu (1.29) ile karşılaştırıldığında, %1 ve %2 sarımsak uygulanmış etlerde hekzanol daha fazla pik alanına (sırasıyla 2.21 ve 2.79) sahip olmuştur ($P<0.01$). Başlangıç et örneğinde 0.63 pik alanına sahip olan hekzanol'ün depolamayla birlikte pik alanı artma eğiliminde olup, 96. saatte 3.48'e yükselmiştir ($P<0.001$). Her bir et örneğinde depolama zamanları karşılaştırıldığında, söz edilen artmanın sadece %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli olduğu görülmektedir (Ek 15). Dolayısıyla hem hekzanal hem de onun eş karbonlu alkolü depolama sırasında %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli düzeyde artması söz konusu etin diğerlerinden farklılığına neden olmuştur.

Et örneklerinde keton bileşenlerden sadece 2,3-oktandion tespit edilmiştir. Söz konusu bileşen lipit oksidasyon ürünü (Vierck ve ark., 2020; Xiang ve ark., 2021) olup; ette en fazla bulunan keton bileşenlerden biri olmaktadır (Ahn ve ark., 2004; Bhadury ve ark., 2021; Wen ve ark., 2022). Depolama boyunca 2,3-oktandion pik alanı 0.78-1.67 arasında değişim göstermiştir. Depolama zamanlarına ait ortalama 2,3-oktandion pik alanı en yüksek 24. saatte belirlenirken, sonraki depolama zamanlarında daha düşük belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Uçucu bileşenlerin pik alanlarına göre temel bileşen analizi Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Buna göre, %50.9'unun temel bileşen 1; %20'sinin de temel bileşen 2 olmak üzere et örnekleri arasındaki toplam varyasyonun %71'inin uçucu bileşenlerle açıklanabildiği görülmektedir. Bi-plot dağılımına (Şekil 4.21) göre, başlangıç et örneği grafiğin en solunda yer almıştır.



Şekil 4.21. Uçucu bileşenlere göre et örneklerinin bi-plot dağılımı

Temel bileşen 1'in negatif bölgesinden pozitifine doğru et örnekleri uygulanan sarımsak oranı bakımından gruplandığı ve/veya birbirlerinden ayrıldığı görülmektedir. Bu bölgede yer alan aldehit (*trans*,2-oktenal; hekzanal; *trans,trans*,2,4-dekadienal; *trans,trans*,2,4-nonadienal; benzaldehit; *trans*,2-nonenal; 3-metil bütanal; *trans*,2-dodekenal; *trans,cis*,2,4-dekadinal), organo sülfürler (allil merkaptan; diallil disülfid; metil allil disülfid; allil sülfid; *sis*,1-(metiltiyo)-1-propen) ve alkol (hekzanol) bileşenleri en fazla pozitif özvektör değerine sahip olmuştur. Dolayısıyla, anılan bileşenlerin aynı bölgede bulunan %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha fazla pik alanına sahip olduğu; sarımsak oranındaki azalmayla (grafiğin soluna doğru) pik alanlarında da azalma olduğu sonucuna varılabilmektedir. Örneğin hekzanol, alkol bileşenleri arasında en sağda yer almış olup, onu 3-metil bütanol izlemiştir. Bu iki alkol bileşeni ete uygulanan sarımsak oranının artması ile pik alanlarında artma eğiliminin bir göstergesi olabilmektedir. Çalışmamıza benzer şekilde, ette sarımsak uygulamasının hekzanal, hekzanol, *trans*-2-heptenal, 1-okten-3-ol, *trans*-2-oktenal ve nonanal gibi yağ asit oksidasyon ürünü aldehit ve alkol bileşenlerde artma belirlenmiştir (Park ve Chin, 2014).

Depolama zamanları arasındaki dağılımın ise temel bileşen 2'ye göre değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. Kontrol grubu etlerin depolama zamanlarının daha dar bir alanda yer aldığı, sarımsak oranı arttıkça özellikle de %2 oranında sarımsak uygulanmış etlerde depolama zamanlarının birbirlerinden daha fazla ayrıldığı görülmektedir. Bu durum, sarımsak oranı ve depolama zamanı arasındaki interaksiyonun özellikle aldehit bileşenlerde önemli olmasıyla açıklanabilir (Çizelge 4.14). Özetle, sarımsak uygulamasının yağ asitleri ve amino asitlerin oksidasyon ürünü aldehit ve alkol bileşenlerde artışa neden olabileceği daha önce hem proteolitik hem de lipolitik niteliklerde ifade edildiği gibi 'sarımsağın prooksidatif' olabileceğini desteklemektedir.

4.2.4. Etin fiziksel nitelikleri

4.2.4.1. Renk nitelikleri

Etin rengi ve görünümü tüketicilerin ilk olarak değerlendirdikleri önemli bir kalite parametresidir. Et rengi, nicelik olarak L*, a*, b* değerleri ile sırasıyla siyah-parlaklık (100/0), kırmızılık/yeşillik (+/-) ve sarılık/mavilik (+/-) olarak değerlendirilmektedir. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerin post-mortem depolama boyunca renk

değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Post-mortem depolama boyunca etin ortalama L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 40-45, 7-16 ve 16-18 arasında değişim göstermiştir (Ek 16). Et örneklerinde belirlediğimiz L* değerleri, bazı araştırmacılar (Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Özyürek ve ark., 2021; Korkmaz Mutlu, 2022) tarafından rapor edilen L* değerinden (29-35) yüksek; bazı araştırmacılar (Yang ve ark., 2011; Elhadeef ve ark., 2020; Moemeni ve Yazdanpanah, 2020; Ijaz ve ark., 2022) tarafından belirlenen değerler (39-49) arasında yer almıştır. Yapılan çalışmalarda da sığır etinde farklı L* değerlerinin belirlenmesi, farklı kaslarla çalışılmasından veya etin yağ içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanabilir. Örneğin, Özyürek ve ark. (2021) %5'ten az yağ içeren *L. lumborum* kasının post-mortem depolama boyunca L* değerini (31.17-35.39), %15'ten fazla yağ içeren *Cutaneus-omo brachialis* kasındakinden (18.94-25.37) daha yüksek belirlemiştir. Post-mortem 6 saatte et örneğinin L* değeri (40.4) diğer depolama zamanlarına kıyasla (43.3-44.3) önemli düzeyde ($P<0.001$) düşük belirlenmiştir. Yang ve ark. (2011) da aerobik 4°C'de depolanan sığır kıymasında L* değerinin arttığını belirlemişlerdir. Koyun etinde de benzer olarak rigor sonrası L* değerinin arttığı sonraki depolama zamanlarında ise önemli bir değişim olmadığı raporlanmıştır (Li ve ark., 2017b; 2017c).

Çizelge 4.15. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin renk değerlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	L*	a*	b*
%0 (kontrol)	43.3±3.48	16.0±1.58X	17.8±1.07X
%1	42.7±3.35	13.4±2.96Y	17.5±1.20XY
%2	41.9±3.05	11.6±3.97Z	17.2±1.33Y
<i>P</i>	0.089	0.000	0.032
Post-mortem süre (B)			
6 saat	40.4±3.11b	16.4±1.91a	17.9±1.52a
24 saat	44.3±1.74a	13.1±2.82b	17.7±0.64a
48 saat	43.3±3.44a	13.7±2.56b	17.4±0.82a
72 saat	43.3±3.46a	13.1±3.19b	17.3±0.75ab
96 saat	44.3±2.15a	10.1±3.32c	16.6±1.22b
<i>P</i>	0.000	0.000	0.001
<i>AxB</i>	0.729	0.000	0.884

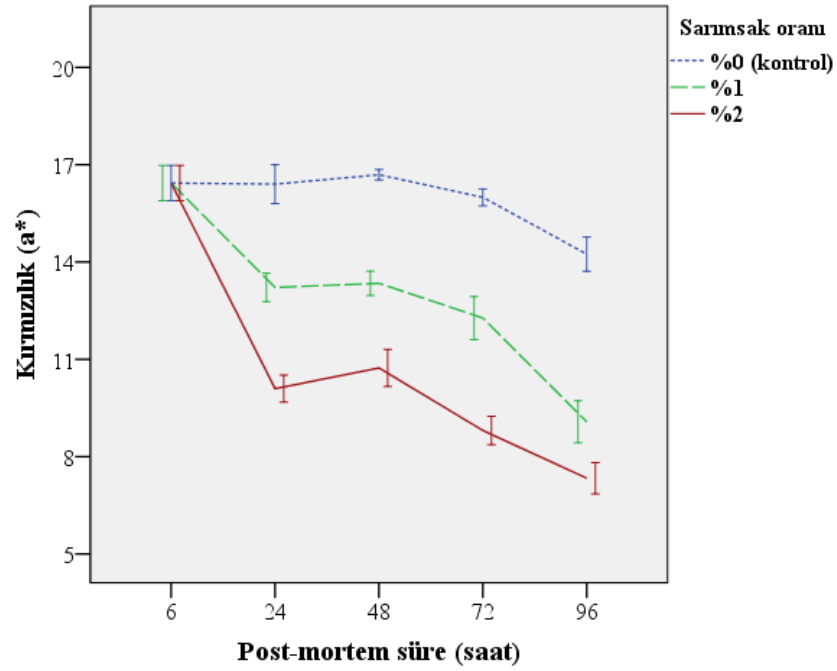
L*, a* ve b* sırasıyla aydınlığı, kırmızılığı ve sarılığı temsil etmektedir. a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Çalışmamızda et örneklerinin b^* değeri, Moemeni ve Yazdanpanah (2020) tarafından belirlenmiş değerler (4.32-6.54) ile Elhadeh ve ark. (2020) tarafından belirlenen değerler (19.38-24.42) arasında olup, a^* değeri de yapılmış bazı çalışmalar ile benzerlik göstermiştir (Yang ve ark., 2011; Zhang ve ark., 2016b; Elhadeh ve ark., 2020; Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Ijaz ve ark., 2022, Korkmaz Mutlu, 2022).

Post-mortem depolama zamanının etin hem L^* değerine hem de b^* değerine etkisi, sarımsak oranına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Post-mortem 6 saatten sonra etin L^* değerindeki artmanın %0 (kontrol) ve %1 sarımsaklı etlerle karşılaştırıldığında %2 sarımsaklı etlerde önemli olmadığı ($P>0.05$); depolamayla b^* değerindeki azalmanın da sadece %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli bir seviyede ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir (Ek 16). Bu durum, sarımsağın etin kırmızılığına etkisinden ileri gelmiş olabilir. Çünkü Şekil 4.22’de görüldüğü gibi sarımsak uygulaması numerik olarak da etin kırmızılığını (a^*) belirgin bir şekilde etkilemiştir (Şekil 4.23). Sarımsak oranı ve depolama zamanları arasındaki interaksyondan ($P<0.001$), sarımsağın depolamayla azalan a^* değerinde daha da fazla azalmaya neden olduğu ifade edilebilir (Çizelge 4.15). Etin kırmızılığında depolama boyunca azalama eğilimi daha önce birçok araştırmacı tarafından da raporlanmıştır (Ahn ve ark., 2004; Yang ve ark., 2011; Li ve ark., 2017b; Liu ve ark., 2015; 2018; Elhadeh ve ark., 2020; Villalobos-Delgado ve ark., 2020; Moemeni ve Yazdanpanah, 2020; Hussain ve ark., 2020; 2021). Ette kırmızılığın azalması, myoglobinin metmyoglobine oksidasyonunun doğal bir sonucu olabilmektedir.

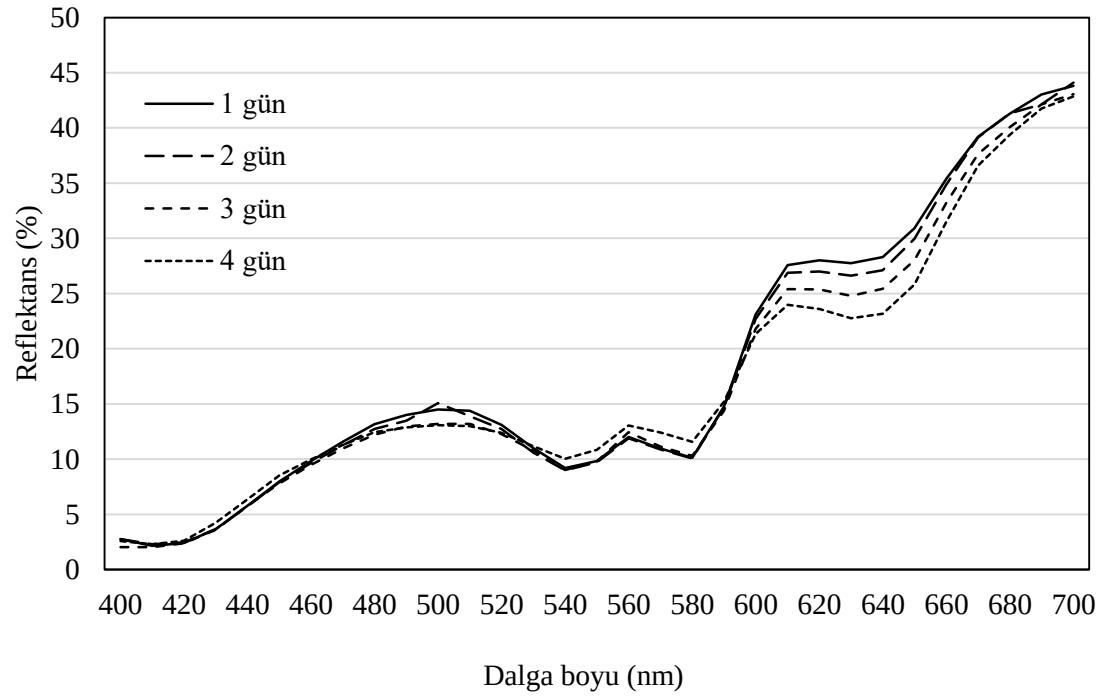
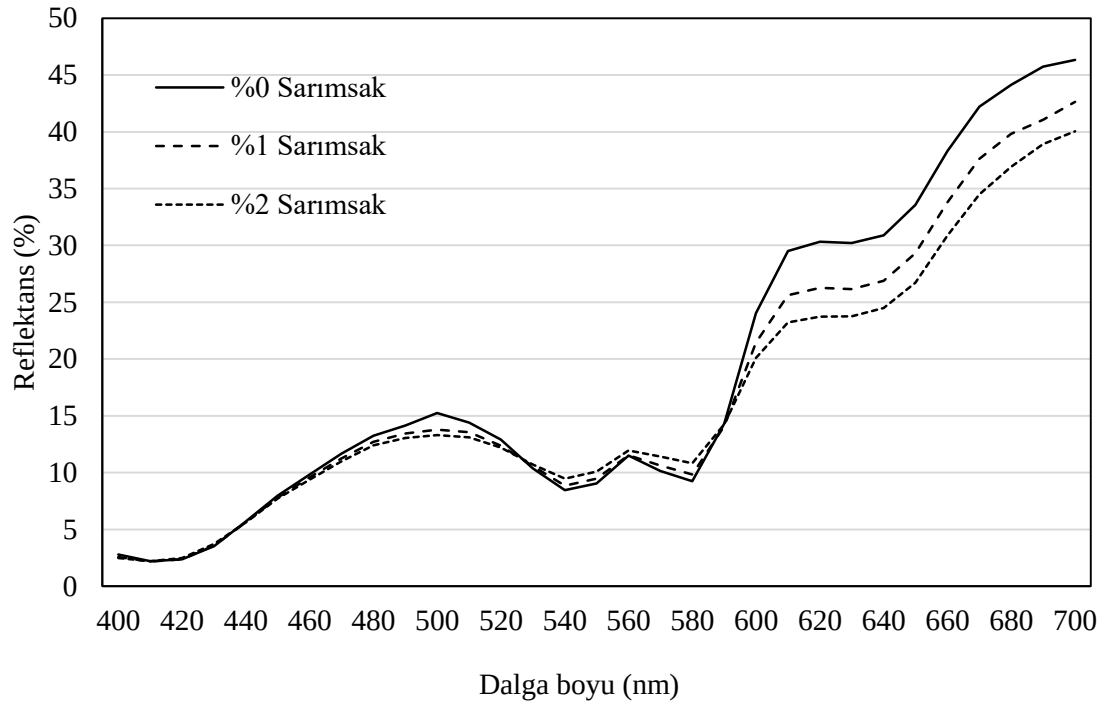


Şekil 4.22. Sarımsak uygulanan et örnekleri



Şekil 4.23. Et örneklerinde kırmızılık (a*) değeri

Bilindiği gibi kas dokusunda ve ette rengin değişiminden sorumlu myoglobin formları: deoksiyoglobin (DMb), oksimiyoglobin (OMb) ve metmyoglobin (MMb)'dir (Belitz ve ark., 2009). Kesilmemiş kas dokusunda DMb formu baskın olup; kesimden sonra kas dokusu oksijen ile temas (oksijenasyon) ettiğinden OMb oluşmakta ve et parlak kırmızı renkte olmaktadır. Ancak, oksijen düzeyinin azalması ile OMb formu MMb'e okside olmakta etin parlak kırmızılığı azalarak mat-kahverengiye dönüşmektedir (Pearson ve Young, 1989; Lawrie and Ledward, 2006; AMSA, 2012). Nitekim Liu ve ark. (2015), sığır kıymasında MMb miktarı ile a* değeri arasında negatif bir korelasyon ($r=-0.886$, $P<0.01$) belirlemiştir. Et örneklerinin görünür bölgedeki reflektansına göre (Şekil 4.24) belirlenen DMb, OMb ve MMb değerleri sırasıyla 0.45-0.63, 0.54-0.72 ve 0.64-1.16 arasında tespit edilmiştir (Ek 17). Li ve ark. (2017b; 2018c) tarafından aynı yöntemle belirlenen myoglobin formları da bulgularımız ile benzerlik göstermiştir. Sarımsak uygulanan etlerin kontrol grubu etlere göre daha az DMb ve OMb; daha fazla MMb içerdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.16). Gerek artan sarımsak oranında gerekse artan depolama zamanlarında, et örneklerinin MMb'e spesifik olan 572 nm dalga boyundaki reflektansının arttığı Şekil 4.24'te de görülebilmektedir.

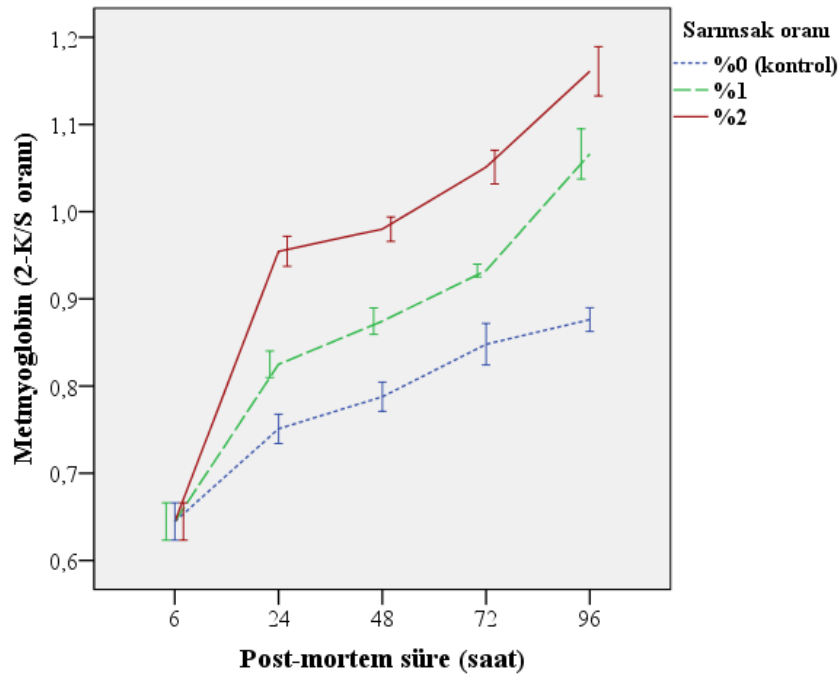


Şekil 4.24. Et örneklerinde reflektans değerleri

Çizelge 4.16. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin myoglobin formlarına etkisi

Sarımsak oranı (A)	Myoglobin formları ^b			Renk Stabilitesi (R630/580)
	DMb	OMb	MMb	
%0 (kontrol)	0.57±0.05X	0.75±0.03X	0.77±0.11Z	3.42±0.62X
%1	0.54±0.07Y	0.69±0.05Y	0.84±0.16Y	2.94±0.87Y
%2	0.51±0.08Z	0.63±0.07Z	0.94±0.20X	2.47±1.06Z
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
Post-mortem süre (B)				
6 saat	0.63±0.07a	0.72±0.04a	0.64±0.08e	4.05±0.65a
24 saat	0.52±0.04b	0.70±0.06b	0.84±0.10d	2.86±0.65b
48 saat	0.52±0.03b	0.70±0.06b	0.88±0.09c	2.73±0.53bc
72 saat	0.50±0.04bc	0.68±0.08c	0.94±0.10b	2.54±0.59c
96 saat	0.49±0.05c	0.62±0.09d	1.04±0.14a	2.03±0.66d
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
<i>AxB</i>	0.041	0.000	0.000	0.000

^bDeoksiyoglobin (DMb), oksimyoglobin (OMb) ve metmyoglobin (MMb) formları Kubelka-Munk K/S oranlarına göre sırasıyla 1.5-K/S oranı, 1-K/S oranı ve 2-K/S oranı olarak belirtilmiştir. a,b,c: Post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.25. Et örneklerinde metmyoglobin

Myoglobin formları arasındaki değişim doğal olarak etin renk stabilitesine (R630/580) de yansımıştır. R630/580 değerinin artması, daha fazla kırmızılığın (a^*) ve DMb, OMb olması dolayısıyla daha iyi renk stabilitesine karşılık gelmektedir (AMSA, 2012; Li ve ark., 2017b). Sarımsak uygulanan etler, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında daha düşük renk stabilitesi göstermiştir (Çizelge 4.16). Daha önce yapılmış çalışmalarda da, bulgularımızla uyumlu olarak sığır eti kıymalarının depolama süresince MMb konsantrasyonu %10'dan %60'a arttığı (Elhadeb ve ark., 2020) ve renk stabilitesinin (R630/580) ise 6.22'den 2.40'a azaldığı (Villalobos-Delgado ve ark., 2020) raporlanmıştır. Duyusal olarak ette renk bozulma skorunun en fazla %45 konsantrasyonda MMb'e karşılık geldiği belirtilmiştir (AMSA, 2012). Anılan MMb miktarının, çalışmamızda belirtilen değerlerden yaklaşık 1.0'a karşılık geldiği düşünülebilir. Şekil 4.25'te de görülebildiği gibi sarımsağın MMb miktarını artırmasının, püre halinde ezilmiş taze sarımsağın et yüzeyini bir film katmanı gibi kaplaması sonucu oksijenasyonu engellemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü oksijen etin renk stabilitesi için en önemli parametredir (Li ve ark., 2018c; Zareian ve ark., 2019). Bu anlamda laboratuvar ölçeğinde yaptığımız bir denemede, Şekil 4.26'da görüldüğü gibi oksijen ile temas edecek şekilde depolanmış etler ile yeterli düzeyde oksijen geçirgenliği olmadan paketlenmiş etlerde MMb bakımından belirgin bir farklılık gözlemlenmiştir.



Şekil 4.26. Kesimden sonra %0 (kontrol), %1 ve %2 oranında sarımsak uygulanarak farklı oksijen geçirgenliğinde (a: oksijen geçirgenliği az; b: oksijen geçirgenliği fazla) depolanan (3 gün) et örnekleri

Söz konusu bulgularımızın aksine, yapılan bir çalışmada sarımsak ekstraktı ilave edilmiş sığır kıymasının a^* değeri (14.49) kontrol grubundan (13.50) daha fazla tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2016b). Ancak araştırmacılar, sarımsak ekstraktını (50 mg/100g) 10 mL etanol:su (1:1 v/v) içerisinde kıymaya ilave etmiştir. Dolayısıyla sarımsak ekstraktının sıvı seyreltik halde ete eklenmesi etin yüzeyini kaplayıp, oksijen ile temasını keserek etin kırmızılığını etkilememiş ve antioksidan aktivite göstererek DMb ve/veya OMb'nin oksidasyonunu azaltmış olabilir. Sözü edilen oksijen teması ve/veya geçirgenliği bakımından Hussain ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışma örnek olarak gösterilebilir. Araştırmacılar koyun etini farklı oranlarda (%0.01-%0.5 aralığında) tarçın kabuk yağı uygulayarak depolamışlardır. Kontrol grubu etlerde a^* değerinin depolamanın başlangıcından sonuna doğru azaldığı (20.16'dan 14.72'ye); %0.5 oranında yağ uygulamasının ise daha fazla azalma (19.51'den 8.33'e) neden olduğu belirlemişlerdir. Benzer şekilde depolamayla MMb miktarının kontrol grubunda 21.75'ten 36.67'ye; %0.5 yağ uygulamasında ise 22.16'dan 64.51'e yükselmiştir. Dolayısıyla tarçın kabuğu yağı uygulamasında olduğu gibi sarımsak da et yüzeyinin oksijen temasını engelleyerek oldukça fazla bir MMb oluşumunun nedeni olabilir. Ayrıca keçi etine uygulanan aljinat bazlı yenilebilir kaplamaya sarımsak yağı ilavesinin, etin kırmızılığını ve renk stabilitesini azalttığı da belirlenmiştir (Guerrero ve ark, 2020). İlâveten, sarımsağın depolama boyunca köftelerin (çiğ) a^* değerinde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Park ve ark., 2014).

Oksidasyon ile oluşan MMb'nin, ette protein ve lipit oksidasyonunu da artırabileceği beklenebilir. Çünkü, MMb'nin ette prooksidan olarak lipit oksidasyonunu artırdığı (Faustman ve ark., 2010), peroksit değeri ile MMb oluşumu arasında büyük bir korelasyon ($r=0.992$, $P<0.01$) olduğu (Zareian ve ark., 2019); OMb (Fe^{+2})'nin MMb (Fe^{+3})'e oksidasyonunun serbest radikal oluşumuna neden olarak et proteinlerinde oksidasyona neden olabileceği (Suman ve Joseph, 2013) belirtilmiştir. Hussain ve ark. (2021) da daha önce söz edildiği gibi kontrol grubundan daha fazla MMb oluşumuna neden olan yüksek konsantrasyonda tarçın kabuğu yağı uyguladıkları etlerde TBARS miktarının da daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Ahn ve ark. (2004) ise farklı sürelerde olgunlaştırılan etleri buzdolabında depoladıkları çalışmalarında hem etin olgunlaşma zamanının hem de depolama zamanının artmasıyla etlerin a^* değerinin azaldığını; TBARS değerinin ise arttığını belirlemişlerdir.

Korkmaz Mutlu (2022) da sığır, tavuk ve hindi etlerinde sarımsak tozu uygulamasının a* değerinde azalmayla birlikte TBARS miktarının (mg MDA/kg) kontrol gruplarına göre (sırasıyla 1.316, 0.207 ve 0.801) sarımsak tozu uygulanan etlerde (1.690, 0.317 ve 1.195) daha fazla olmasını sarımsağın prooksidatif niteliğine atfetmişlerdir. Çalışmanın ‘lipolitik nitelikler’ başlığı altında daha detaylı tartışıldığı gibi etin lipolitik niteliklerine ait bulgularımızın MMb miktarındaki değişimlerle örtüştüğü görülmektedir. Bu anlamda, MMb lipit oksidasyonda bir indikatör niteliğinde olabilir. Diğer yandan fosfoproteomik niteliklerde belirtildiği gibi et örnekleri arasındaki MMb miktarının farklılığı myoglobinin fosforilasyonu ile ilişkilendirilebilir. Sarkoplazmik proteinler arasında belirlenen sadece 20 nolu proteinin fosforilasyonu, depolamayla artmış, 96. saatte özellikle de %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha yüksek fosforilasyon düzeyine sahip olması (Ek 5), MMb miktarı ile myoglobin fosforilasyon düzeyi arasında rapor edilen negatif korelasyonla (Li ve ark., 2018c; 2018d) uyumlu olmuştur.

4.2.4.2. Tekstürel nitelikler

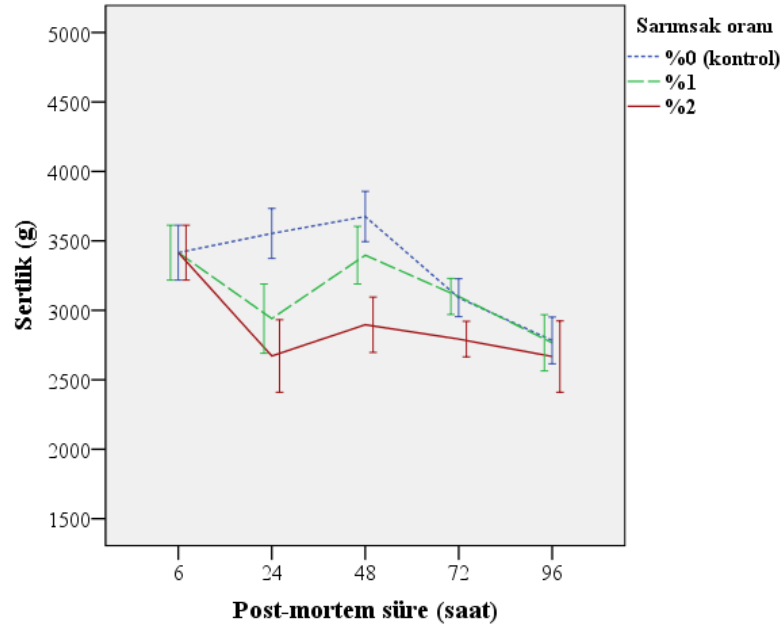
Kesimden sonrası gerek rigor mortis ile oluşan aktomyosin kompleksi, gerekse biyokimyasal değişimler sonucu asitlik gelişimi ile su tutma kapasitesi gibi niteliklerin değişmesi et tekstürünü de etkilemektedir. Ette ‘gevreklik’ olarak da nitelendirilen tekstür niteliği, taze olarak tüketilecek etlerde pişirilerek Warner-Bratzler kesme kuvvetiyle (WBSF, Warner-Bratzler Shear Force) belirlenmektedir. Daha sonra geliştirilen çoklu iğne uçlu penetrometrelerle gerek çiğ gerekse pişmiş etin gevrekliği tespit edilebildiği gibi tekstür profil analizi (TPA) uygulanarak da belirlenebilmektedir. Kıyma formunda et örneklerinin tekstür analizlerde çoklu iğne uçlu proba penetrasyon testi uygulanmıştır. Etlerde ‘sertlik’ ve ‘penetrasyon işi’ nitelikleri belirlenmiştir. Penetrasyon boyunca uygulanacak maksimum kuvvet ‘sertlik’, penetrasyon testinde yapılan iş ise ‘eti çiğneme esnasında harcanacak iş’ olarak tanımlanabilmektedir. Et örneklerinin sertliği ve penetrasyon işi sırasıyla 2667-3675 g ve 5428-9620 g.sn arasında belirlenmiştir (Ek 18). Sığır kaslarının WBSF değerlerinin 2.11-6.66 kg arasında (Lawrie ve Ledward, 2006); loin kaslarında (*L. lumborum* ve *Gluteus medius*) da 2200-3100 g arasında belirlenmiştir (Vierck ve ark, 2020).

Çizelge 4.17. Sarımsak oranı ve depolama zamanlarının etin tekstürel niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Sertlik (g)	Penetrasyon İş (g.sn)
%0 (kontrol)	3291±831X	7691±2612X
%1	3116±1015XY	7109±2858XY
%2	2888±1060Y	6626±3142Y
<i>P</i>	0.010	0.015
Post-mortem süre (B)		
6 saat	3415±905a	9620±3823a
24 saat	3026±1212ab	6532±2752bc
48 saat	3305±963a	7172±2296b
72 saat	3024±582ab	6472±1404bc
96 saat	2740±979b	5956±2136c
<i>P</i>	0.001	0.000
<i>AxB</i>	0.402	0.397

a,b,c: Post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Post-mortem depolama zamanları bakımından etin sertliği ve penetrasyon işi belirli bir eğilim göstermemekle birlikte başlangıç post-mortem 6 saatte daha yüksek; depolamanın sonunda ise daha düşük tespit edilmiştir (Çizelge 4.17). Pearson ve Young (1989) da post-mortem depolama boyunca etin kesme kuvvetinde azalma belirlemişlerdir. Lawrie ve Ledward (2006) ise post-mortem glikoliz ile pH düşüşü sırasında etin kesme kuvvetinde önce artma sonrasında da azalmanın olabileceğini ifade etmiştir. Sarımsak oranı bakımından ise hem sertlik değerinin hem de penetrasyon işinin sarımsak uygulanmamış kontrol grubunda daha yüksek; sarımsak oranının artmasıyla azalma (sırasıyla 3291'den 2888 g'a ve 7691'den 6626 g.sn'ye) gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Şekil 4.27'de de görülebildiği gibi post-mortem et sertliğini azaltması bakımından sarımsağın daha gevrek bir tekstür oluşturabileceği ifade edilebilir. Wong ve Kitts (2002) ile Nieto ve ark., (2013) da sarımsağın parça ette (sirloin) sertliğinin azalmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir. Sarımsağın bu etkisini açıklamada öne çıkabilecek nedenlerden biri proteolitik aktivitenin yarattığı farklılıklar olabilmektedir. Et örneklerinin proteolitik niteliklerinde, sarımsak oranları arasında önemli bir farklılık olmazken, depolama boyunca proteolizin önemli düzeyde arttığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.10).



Şekil 4.27. Et örneklerinde sertlik

Proteolizin artması her ne kadar post-mortem süre boyunca azalan sertliği açıklayabilse de (Kaur ve ark., 2021), sarımsağın etkisinde başka bir parametre olma durumu da olabilir. Çünkü depolamanın sonuna doğru sarımsak oranları sertlik bakımından önemli bir fark oluşturmazken, bu farkın post-mortem 24. ve 48. saatlerde önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir (Ek 18). Glikolitik metabolizmanın sarımsak oranına bağlı olarak daha yavaş seyretmesi ve daha az laktik asit birikimi ve daha yüksek pH, troponin, tropomyosin ve MyLC2 proteinlerinde düşük fosforilasyonu rigor gelişiminin ve aktomyosin sertliğinin sarımsaklı etlerde kontrole kıyasla daha az olması eğilimini açıklayabilir (Huang ve ark., 2012). Nitekim, etin tuzlanması myofibriler proteinlerde daha az fosforilasyona neden olduğu bir çalışmada (Zhang ve ark., 2016a), MyLC fosforilasyonunda azalma daha gevrek bir tekstür nedeni olarak belirtilmiştir. Ayrıca MyLC2 fosforilasyon düzeyi ile hem kendisinin hem de MyHC'nin parçalanma düzeyleri arasında da negatif bir korelasyon (sırasıyla $r=-0.764$ ve -0.826 , $P<0.05$) rapor edilmiştir (Cao ve ark., 2019). MyLC2 rigor oluşumunda fosforile olup, fosforile formunun fosforile olmayan formuna oranının post-mortem 24 saatten sonra artması (Chen ve ark., 2016a), post-mortem 24. saatten sonra et sertliğinde artmayı açıklayabilir. Özetle, sarımsağın post-mortem 48. saate kadar daha yumuşak bir tekstür oluşturması proteinlerin fosforilasyonuna; depolamayla birlikte et sertliğinin azalma ise proteinlerin degradasyonuna atfedilebilir.

4.3. Fermentasyon ve depolama süresince sucuğun nitelikleri

4.3.3. Sucuğun kimyasal nitelikleri

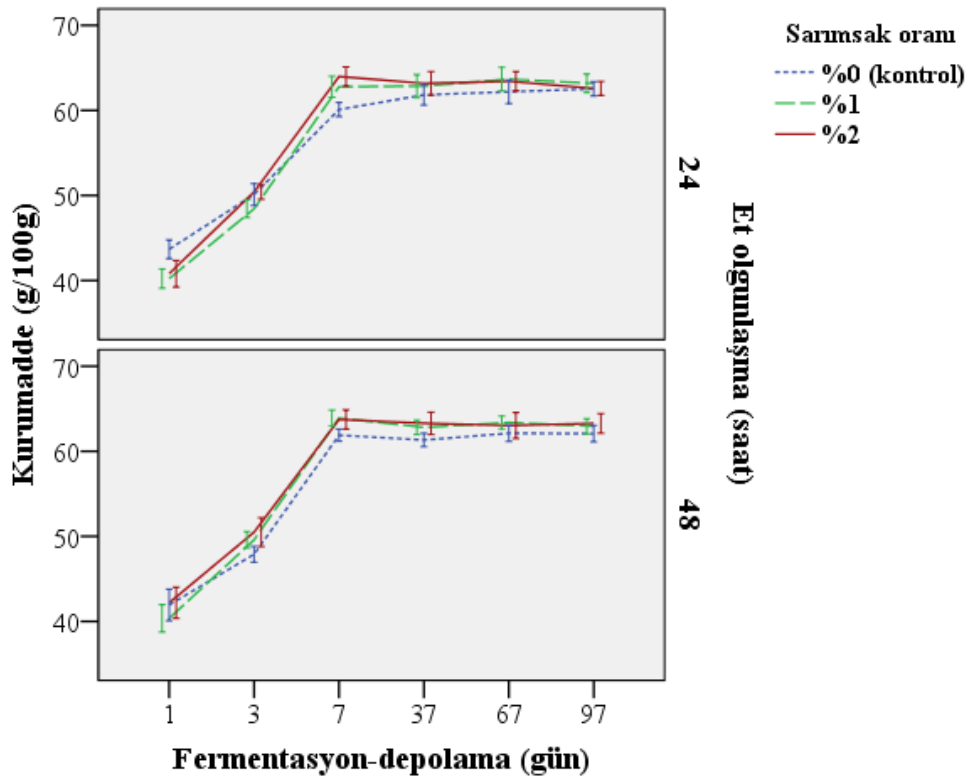
Geleneksel bir gıdamız olan Türk sucuğu, “büyük ve/veya küçükbaş hayvan et ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak üretilen ısıtma işlemi uygulanmamış fermente et ürünü” olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2019). Sucuk örneklerinin kimyasal bileşimi Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun bileşimine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Rutubet (g/100g)	Protein*	Yağ*	Kül*
% 0 (kontrol)	43.4±8.16X	40.2±5.15	51.4±3.93	5.58±0.79
% 1	42.8±9.36XY	40.7±6.32	51.5±3.51	5.47±0.79
% 2	42.3±9.04Y	39.5±5.28	50.2±3.92	5.49±0.71
<i>P</i>	0.049	0.718	0.317	0.614
Et olgunlaşma (B)				
24 saat	42.9±8.90	40.0±5.67	51.0±3.69	5.56±0.74
48 saat	42.8±8.84	40.2±5.53	51.0±3.93	5.47±0.79
<i>P</i>	0.774	0.889	0.971	0.339
Fermentasyon-depolama [#] (C)				
1. gün	57.5±4.06a	41.5±5.81	50.9±5.79	5.33±0.62
3. gün	50.5±3.47b	40.2±4.76	49.5±3.47	5.59±0.58
7. gün	37.3±3.21c	40.2±4.04	51.9±3.12	5.61±0.91
37. gün	37.5±3.43c	40.0±6.45	51.1±3.05	5.53±0.84
67. gün	37.0±3.51c	39.7±6.17	51.1±3.80	5.41±0.69
97. gün	37.3±2.79c	39.1±6.31	51.6±2.83	5.56±0.83
<i>P</i>	0.000	0.925	0.520	0.492
İnteraksiyonlar				
<i>AxB</i>	0.775	0.696	0.831	0.712
<i>AxC</i>	0.434	0.964	0.103	0.993
<i>BxC</i>	0.935	0.980	0.383	0.908
<i>AxBxC</i>	0.942	0.995	0.758	1.000

*mg/100g kurumadde. #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. *g/100g kurumadde. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sucuk örneklerinin ortalama rutubeti fermentasyon başlangıcında %57.5 iken kuruma sonunda (7. günde) %37.3'e azalmış ve depolama sırasında değişim göstermemiştir (Çizelge 4.18). Diğer yandan sucuk örnekleri kurumadde değişimi de Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Kuruma sonrası sucuklarda rutubet miktarı %40'ın altında olduğundan yasal yönetmeliklere (TGK, 2012) uygun olmuştur. Sucuk örneklerinin protein, yağ ve kül içerikleri, kurumanın oluşturduğu farklılığı elemine etmek amacıyla, kurumadde oranları üzerinden değerlendirilmiştir. Sucuk örneklerinde ortalama protein, yağ ve kül miktarları (g/100 g kurumadde) sırasıyla 40.1, 51.0 ve 5.52 olup, bu değerler sucuğun %23'üne, %29'una ve %3'üne karşılık gelmektedir. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (2018/52)'ne göre, sucukta protein miktarı kütlece en az %16, sucuğun hem rutubet hem de yağ içeriğinin ise proteinin en fazla 2.5 katı olabileceği belirtilmiştir (TGK, 2019). Bu anlamda sucuk örneklerinin anılan sınırlara uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.28. Sucuk örneklerinin kurumadde içeriği

Babaoğlu ve Karakaya (2022) belirlediğimiz rutubet miktarından daha az rutubet (%45-48) içeren sucuk hamurunun protein ve kül miktarlarını (mg/100g kurumadde) bulgularımızdan daha az (sırasıyla 27-29 ve 4.06-4.67); yağ miktarını ise daha fazla (66-68) belirlemişlerdir. Bu farklılık, sucuk hamurunda yağ miktarı ne kadar artarsa rutubet ve protein içeriğinin de o oranda azalmasından kaynaklanabilir (Soyer ve ark., 2005). Liaros ve ark. (2009)'da az yağlı sucuklarda, daha fazla yağ içeren sucuklara kıyasla daha fazla ağırlık kaybı oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar son üründe yağ miktarı dışında, bulgularımız ile benzer kurumadde, protein ve kül değerleri tespit etmişlerdir. Kılıç ve Özer (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da fermentasyon ve kuruma sonunda sucukta rutubet miktarında bulgularımız ile benzer bir azalma (%53-55'ten %31-39'a); protein, yağ ve kül içerikleri de çalışmamızda belirlenen değerlere benzer tespit edilmiştir. Kesimden sonra farklı oranlarda sarımsak uygulanan etlerden üretilen sucukların ortalama rutubet içeriğinin sarımsak oranının artmasıyla azalma gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Fakat farklı oranlarda sarımsakla gerek 24 gerekse 48 saat olgunlaştırma fermentasyon ve depolama boyunca sucuğun rutubet içeriğinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Ek 19). Diğer yandan artan oranda olgunlaştırılan et sucuklarının pH değerlerinde bir artma ve titrasyon asitliğinde ise azalma gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19). Bu durum, daha önce etin gerek kimyasal gerekse glikolitik nitelikleri kısmında da söz edildiği üzere, kesimden sonra sarımsak uygulamasıyla ette daha az asitlik oluşumundan kaynaklanmış olabilir.

Beklendiği üzere sucuk üretiminde starter kültürün kullanılmasıyla fermentasyon sırasında pH değeri azalmış ve titrasyon asitliği önemli düzeyde ($P<0.001$) artmıştır. Fermentasyon ve kuruma sonunda kontrol grubu etlerden üretilen sucuklar sarımsak uygulananlara göre daha düşük pH değerine sahip olmuştur ($P<0.05$, Ek 20). Normal bir sucuk hamurunun başlangıç pH'sı 6.10-6.20 olup; olgunlaşma sırasında da pH'nın 5.1-5.2'ye düşmesi gerektiği belirtilmektedir (Gökalp ve ark., 2012). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (2018/52)'ne göre, sucuğun pH değeri en fazla 5.4 olarak belirtilmiştir (TGK, 2019). Fermentasyon öncesi ortalama pH değeri ve titrasyon asitliği (g/100g laktik asit) sırasıyla 5.87 ve 0.50 olup; fermentasyon ve kuruma sonunda pH değeri 4.70'e azalmış (Şekil 4.29); titrasyon asitliği de 1.07'ye yükselmiştir (Çizelge 4.19).

Yıldız-Turp ve Serdaroğlu (2008) ile Kılıç ve Özer (2017) de sucuk hamurunun pH değerinin fermentasyon ve kuruma sonunda bulgularımız ile benzer şekilde azaldığını (sırasıyla 5.49-5.59'dan 4.60-4.82'ye ve 5.77-5.78'den 4.73-4.85'e) belirlemişlerdir. Sarıçoban ve Ünal (2022) olgunlaşmanın 7. gününe kadar sucuğun titrasyon asitliğinin (% laktik asit) 1.07'den 2.04'e arttığını; pH değerinin ise 5.99'dan 4.64'e azaldığını belirlemişlerdir. Dalmış ve Soyer (2008) de starter kültür kullanmadıkları sucuklarda pH değerinin 5.7'den 4.76'ya; starter kültür kullanılması durumunda ise 4.62'ye azaldığını tespit etmişlerdir.

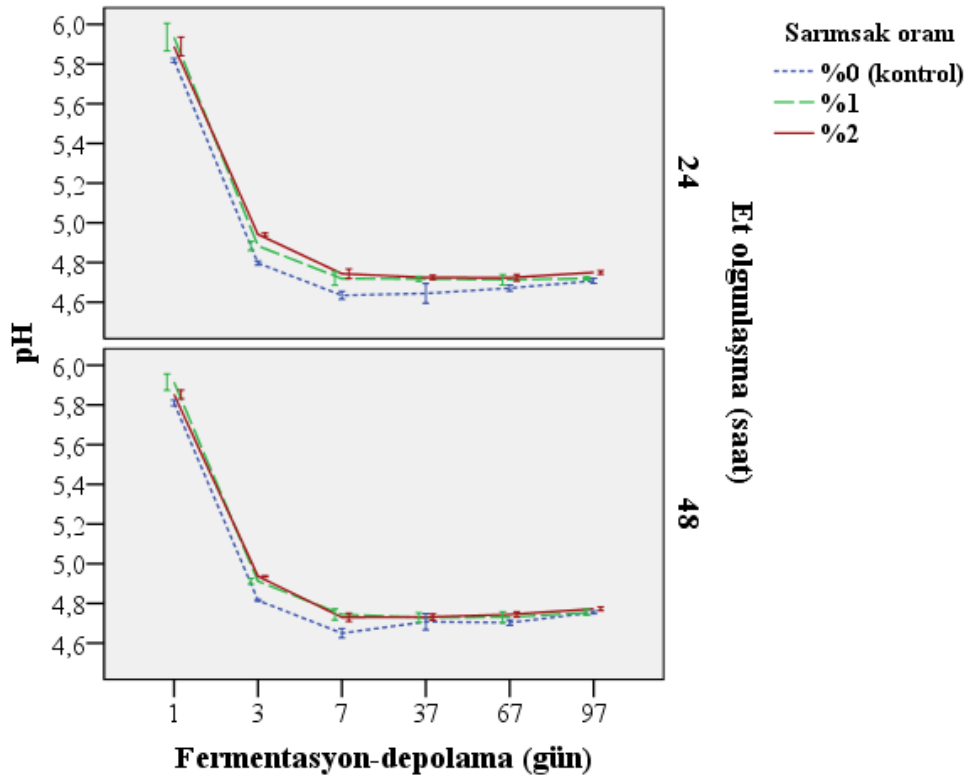
Çizelge 4.19. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun titrasyon asitliği ve pH değerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	pH değeri	Titrasyon asitliği [§]
% 0 (kontrol)	4.84±0.38Y	1.01±0.28X
1	4.90±0.40X	0.97±0.27Y
2	4.91±0.38X	0.95±0.27Y
<i>P</i>	0.000	0.002
Et olgunlaşma (B)		
24 saat	4.87±0.39	0.99±0.27
48 saat	4.89±0.38	0.97±0.27
<i>P</i>	0.076	0.157
Fermentasyon-depolama [#] (C)		
1. gün	5.87±0.10a	0.50±0.06d
3. gün	4.88±0.06b	0.78±0.04c
7. gün	4.70±0.08d	1.07±0.06b
37. gün	4.71±0.09d	1.10±0.13b
67. gün	4.71±0.06d	1.20±0.08a
97. gün	4.74±0.04c	1.21±0.13a
<i>P</i>	0.000	0.000
İnteraksiyonlar		
<i>AxB</i>	0.362	0.718
<i>AxC</i>	0.026	0.635
<i>BxC</i>	0.505	0.702
<i>AxBxC</i>	0.999	0.857

[§]TA: Titrasyon asitliği (% laktik asit); [°]OAs: Organik asitler (%); [#]1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$)

Babaoğlu ve Karakaya (2022), olgunlaşma süresi (7 gün) sonunda, sucuklarda bulgularımızdan daha yüksek pH (5.17-5.27) ve daha az laktik asit (0.77-0.96 g laktik asit/100g) belirlemişlerdir. Bu durum ya sucuk üretiminde daha fazla yağ kullanımından ya da fermentasyon-kuruma koşullarının farklılığından kaynaklanabilir. Nitekim Soyer ve ark. (2005) yağ içeriği artan sucukların daha fazla pH değerine sahip olabileceğini ve fermentasyon sıcaklığı ile yağ miktarı arasında önemli ($P<0.01$) bir interaksiyon olduğunu belirtmişlerdir. İyi kalitede fermente sosis üretimi için toplam asitliğin (laktik asit cinsinden) %0.75-1.00; pH'nın 4.8-5.0 arasında olması önerilmiştir (Pearson ve Gillet, 1996).

Sucuk örneklerinin pH değerinde depolamanın 90. gününde; titrasyon asitliğinde de 60. ve 90. günlerde önemli bir artma olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Vakum paketlenerek buzdolabında 30 gün depolanan sucukların pH değerinde önemli bir değişim olmadığı (Kılıç ve Özer, 2017); polietilenle 90 gün depolanan sucukların pH değerinin ise önemli düzeyde arttığı (5.25'ten 6.48'e) belirlenmiştir (Demirok Soncu ve ark., 2020).



Şekil 4.29. Sucuk örneklerinde pH değeri

pH değerinde artma daha sonra ‘Sucuğun proteolitik nitelikleri’ başlığında söz edileceği gibi, NPN miktarındaki artmanın bir sonucu olabilir (Soyer ve ark, 2005; Flores ve Toldra, 2011; Demirok Soncu ve ark., 2020). Titrasyon asitliğinin artması ise heterofermentatif laktik asit bakterilerinin aktivitesi ile oluşan organik asitlerin miktarındaki artma ile açıklanabilir.

Sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklara göre, sarımsak uygulanmadan 24 saat sonunda üretilen sucuklarda depolama sırasında pH değeri artma eğilimi göstermiş; 48 saat sonunda üretilen sucuklarda ise bu artmanın önemli bir düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Ek 20). Dolayısıyla sarımsak uygulamaksızın 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların, sarımsak uygulanıp üretilenlere göre pH değerinin depolamayla daha fazla artabileceği dolayısıyla daha fazla proteolizin olabileceği öngörülebilir. Bu anlamda 48 saat olgunlaşma süresinde ete sarımsak uygulanmış olması, sucuk kalitesi açısından faydalı olarak değerlendirilebilir.

4.3.4. Sucuğun biyokimyasal ve duyuşal nitelikleri

4.3.4.1. Fermentatif nitelikler: Organik asitler ve karbonhidratlar

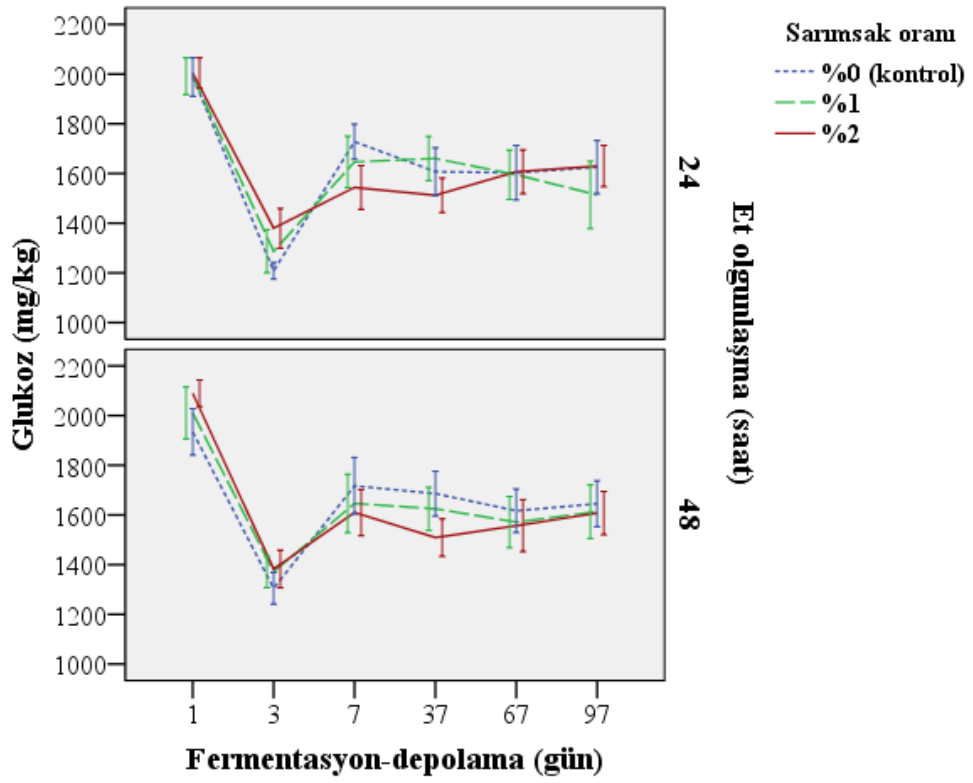
Sucuk üretiminde fermentasyon, kuruma ile birlikte yürütüldüğünden sucuk niteliklerini önemli bir şekilde etkileyen üretim sürecidir. Kurutma hem ürünü fermente edebilecek hem de rutubeti yapıdan homojen bir şekilde uzaklaştırabilecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu anlamda fermentasyonla gerek hızlı gerekse geç asitlik gelişimi yapının kurumasında sorunlar oluşturabilmektedir. Sucukta belirli bir düzeyde fermentasyon için laktik asit bakterilerinin (LAB) ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla sucuk hamuruna genellikle sükröz ilave edilmektedir. pH değeri 5.3’ten az olan sosislerde fermentasyondan önce %0.3-0.7 kadar karbonhidratın gerekli olabileceği belirtilmiştir (Pearson ve Gillet, 1996). Glukoz ya da fruktoz da bu amaçla kullanılabilir ancak üründe hızlı asitleşme sağladıklarından bu amaç için daha çok sükröz tercih edilmektedir (Toldra, 2010). Anılan şekerler fermentasyon için gerekli olduğu kadar sucuk lezzet gelişiminde de öncü niteliğindedirler. Sucuk formülasyonunda şekere ek olarak, standart bir fermentasyon için starter kültürler de yer almaktadır.

LAB tarafından şeker metabolizması ile oluşan başta laktik asit olmak üzere diğer organik asitler, sucuğun temel koruyucuları olmakla birlikte sucuk lezzetinin oluşumunda da rol almaktadırlar (Roca ve Incze, 1990). Sucuk örneklerinde süktroz miktarı beklenildiği gibi fermentasyonla birlikte büyük bir azalma göstermiş (2424'ten 148 mg/kg'a), depolama boyunca tespit edilmemiştir. Johansson ve ark. (1994), çalışmamızda kullandığımızdan (%0.4) daha fazla süktroz içeren ve dumanlanarak daha uzun süre olgunlaştırılan (21 gün) fermente sosislerde süktrozun azaldığını tespit etmiştir. Yoo ve ark. (2016)'da fermentasyon boyunca glukoz ve fruktozun azaldığını belirtmişlerdir.

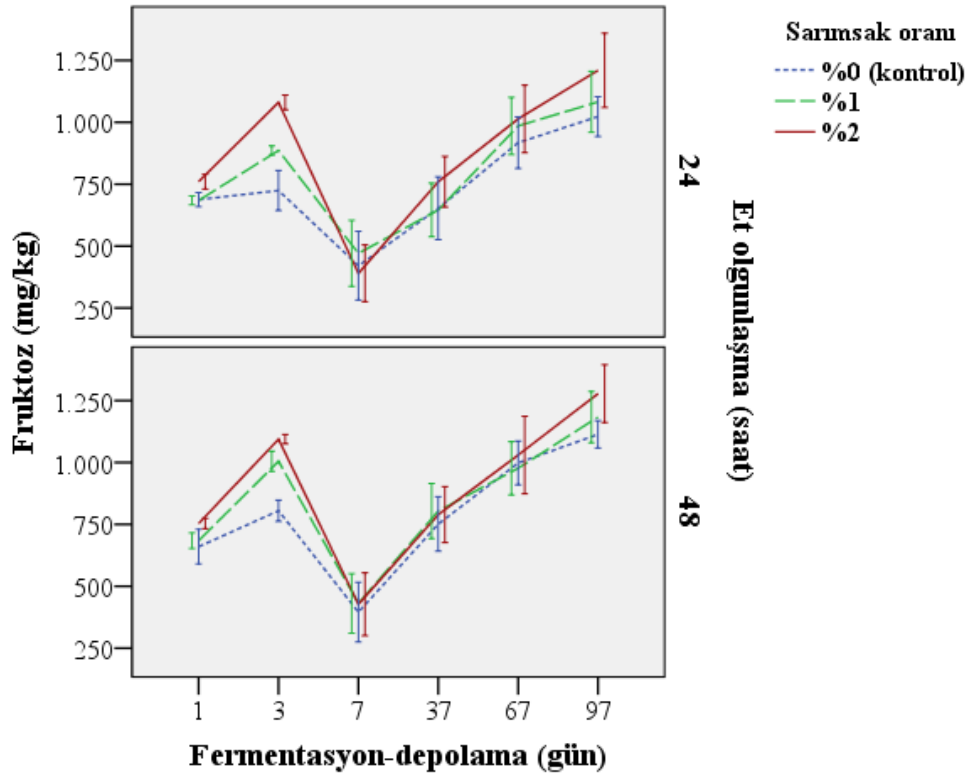
Çizelge 4.20. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun karbonhidrat konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Karbonhidratlar (mg/kg)		
	Süktroz	Glukoz	Fruktoz
% 0 (kontrol)	1038±1148	1652±295	751±320Y
1	1063±1140	1647±296	796±332XY
2	995±1041	1629±274	852±377X
<i>P</i>	0.851	0.883	0.027
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	1043±1115	1638±283	778±341
48 saat	1020±1096	1655±285	821±349
<i>P</i>	0.756	0.523	0.228
Fermentasyon-depolama [#] (C)			
1. gün	2424±598a	2003±185a	705±93.0c
3. gün	491±93.3b	1322±139c	933±161b
7. gün	148±30.6c	1649±254b	423±313d
37. gün	-	1600±222b	734±285b
67. gün	-	1593±222b	986±265b
97. gün	-	1609±231b	1150±257a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.930	0.987	0.943
<i>AxC</i>	0.618	0.617	0.875
<i>BxC</i>	0.945	0.992	0.901
<i>AxBxC</i>	0.977	0.996	1.000

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.30. Sucuk örneklerinde glukoz konsantrasyonu



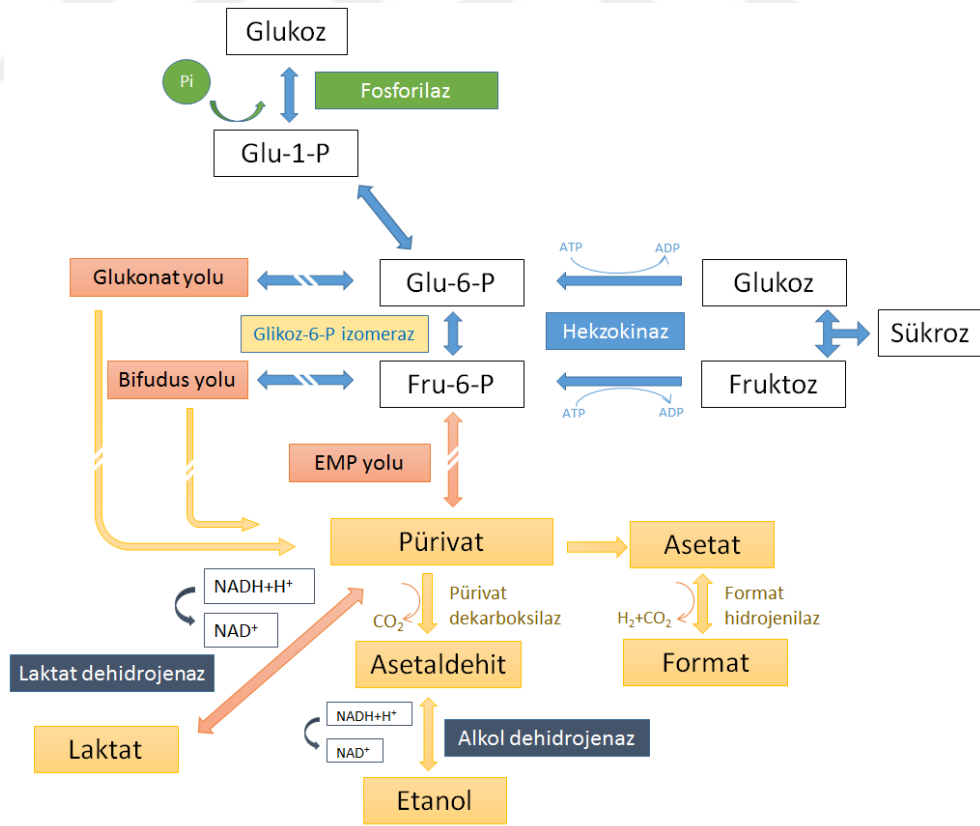
Şekil 4.31. Sucuk örneklerinde fruktoz konsantrasyonu

Sucuk gibi fermente ürünlerde, karbonhidrat içeriğinde değişimle ilgili literatürde çok fazla çalışmaya rastlanılamamıştır. Sucuk örneklerinin ortalama glukoz ve fruktoz konsantrasyonları sırasıyla 1647 ve 800 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Fruktozun glukozdan daha az tespit edilmesi etin kendisinin de glukoz içermesiyle açıklanabilir. Fermentasyonla sucuk örneklerinin ortalama glukoz içeriği 2003'ten 1322 mg/kg'a kadar azalmış, kuruma ile muhtemelen kurumadde artışının ya da fermentasyonun fruktoz üzerinden gerçekleşmesinin bir sonucu olarak 1649 mg/kg'a yükselmiş (Şekil 4.30) ve depolama sırasında değişmemiştir (Çizelge 4.20).

Benzer bir değişim Johansson ve ark. (1994) tarafından da belirlenmiş olup; glukozun fermentasyonla azaldığı sonraki dumanlama, kuruma ve depolama zamanlarında ise arttığı tespit edilmiştir. Fruktoz da fermentasyon ve depolama zamanlarında değişkenlik göstermiştir. Fermentasyonla ortalama fruktoz konsantrasyonu artma (705'ten 933 mg/kg'a), kuruma sonunda azalma (423 mg/kg'a) ve depolamada tekrar artma eğilimi (423'ten 1150 mg/kg'a) göstermiştir (Şekil 4.31). Sucukta depolamanın ilk 60 gününde fruktozda gözlemlenen artma eğilimi bu süreçte de devam eden kurumadde artışı ile ilişkilendirilebilir.

Sucukta asitlik gelişimi dolayısıyla pH değerinde azalmanın kurumanın sonuna kadar devam etmesi (Ek 20), fermentasyon sürecinde (3. gün) glukoz azalması yani fermentasyonun glukoz üzerinden gerçekleşmesi ile uyumlu olmaktadır. Ancak kuruma ile fruktozun azalması ise ortam mikrobiyal florasının fermentasyonda fruktozu öncelemesi ile ilişkili olabilir. Bir diğer ifadeyle hem sükroz hem de glukoz varlığında fermentasyonla azalan pH değeri ve su aktivitesi ya mikroflorayı ya da enzim aktivitesini etkileyerek metabolizmayı fruktoz yönüne çevirmiş, dolayısıyla kuruma aşamasında da fruktozun kullanımına neden olmuş olabilir. Metabolizmanın fruktoz üzerinden gerçekleşmesi: (1) fruktoz miktarının belli bir eşik düzeye ulaşması, (2) düşük pH ve su aktivitesi değerinde ortamda fruktozu kullanabilen mikrofloranın oluşması, (3) glikoliz metabolik yollarında fruktozun kullanımı ve (4) fermentasyonla azalan pH değerinde fosforilaz ya da glukoz-6-fosfat izomeraz enzimlerinin aktivitelerinin azalması (Şekil 4.32) gibi olası durumlarla özetlenebilir. Sucuk örneklerinin pH değeri de dikkate alındığında (Ek 20), fruktoz ve glukoz konsantrasyonunda söz edilen değişimlerin enzimlerin aktivitesinin azalmasından kaynaklanmış olma ihtimali öne çıkabilmektedir.

Çünkü kontrol grubu sucuklarla karşılaştırıldığında, sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların pH değeri daha yüksek olup, fermentasyon sonunda daha fazla sükröz ve fruktoz içermiştir (Ek 21). Fermentatif metabolizma ürünü organik asitlerin konsantrasyonlarında değişimler Çizelge 4.21’te verilmiştir. Sucuk örneklerinde ortalama olarak en fazla miktarda (mg/100g) belirlenen organik asit beklenildiği gibi laktik asit (1000) olup, onu sırasıyla asetik (72.7); süksinik (51.8); bütirik (24.7); formik (20.0); sitrik (11.8); propiyonik (8.73) ve pürivik (2.68) asitler izlemiştir. Fermente sosislerde laktik ve asetik asit başlıca organik asitler olarak nitelendirilmiştir (Johansson ve ark., 1994; Antara ve ark., 2004). Sucuk örneklerinde toplam organik asit konsantrasyonu, titrasyon asitliğinde olduğu gibi fermentasyon ve kuruma ile artmıştır. Aynı zamanda sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda her bir organik asitte azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Bu durum toplam organik asit konsantrasyonuna da yansımıştır (Çizelge 4.21). Bu tespit sucukların karbonhidratlarında gözlemlenen değişim ile uyumlu olmaktadır. Ancak 24 saat ya da 48 saat et olgunlaştırma toplam organik asitte bir değişim yaratmamıştır.

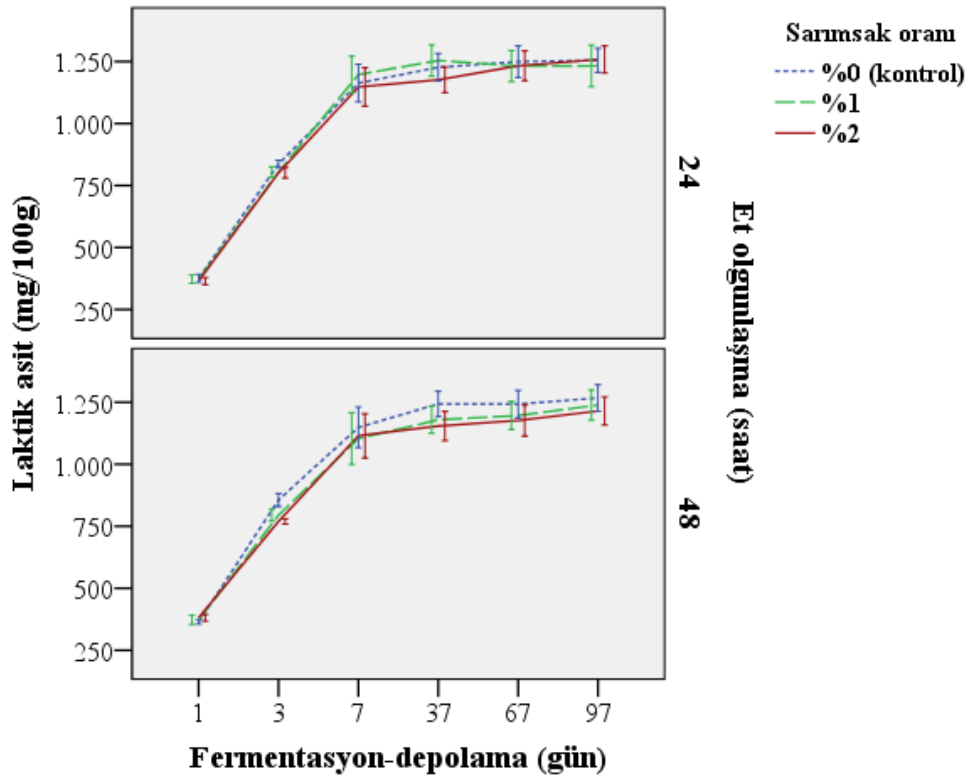


Şekil 4.32. Glikoliz ve glukoz fermentasyonunda metabolik yollar (Belitz ve ark., 2009)

Çizelge 4.21. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun organik asit konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Organik asitler (mg/100g)								Toplam
	Laktik	Asetik	Propiyonik	Bütirik	Formik	Pürivik	Sitrik	Süksinik	
% 0 (kontrol)	1019±344X	78.5±26.1X	9.43±5.77X	29.3±18.4X	22.8±7.59X	3.16±1.67X	12.0±12.6	53.2±20.2X	1228±361X
1	998±347XY	71.3±25.2Y	8.61±5.86Y	23.1±15.4Y	20.0±6.44Y	2.77±1.27X	11.9±13.8	53.2±21.2X	1189±364XY
2	983±335Y	68.1±24.9Y	8.12±5.80Y	21.7±15.1Z	17.4±5.71Z	2.14±1.06Y	11.4±12.4	49.0±22.2Y	1160±350Y
<i>P</i>	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.538	0.019	0.017
Et olgunlaşma (B)									
24 saat	1010±346	67.7±24.3	8.79±5.74	21.5±14.6	20.0±7.03	2.68±1.41	11.9±12.4	54.5±20.0	1197±363
48 saat	990±338	77.6±26.2	8.66±5.90	27.9±18.0	20.1±6.90	2.69±1.43	11.6±13.4	49.1±22.1	1188±354
<i>P</i>	0.108	0.000	0.614	0.000	0.961	0.951	0.554	0.000	0.628
Fermentasyon-depolama [#] (C)									
1. gün	372±34.6d	29.6±7.49c	0.95±0.45d	3.22±2.61f	22.5±8.74a	2.96±2.20a	34.2±5.49a	91.6±14.3a	557±64.9d
3. gün	810±54.3c	67.4±22.4b	1.67±1.80d	5.32±4.18e	12.9±9.16b	1.27±0.59b	23.0±4.43b	33.2±8.21c	956±65.3c
7. gün	1146±193b	82.9±24.9a	9.63±1.89c	25.5±7.12d	21.0±4.43a	3.29±1.08a	6.21±2.72c	48.6±8.45b	1343±209b
37. gün	1206±132a	88.2±13.6a	12.0±2.30b	33.4±7.92c	22.3±4.74a	2.82±0.80a	3.21±2.31d	47.0±9.93b	1415±133a
67. gün	1222±138a	86.0±8.77a	13.6±2.39a	39.3±7.56b	21.4±4.01a	2.98±1.10a	2.25±1.93d	45.8±10.8b	1433±141a
97. gün	1244±138a	81.8±7.49a	14.4±2.39a	41.5±7.66a	20.2±3.44a	2.81±1.20a	1.78±1.49d	44.4±9.40b	1451±142a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar									
<i>AxB</i>	0.425	0.976	0.526	0.000	0.913	0.712	0.587	0.662	0.562
<i>AxC</i>	0.970	0.000	0.538	0.028	0.938	0.008	0.001	0.787	0.982
<i>BxC</i>	0.873	0.427	0.311	0.000	0.997	0.508	0.058	0.124	0.981
<i>AXBxC</i>	0.986	0.845	0.959	0.397	1.000	1.000	0.953	0.979	0.998

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).



Şekil 4.33. Sucuk örneklerinde laktik asit konsantrasyonu

Uygulanan sarımsak oranı ve sucuk üretim öncesi et olgunlaşma süresini göz ardı ettiğimizde fermentasyon ve depolama laktik asit üzerine önemli bir etki yaratmış ($P<0.001$) ve laktik asit konsantrasyonu 372-1222 mg/100g arasında belirlenmiştir. Depolamanın 30. gününden itibaren laktik asitte önemli bir değişim gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.21; Şekil 4.33). Ancak uygulanan sarımsak oranının artması ve et olgunlaşma süresinin uzaması ile laktik asit üretimi azalma eğilimi göstermiştir (Ek 22). Özellikle %2 sarımsak uygulanmış etlerde 24 saat ve 48 saat et olgunlaştırma hem fermentasyon hem de depolama sırasında sucuklarda laktik asit üretimini önemli düzeyde etkilemiştir (Ek 22).

Laktik asitten sonra sucuk örneklerinde en fazla bulunan asit asetik asit olup; aynı zamanda sucukta başlıca uçucu asit bileşeni olarak da belirlenmiştir. Hem laktik asit hem de asetik asit kuru fermente sosislerde başlıca lezzet bileşenleri olarak nitelendirilmiştir (Ferrocino ve ark., 2018). Fermentasyon öncesinde 29.6 mg/100g olan asetik asit; fermentasyon ve kuruma sonunda sırasıyla 67.4 ve 82.9 mg/100g'a yükselmiş, depolama sırasında önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.21).

Uçucu bileşenler arasında belirlenen asetik asit de fermentasyon ve depolama zamanlarında benzer bir değişim göstermiştir (Çizelge 4.35). Tütsülenerek olgunlaştırılan fermente sosislerde bulgularımız ile benzer olarak asetik asidin olgunlaşmanın ilk 3 gününde arttığı sonrasında ise benzer olduğu belirlenmiştir (Johansson ve ark., 1994). Benzer şekilde kuru fermente sosiste en fazla oranda bulunan kısa zincirli organik asit olan asetik asit (Hierro ve ark., 1997) fermentasyonla önemli düzeyde artmıştır (Antara ve ark., 2004). Kontrol grubu sucuklarda ortalama asetik asit miktarının sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($P<0.001$). Bu farklılık özellikle de fermentasyondan sonra önemli bulunmuştur (Ek 22). Bunun yanı sıra 24 saate kıyasla 48 saat et olgunlaştırma asetik asitte özellikle depolama sırasında önemli bir artış yaratmıştır. Özellikle %2 oranında sarımsakla 48 saat olgunlaşmış et sucukları, 7. gün (kuruma) dışında diğer üretim ve depolama zamanlarında 24 saat olgunlaşmaya kıyasla önemli düzeyde yüksek asetik asit içermişlerdir (Ek 22). Diğer bir ifadeyle sarımsak uygulaması asetik asit üretiminde azalmaya neden olmuş (Çizelge 4.21); ancak hem sarımsaklı hem sarımsaksız et olgunlaşma süresini uzatma tüm sucuklarda depolamada asetik asitte önemli ($P<0.001$) bir artışa neden olmuştur (Ek 22). Böylece, asetik asit üretimi et ön olgunlaşma süresi uzatmakla da arttırılabilmektedir. Asetik asit şekerlerin heterofermentatif LAB'i tarafından fermentasyonu ile üretilen başlıca organik asittir (Toldra, 2012b). Buna göre sarımsak uygulaması heterofermentatif mikroorganizmaları baskılamış (Zdolec ve ark., 2008) ancak olgunlaşma süresini uzatma heterofermentatif metabolizmayı geliştirmiştir. Fakat sadece uygulanan sarımsak oranı ve depolama arasında interaksiyon asetik asit konsantrasyonu üzerinde önemli ($P<0.001$) bir etki yaratmıştır (Çizelge 4.21).

Araştırmacılar, *Laktobacillus* sp. inoküle edilmeyen fermente sosislerde fermentasyonla asetik asidin önemli bir değişim göstermediğini ve bu durumun mikrobiyal yükün karbonhidratları fermente edebilecek kadar yüksek olmamasına atfetmiştir (Hierro ve ark., 1997).

Propiyonik ve bütirik asitler heterofermentatif metabolizma ürünü olmakla birlikte lipoliz sonucu da üretilmektedirler. Her iki organik asit de depolamayla artma eğilimi gösteren organik asitler arasındadır (Çizelge 4.21). Bu iki organik asidin fermente sosislerde laktik ve asetik asitten sonra az, ancak önemli miktarda bulunduğu belirtilmiştir (Roca ve Incze, 1990; Antara ve ark., 2004; Hierro ve ark., 1997).

Sucuk örneklerinin propiyonik ve bütirik asit miktarları sırasıyla 0.70-15.5 mg/100g ve 1.19-53.9 mg/100g arasında belirlenmiştir. Diğer organik asitler gibi kuruma sonrasında önemli artışları propiyonik ve bütirik asitler de göstermiş; özellikle bütirik asitte artışlar depolama sırasında da devam etmiştir (Çizelge 4.21; Ek 22). Artan sarımsak oranı hem bütirik hem propiyonik asit üretimini azaltmış; ancak et olgunlaşma süresini uzatma yalnızca bütirik asitte üretim ve depolama süreçlerinde artırıcı yönde bir etki yaratmıştır (Çizelge 4.21). Sarımsak uygulanan etlerde 24 saat olgunlaştırma 48 saat olgunlaştırmaya kıyasla 7. günde (kuruma sonrası) propiyonik asidi arttırmış; fakat diğer üretim ve depolama süreçlerinde önemli bir etki gözlemlenmemiştir. Nitekim propiyonik aside kıyasla bütirik asit, uygulanan parametreler arasındaki ikili interaksyondan önemli düzeyde etkilenmiştir (Çizelge 4.21). Güler ve Tekin (2019) tarafından da belirtildiği gibi propiyonik ve bütirik asitler lipolizin bir indikatörü olabilir. Heterofermentatif metabolizmanın yanı sıra özellikle kontrol grubu sucuklarda endojen lipaz aktivitesi artmış olabilmektedir. Bu durum, kontrol grubu sucukların lipolitik niteliklerindeki bulgular ile uyumlu olmaktadır. Hierro ve ark. (1997) da bulgularımız ile benzer şekilde propiyonik ve bütirik asitlerin (mg/kg kurumadde) fermentasyonla arttığını (sırasıyla 2'den 7'ye ve 5'ten 13'e) belirlemişlerdir. Ansorena ve ark. (2000), olgunlaşmanın 21. gününden 35. gününe kadar Chorizo'nun bütirik asit miktarının arttığını tespit etmişlerdir.

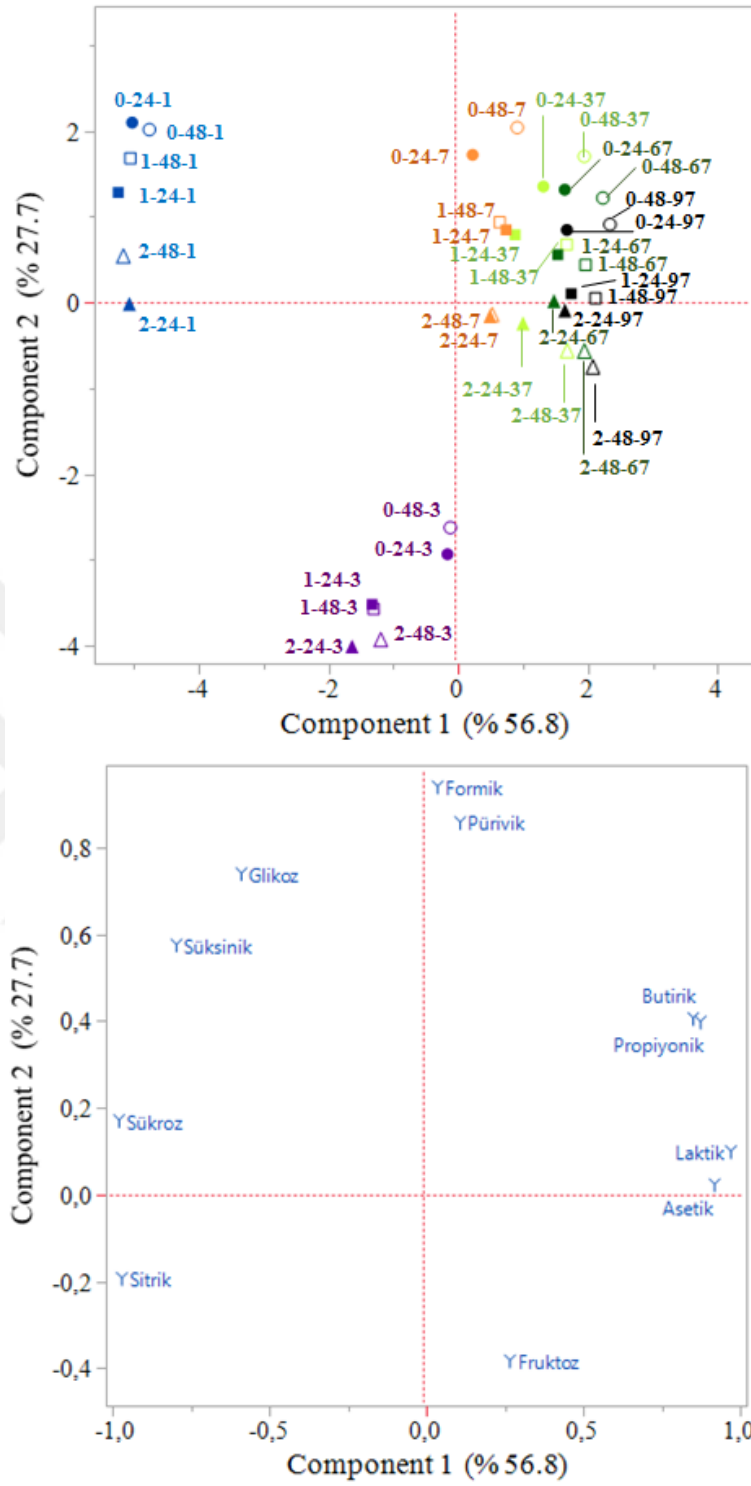
Sucuk örneklerinin formik ve pürivik asit miktarları sırasıyla 10.5-26.2 mg/100g ve 0.96-4.68 mg/100g arasında belirlenmiştir. Miktarı az olmakla beraber pürivik ve formik asitlerin de fermente sosislerde bulunabildiği yapılan çalışmalarda da ifade edilmiştir (Roca ve Incze, 1990). Çizelge 4.21'den de görüldüğü gibi fermentasyonla formik ve pürivik asit önemli bir azalma göstermiştir. Şekil 4.32'den de görülebildiği gibi hem homofermentatif hem de heterofermentatif metabolizmanın başlıca ara ürünü olduğu için pürivik asitteki azalma laktik ve asetik asit miktarındaki artma ile uyumludur. Pürivik asit miktarının kuruma sonunda tekrar artmasında ve depolama boyunca da benzerlik göstermesinde, Han ve ark. (2022)'nin da belirttikleri gibi düşük sıcaklıkta anaerobik olarak depolanan sucuklarda serin amino asidinden pürivik asit oluşması etkili olabilir. Söz konusu asitlerde azalma, etin olgunlaştırıldığı sarımsak oranına da bağlı olarak değişmiştir. Kontrol grubu sucuklarda et olgunlaştırma süreleri ne fermentasyon ne de depolama zamanlarında formik ve pürivik asit içeriğinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır.

Ancak %1 sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan; %2 sarımsakla hem 24 hem de 48 saat olgunlaştırılan et sucuklarında fermentasyon sonrasında formik asit önemli düzeyde azalma göstermiştir. Sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda depolamayla birlikte formik ve pürivik asit miktarlarında artma olmakla birlikte, kontrol grubu sucukların fermentasyon zamanlarında daha fazla pürivik asit; depolama zamanlarında da daha fazla formik asit içerdiği belirlenmiştir. Et olgunlaşma süreleri sucuğun formik asit miktarı bakımından önemli bir etki göstermezken, 24 saatle karşılaştırıldığında 48 saat olgunlaşma süresi sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda fermentasyon öncesinde; kontrol grubunda ise fermentasyon sonrasında daha fazla pürivik asit oluşturmuştur (Ek 22).

Sitrik ve süksinik asitler TCA metabolizmasının ara ürünleri olup; daha önce et kısmında belirttiğimiz üzere süksinik asit, sitrik asitten daha fazla belirlenmiştir. Sucuk örneklerinin süksinik asit içeriği de 27.9-93.9 mg/100g arasında tespit edilmiştir. Ortalama süksinik asit en fazla fermentasyon öncesinde (91.6 mg/100g); en az fermentasyon sonunda (33.2 mg/100g) ve kuruma sonrasında tekrar arttığı (48.6 mg/100g) gözlemlenmiştir. Sitrik asit ise sucuk örneklerinde fermentasyon öncesinden depolamanın sonuna doğru azalma eğilimi (34.2 mg/100g'den 1.78 mg/100g'e) göstermiştir. Yoo ve ark. (2016)'da süksinik asidin olgunlaşma süresince arttığını; sitrik asidin ise azaldığını belirlemiştir. Antara ve ark. (2004), Bali'nin geleneksel fermente sosisi 'Urutan'da süksinik asidin az miktarda belirlendiğini ifade etmişlerdir. Sucuk örnekleri arasında %2 oranında sarımsak uygulanmış et sucuklarında ortalama süksinik asit miktarı daha az belirlenmiştir. Bu farklılık, fermentasyon sonrasında ve depolama sırasında önemli bir seviyeye ulaşmıştır. Bunun yanı sıra diğer sucuklarda da kuruma sonrası, depolama sırasında 48 saat et olgunlaştırma 24 saat et olgunlaştırmaya kıyasla süksinik asitte önemli bir azalmaya neden olmuştur (Ek 22). Çoğu diğer organik asitler gibi süksinik asitte, sarımsak oranı ve et olgunlaştırma süresini göz ardı ettiğimizde en yüksek konsantrasyona kuruma sonunda ulaşmış; sonraki depolama zamanlarında önemli bir değişim göstermemiştir (Çizelge 4.21). Sitrik asit ise fermentasyonla birlikte kontrol grubu sucuk örneklerinde daha fazla azalma göstermiş; bu azalma ise tüm sucuk örneklerinde kuruma ve depolama ile önemli ($P<0.001$) bir şekilde devam etmiştir (Ek 22).

Artan sarımsak oranı ve üretim öncesi et olgunlaştırma süreleri ortalama sitrik asit konsantrasyonu üzerine önemli bir etki yaratmamış; ancak üretim ve depolama süreci önemli düzeyde etkilemiştir (Çizelge 4.21). Diğer organik asitlerin aksine en yüksek sitrik asit konsantrasyonu fermentasyon öncesi olup; üretim-depolama sırasında önemli düzeyde ($P<0.001$) azalmıştır (Çizelge 4.21). Bu durum, sitrik asidin sucuk mikroflorası tarafından düzenli bir şekilde kullanıldığını göstermektedir. Etlere sarımsak uygulanarak 48 saat olgunlaştırma, kuruma aşaması sonrasında sitrik asit kullanımında daha belirgin bir etki yaratmıştır. Bu durum, sarımsak oranı ve üretim-depolama süreci arasındaki interaksiyona yansımış; söz konusu interaksiyon diğer interaksiyonlara kıyasla sitrik asit üzerinde önemli ($P<0.001$) bir etki oluşturmuştur.

Sucuk örneklerinin fermentatif nitelikleri ve fermentasyon ürünlerinde söz edilen değişimleri temel bileşen analizi ile özetlemek mümkündür. Çünkü sucuk örnekleri arasındaki varyasyonun %56.8'inin temel bileşen 1; %27.7'sinin de temel bileşen 2 olmak üzere toplam %85'ini organik asitler açıklamıştır (Şekil 4.34). Fermentasyon ve depolama zamanlarının birbirlerinden temel bileşen 1 bakımından ayrıldığı görülmektedir. Fermentasyon öncesi ve sonrasında sucuk örnekleri grafiğin solunda (negatif) yer alırken, depolamayla örnekler grafiğin sağına (pozitif) doğru bir dağılım göstermiştir. Dolayısıyla, sucuk örnekleri ile aynı grupta yer alan sitrik ve süksinik asitler ile sükroz ve glukoz miktarlarının da fermentasyon öncesinde daha fazla olduğu görülebilmektedir. Depolama başlangıcından 90. gününe kadar sucuk örneklerinin grafiğin sağına doğru yerleşimi, grafiğin en sağında yer alan bütirik, propiyonik, laktik ve asetik asit miktarlarının depolamayla arttığını göstermektedir. Fermentasyon zamanlarının grafiğin solunda yer alarak depolama zamanlarından ayrılmasına ek olarak, kendi aralarında da temel bileşen 2'ye göre ayrılmışlardır (Şekil 4.34). Bu da, temel bileşen 2 grubunda yer alan glukoz ve süksinik asit miktarları ile açıklanabilmektedir. Dolayısıyla, glukoz ve süksinik asit miktarında fermentasyonla önemli düzeyde azalma, fermentasyon sonu örnekleri grafiğin en altında yer olmasında etkili olmaktadır. Hatta bu azalmayla sucuk örneklerinde glukoz ve süksinik asit miktarlarının fermentasyon sonrasında depolama zamanlarından da daha az oldukları da söylenebilir. Benzer bir durum formik ve pürivik asitler içinde geçerli olmuştur. Bu iki asit en fazla pozitif özvektöre sahip temel bileşen 2 grubunda olup, fermentasyon sonrası örneklerin aksine grafiğin en üstünde yer almıştır.



Şekil 4.34. Organik asit ve şeker konsantrasyonuna göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı

(0, 1 ve 2 sırasıyla sarımsaksız (○) ve %1 (□) ve %2 (△) oranında sarımsaklı olgunlaştırılan etler; 24 (dolu simgeler) ve 48 (boş simgeler) olgunlaştırma süresi (saat); 1, 3, 7, 37, 67 ve 97 fermentasyon öncesi, fermentasyon sonrası, kuruma sonrası/depolama başlangıcı, 30, 60 ve 90 gün depolama)

Fermentasyonun ve depolama zamanlarının her birinde uygulanan sarımsak oranı bakımından da sucuk örnekleri birbirlerinden ayrılabilmiştir. Kontrol grubu sucukların grafiğin sağ üst tarafında yer aldığı, uygulanan sarımsak oranındaki artmayla da örneklerin sağ alt tarafa doğru dağılım gösterdikleri gözlemlenmiştir. Sitrik asit dışında organik asitlerin özvektörü pozitif olmakla, uygulanan sarımsak oranının %0'dan %2'ye artması örneklerde anılan organik asitlerin konsantrasyonundaki azalmada etkili olabilmektedir. Aksine, fruktoz daha fazla negatif özvektöre sahip temel bileşen 2 olmakla, sarımsak uygulanmış et sucuklarında sarımsak uygulanmayanlardan daha fazla miktarda olduğunu göstermektedir. Kontrol grubu sucukların daha üstte yer alması, organik asitler arasında yine en üstte yer alan formik ve pürivik asitlerle açıklanabilir. Sarımsakla olgunlaştırılan et sucukları ile karşılaştırıldığında kontrol grubu sucukların fermentasyon zamanlarında daha fazla pürivik, depolama zamanlarında da daha fazla formik asit içerdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca sarımsak uygulanmadan daha fazla süre (48 saat) olgunlaştırma ile daha fazla asetik ve propiyonik asit oluşabilmektedir.

Sonuç olarak, sucuğun sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilmesi, yeterli düzeyde fermente olmasının yanı sıra kontrol grubuna göre fermentasyonun daha yavaş ilerlemesine neden olmuştur. Bir diğer anlamda, eğer 48 saate kadar olgunlaştırılan etlerden sucuk üretimi yapılacak ise heterofermentatif metabolizma ürünü organik asitlerin (asetik, formik, bütirik ve propiyonik) daha az oluşumuna neden olması bakımından et olgunlaştırmanın sarımsakla yapılması daha yararlı olabilmektedir.

Sucuk örneklerinde 'kumin', 'öjenik' ve 'benzoik' asitler Çizelge 4.22'de verilmiştir. Kumin asit kimyonun; öjenik asit ise sarımsağın bileşenlerinden olup, benzoik asidin ise etin kendisinde bulunabileceği belirlenmişti. Daha önce öjenik asidin sadece sarımsak uygulanan etlerde belirlendiği ve sarımsak oranı arttıkça miktarının arttığı belirlenmişti (Çizelge 4.16). Çizelge 4.22'den de sarımsakla olgunlaştırılan et sucuklarında ortalama öjenik asit miktarının daha yüksek olabileceği görülebilmektedir. Ayrıca sucuk örneklerinde en fazla öjenik asit, fermentasyon öncesinde belirlenmiş olup, fermentasyon-kuruma ve depolama boyunca önemli düzeyde ($P<0.05$) azaldığı belirlenmiştir. Bu durum Şekil 4.43'ten de görülebildiği gibi öjenik asidin öjenole dönüşümünden kaynaklanmış olabilir. Benzoik asit de fermentasyon ve depolama zamanlarında azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.22). Bu da benzoik asidin benzen etanol ve/veya metanole metabolize olmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.22. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun kumin asit, öjenik asit ve benzoik asit konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Kumin asit	Öjenik asit	Benzoik asit
% 0 (kontrol)	4.74±1.31	4.92±1.26Y	4.00±1.39
% 1	5.07±1.26	4.96±1.33Y	3.90±1.25
% 2	5.31±1.45	5.42±1.28X	3.92±1.41
<i>P</i>	0.097	0.041	0.909
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	4.97±1.31	5.02±1.26	3.80±1.18
48 saat	5.11±1.41	5.18±1.35	4.08±1.48
<i>P</i>	0.381	0.455	0.152
Fermentasyon-Depolama[#] (C)			
1 gün	4.47±1.55b	5.76±1.61a	5.39±1.63a
3 gün	4.80±0.96ab	5.35±1.71ab	4.38±0.92b
7 gün	5.38±2.12a	4.93±1.24b	3.39±0.93c
37 gün	5.36±0.91a	4.96±1.25b	3.34±0.65c
67 gün	5.06±0.79ab	4.84±0.98b	3.43±0.68c
97 gün	5.10±1.08ab	4.85±0.76b	3.73±1.62bc
<i>P</i>	0.047	0.017	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.966	0.355	0.854
<i>AxC</i>	0.514	0.973	0.377
<i>BxC</i>	0.561	0.471	0.705
<i>AXBxC</i>	0.792	0.593	0.986

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

4.3.4.2. Proteolitik nitelikler

Fermente sosislerde önemli biyokimyasal reaksiyonlardan olan proteliz, hem ette doğal olarak bulunan endojen hem de mikrobiyal proteazlar ile gerçekleşmektedir. Etin proteolitik niteliklerinde söz edildiği gibi, proteolizin son aşamasında aminopeptidazların aktivitesiyle peptitlerden serbest amino asitler oluşmaktadır (Casaburi ve ark., 2008; Candoğan ve ark., 2009). Amino asitler, hem kendileri hem de öncüsü oldukları aroma bileşenlerini oluşturması bakımından sucuğun tat ve aromasında oldukça önemlidirler (Li ve ark., 2023).

Çizelge 4.23. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun proteolitik niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	NPN [¶]	Proteoliz İndeksi [§]	FAAs [¶]
% 0 (kontrol)	697±134X	10.9±1.91X	657±198X
1	677±120XY	10.6±1.93XY	621±179Y
2	649±120Y	10.5±1.69Y	604±179Y
<i>P</i>	0.010	0.010	0.005
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	675±131	10.7±1.88	631±188
48 saat	673±121	10.6±1.82	624±184
<i>P</i>	0.845	0.190	0.573
Fermentasyon-Depolama [#] (C)			
1. gün	508±38.2d	7.70±0.86d	340±30.0e
3. gün	629±35.5c	10.0±1.33c	556±132d
7. gün	671±117c	10.4±1.33c	567±71.0d
37. gün	719±109b	11.3±0.59b	673±75.0c
67. gün	747±105ab	12.0±0.82a	785±99.0b
97. gün	770±104a	12.4±0.73a	843±67.0a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.848	0.411	0.612
<i>AxC</i>	0.874	0.277	0.774
<i>BxC</i>	0.979	0.894	1.000
<i>AxBxC</i>	1.000	0.608	0.999

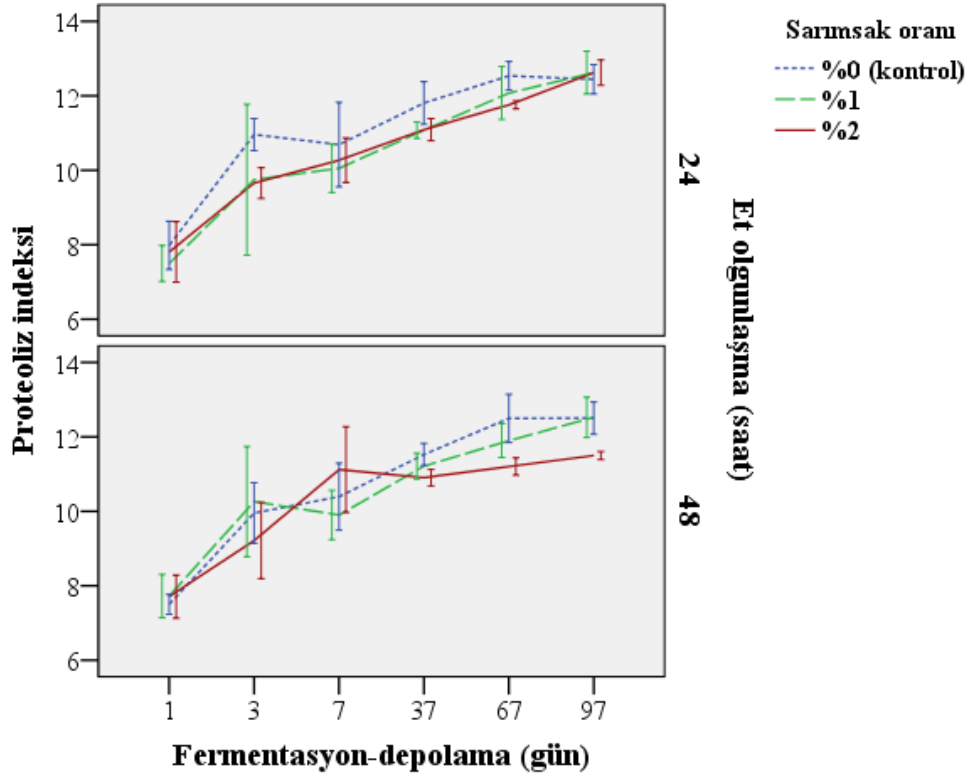
[#]1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. [¶]NPN: Protein olmayan azot miktarı (Non-protein nitrogen, mg/100g kurumadde). [§]NPN miktarının toplam azot miktarına oranı (%). [¶]FAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde). a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sucuğa starter olarak eklenen, özellikle laktik asit bakterilerinin, glikolizden sonraki ikinci rolleri de proteolizdir (Toldra, 2012b). Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanının proteoliz indikatörleri olan protein olmayan azot (NPN) ve serbest amino asitler (FAAs); proteolizin düzeyini gösteren proteoliz indeksi üzerine etkisi ise Çizelge 4.23'te verilmiştir. Fermente ürünlerde proteoliz, NPN miktarındaki artma ile karakterize edilmektedir. Çünkü NPN'nin büyük bir kısmı, proteoliz ile oluşan küçük molekül ağırlığındaki peptitler ve serbest amino asitlerden oluşmaktadır. Sucuk örneklerinde NPN (mg/100g kurumadde), proteoliz indeksi ve toplam FAAs (mg/100g kurumadde), fermentasyonun başlangıcından depolamanın sonuna kadar sırasıyla 508'den 770'e, 7.70'ten 12.4'e ve 340'ten 843'e yükselmiştir.

Bulgularımız ile uyumlu olarak, Ikonik ve ark. (2016) fermente sosislerin NPN miktarının (mg/100g kurumadde) üretim ve depolama süresince 627'den 1107'ye; Beriain ve ark. (2000) olgunlaşma sonunda Salchion'un NPN miktarının 485'ten 876'ya; Dalmış ve Soyer (2008) doğal flora ile olgunlaştırılan sucuklarda üretim ve depolama boyunca proteoliz indeksinin 8.14'ten 10.13'e; starter kültür kullandıklarında ise 7.54'ten 11.67'ye arttığını tespit etmişlerdir. Luan ve ark. (2021) ve Yu ve ark. (2021) da fermentasyon ve kuruma sonunda bulgularımız ile benzer proteoliz indeksi (%9-12) belirlemişlerdir. Candoğan ve ark. (2009) ise belirlediğimiz NPN miktarından daha fazla olmakla birlikte üretim süresince (başlangıç, ön-fermentasyon, fermentasyon ve kuruma) sucuklarda NPN miktarının (mg/100g kurumadde) 918-954'ten 1610-1660'a; proteoliz indeksinin 10.2-10.4'ten 16.7-17.4'e arttığını belirlemişlerdir. Araştırmacıların bulguları belirlediğimizden daha fazla olup, bu farkın analiz yönteminin özellikle protein presipitasyonunun farklılığından kaynaklanmış olabileceği speküle edilebilir.

Proteoliz indeksindeki artma ile toplam FAAs konsantrasyonundaki artma uyumlu olmuştur. Sucuk örneklerinin toplam FAAs konsantrasyonu (mg/100g kurumadde) da fermentasyon ve depolama ile 340'den 843'e yükselmiştir (Çizelge 4.23). Daha önce yapılmış çalışmalarda bulgularımızdan daha az (Ikonik ve ark., 2016) ve daha fazla (Dura ve ark., 2005) FAAs konsantrasyonu (mg/100g kurumadde) belirlenmiş olmakla birlikte, olgunlaşma süresince FAAs konsantrasyonunun arttığı (sırasıyla 249'dan 492'ye ve 732-840'tan 1269-1312'ye) belirlenmiştir. Belirlediğimiz FAAs konsantrasyonu ile benzer olarak, fermentasyon ve depolama boyunca toplam FAAs arttığı; bu artışın starter kültür kullanılan sosislerde kullanılmayanlara kıyasla daha fazla olabileceği ve kullanılan starter kültüre göre farklılık gösterebileceği de belirtilmiştir (Hughes ve ark., 2002; Casaburi ve ark., 2008; Yu ve ark., 2021). Yine Chen ve ark. (2016b), sosis hamurunun serbest amino asit konsantrasyonunun (156 mg/100g) fermentasyon süresince kontrol grubunda (starter kullanılmayan) 775 mg/100g'a; farklı starter kültür eklenenlerde ise 1025-1169 mg/100g'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Farklı oranlarda sarımsak uygulanarak farklı sürelerde olgunlaştırmanın sucuğun fermentasyon ve depolama süresince proteoliz seyrini etkileyebileceği gözlemlenmiştir. Sarımsak uygulanmadan olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar, sarımsak ile olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklardan daha fazla NPN, FFAs ve proteoliz indeksi (Şekil 4.35) göstermişlerdir (Çizelge 4.23).

Et olgunlaşma zamanları proteolitik nitelikler bakımından benzer sonuçlar göstermekle birlikte, sarımsak uygulanarak gerek 24 saat gerekse 48 saat sonunda üretilen sucuklarda özellikle fermentasyonun sonunda NPN miktarı daha düşük belirlenmiştir (Ek 24). Toplam FAAs bakımından ise sarımsak oranları arasındaki fark, depolamanın sonunda ve 48 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda önemli bir seviyeye ulaşmıştır (Ek 24). Benzer olarak sucuk örneklerinin proteoliz indeksi de depolamanın 60. ve 90. günlerinde %2 sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda diğerlerinden daha az olmuştur (Şekil 4.35). Özetle sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda proteoliz daha az gerçekleşmiştir.



Şekil 4.35. Sucuk örneklerinde proteoliz indeksi

Çizelge 4.24. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun serbest amino asit konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Serbest amino asitler (mg/100g kurumadde)						
	Arg+Thr+Ala	Phe+Trp	Glu	Ile+Leu	Lys	Asp	Pro
% 0 (kontrol)	179±32.9X	102±34.5X	73.0±22.9X	67.5±31.5X	45.7±23.2X	37.0±14.9X	33.5±8.51X
1	170±27.3Y	93.4±34.3Y	70.4±21.1XY	63.7±30.0XY	42.9±21.9XY	34.4±13.4Y	30.1±7.64Y
2	169±26.5Y	90.8±32.7Y	68.2±21.9Y	61.3±29.6Y	40.8±21.3Y	32.7±14.0Y	30.1±8.30Y
<i>P</i>	0.005	0.012	0.012	0.012	0.015	0.010	0.030
Et olgunlaşma (B)							
24 saat	172±29.6	97.6±35.2	70.5±21.5	65.1±30.7	43.0±22.2	34.2±13.7	31.4±8.35
48 saat	174±28.9	93.4±32.8	70.6±22.6	63.2±30.1	43.3±22.1	35.1±14.6	31.0±8.24
<i>P</i>	0.397	0.193	0.952	0.270	0.870	0.325	0.650
Fermentasyon-Depolama [#] (C)							
1. gün	134±10.9d	34.2±6.86d	37.4±5.03e	13.6±1.55f	11.4±1.60f	21.3±3.84e	21.4±2.45d
3. gün	172±21.4bc	91.0±20.2c	59.7±16.8d	48.0±20.4e	30.2±14.8e	24.9±10.9d	29.4±8.44c
7. gün	163±19.6c	93.9±15.9c	63.7±5.27d	61.3±10.2d	35.6±6.32d	25.1±2.81d	31.2±6.55bc
37. gün	177±20.6b	109±15.3b	75.5±7.33c	75.7±10.4c	49.1±9.57c	34.9±5.15c	33.3±6.52ab
67. gün	198±26.8a	118±17.1ab	88.3±9.36b	89.6±12.1b	61.6±11.1b	46.2±7.26b	36.4±8.50a
97. gün	195±16.2a	127±14.8a	98.5±7.05a	96.8±8.78a	71.1±8.84a	55.8±5.85a	35.7±5.56a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar							
<i>AxB</i>	0.546	0.438	0.700	0.773	0.730	0.910	0.776
<i>AxC</i>	0.147	0.944	0.910	0.995	0.984	0.964	0.531
<i>BxC</i>	0.999	0.912	0.929	0.998	1.000	0.941	0.925
<i>AxBxC</i>	0.999	0.996	0.998	1.000	1.000	1.000	0.904

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Çizelge 4.24. (Devamı) Sarımsak oranı, et olgunlaşma, fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun serbest amino asit konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Serbest amino asitler (mg/100g kurumadde)						
	Gly+Gln	His	Met	Val	Ser+Asn	Cys	Tyr
% 0 (kontrol)	27.9±8.00	22.3±6.61	20.0±10.8	20.8±10.1	18.2±5.51X	6.00±1.95	3.73±1.52Z
1	26.6±7.58	21.5±5.39	20.2±11.1	19.9±9.64	16.8±4.41Y	5.72±2.27	4.26±1.51Y
2	26.5±8.06	20.9±6.10	19.9±11.5	19.3±9.71	14.0±3.90Z	5.54±1.88	4.69±1.72X
<i>P</i>	0.445	0.484	0.919	0.381	0.000	0.483	0.000
Et olgunlaşma (B)							
24 saat	27.1±7.84	21.7±6.06	20.0±11.0	20.0±9.73	16.8±4.82	6.22±2.19	4.94±1.68
48 saat	26.9±7.91	21.4±6.04	20.0±11.2	20.0±9.86	15.9±5.04	5.29±1.76	3.51±1.20
<i>P</i>	0.883	0.721	0.940	0.947	0.074	0.004	0.000
Fermentasyon-Depolama [#] (C)							
1. gün	20.6±2.47d	15.1±4.30d	2.11±0.26e	3.95±0.33e	16.6±1.87c	5.60±1.17b	3.59±0.26c
3. gün	23.3±5.68cd	23.3±1.65b	13.3±7.90d	14.8±6.65d	16.3±2.50c	4.80±1.40bc	4.47±1.40b
7. gün	20.9±3.50d	18.0±4.30cd	17.9±2.15c	18.9±2.48c	10.7±1.82e	3.91±0.49c	3.37±1.19c
37. gün	26.2±4.74c	21.3±4.72bc	25.6±4.74b	23.3±2.95b	13.0±2.76d	5.67±1.85b	3.47±1.37c
67. gün	33.6±5.72b	23.7±5.42b	30.0±3.26a	28.1±4.08a	19.1±3.61b	7.23±2.23a	4.65±1.63b
97. gün	37.4±4.89a	28.0±5.32a	31.5±2.39a	31.0±3.20a	22.4±5.24a	7.30±2.13a	5.81±1.92a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar							
<i>AxB</i>	0.995	0.779	0.725	0.925	0.684	0.684	0.764
<i>AxC</i>	0.992	0.909	0.754	1.000	0.116	0.984	0.322
<i>BxC</i>	0.987	0.994	0.995	0.999	0.868	0.003	0.001
<i>AXBxC</i>	0.999	0.991	0.967	1.000	0.977	0.979	0.948

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

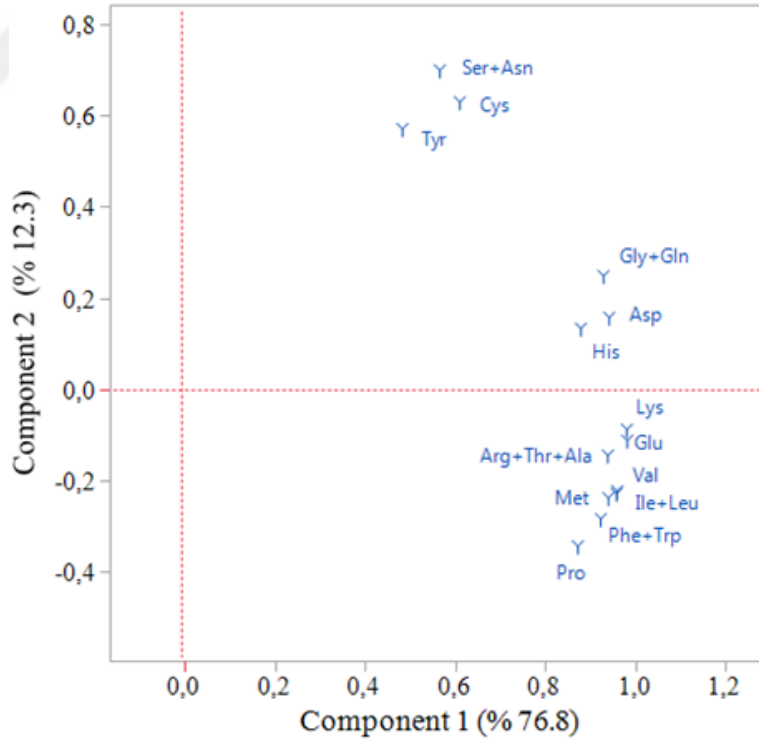
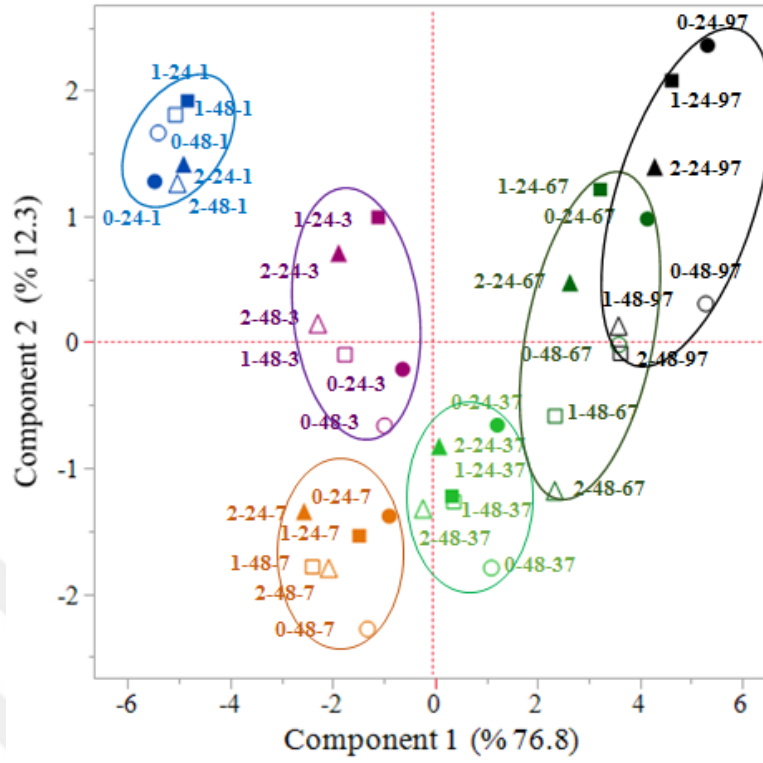
Ette olduğu gibi (Çizelge 4.24), sucuk örneklerinde en fazla miktarda (mg/100g kurumadde) belirlenen serbest amino asit Arg+Thr+Ala (86.7) olmuş; onu sırasıyla Phe+Trp (47.8), Glu (32.3), Ile+Leu (32.1), Lys (21.6), Asp (17.4), Pro (15.6), Gly+Gln (13.5), His (10.8), Met (10.0), Val (10.0), Ser+Asn (8.17), Cys (2.88) ve Tyr (2.11) amino asitleri izlemiştir. Luan ve ark. (2021) fermente sosislerde amino asitler arasında en fazla Ala, Glu, Leu, Phe ve Lys; Beriain ve ark. (2000) da Salchichon fermente sosisinde olgunlaşma sonunda Glu, Ala, Val, Ile ve Leu; Chen ve ark. (2016b) da fermentasyonun sonunda Harbin fermente sosislerinde Ala ve Glu belirlemiştir. Çeşitli starter kültürlerin kullanıldığı fermente sosislerde bulgularımız ile benzer bir FAAs profili gözlemlenmiştir (DeMasi, 1990). Fermentasyon ve depolama boyunca her bir FAA konsantrasyonu artma eğilimi göstermiştir. Benzer bulgular daha önce yapılan çalışmalarda da raporlanmıştır (Yoo ve ark., 2016; Han ve ark., 2022; Chen ve ark., 2016b; Beriain ve ark., 2000). Ancak Arg+Thr+Ala, Tyr, Cys, Ser+Asn, Gly+Gln ve His amino asitlerinde düzenli bir artma eğilimi gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.24). Anılan amino asit miktarlarında fermentasyonla artma, kuruma sonrasında kısmi bir azalmayla birlikte depolama boyunca da tekrar artma belirlenmiştir. Bu değişim, hem ilerleyen proteoliz ile serbest amino asitlerin birikiminden hem de serbest amino asitlerin diğer bazı bileşenlere dönüşmesinden kaynaklanmış olabilir. Örneğin:

- Anaerobik ortamda dehidrataz aktivitesi ile serin amino asidinden pürivik asit oluşabilmektedir (Han ve ark., 2022). Bu durum, kuruma sonrası serin amino asidinin azalması; pürivik asidin ise artmasıyla örtüşmektedir.
- Dallı zincirli Val, Leu, Ile amino asitleri bakteriyel aminotransferaz enzimleri ile α -keto asitlere sonrasında da metil bağlı alkol, aldehit ve asitler gibi uçucu bileşenlere dönüşebilmektedir (Chen ve ark., 2016b). Bu durum daha fazla Ile+Leu amino asidi bulunan kontrol grubu sucuklarda fermentasyon ve kuruma sonunda artan 3-metil bütanal (Çizelge 4.33) bakımından uyumludur.
- Asp ve Glu amino asitleri de aspartataminotransferaz sistemi ile okzaloasetat ve α -ketoglutarat yollarından sitrik asit döngüsüne katılarak metabolize olabilmektedirler (Pearson ve Young, 1989; Vierck ve ark., 2020). Ayrıca deaminasyonla aminleri de oluşabilmektedir (DeMasi, 1990; Chen ve ark., 2016b).

Glutamik asit ayrıca sitrik asit döngüsüne katılmadan çoğunlukla dekarboksilasyonla γ -amino bütirik asit (GABA)'e dönüşebilmektedir (Belitz ve ark., 2009).

- Tyr miktarının azalması, yan zincirinin aromatik benzen halkasında bulunan OH'den dolayı oksidasyona karşı daha duyarlı olduğu için okside olmasından kaynaklanabilir.
- Çoğu amino asitler dekarboksile olarak aminleri de oluşturabilmektedir (Roca ve Incze, 1990).
- Cys, sülfata ve pürivata metabolize olabilmekte ya da taurine dönüştürülebilmektedir (DeMasi, 1990; Beriain ve ark., 2000).

Amino asitler arasında sadece Cys amino asidinde hem sarımsakla hem de sarımsaksız 48 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda fermentasyon ve depolama zamanları önemli bir fark oluşturmamıştır (Ek 25). Cys gibi Tyr konsantrasyonunun 24 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda 48 saat sonunda üretilenlerden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla etin uzun süre olgunlaşması durumunda anılan amino asitlerin oksidasyon ürünleri de oluşabilmektedir. Buna bağlı olarak, et olgunlaşma zamanı ile fermentasyon ve depolama zamanı arasındaki interaksiyon da sadece Cys ve Tyr amino asitleri miktarında önemli ($P<0.01$) bulunmuştur. Arg+Thr+Ala, Phe+Trp, Glu, Ile+Leu, Lys, Asp, Pro ve Ser+Asn amino asitlerinin ortalama konsantrasyonu, sarımsak uygulanmadan olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda daha fazla olup, etin olgunlaştırıldığı sarımsak oranındaki artma ile azalma gösterdiği belirlenmiştir. Tyr konsantrasyonu ise sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda daha fazla olmuştur.



Şekil 4.36. Serbest amino asit konsantrasyonuna göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı

(0, 1 ve 2 sırasıyla sarımsaksız (○) ve %1 (□) ve %2 (△) oranında sarımsaklı olgunlaştırılan etler; 24 (dolu simgeler) ve 48 (boş simgeler) olgunlaştırma süresi (saat); 1, 3, 7, 37, 67 ve 97 fermentasyon öncesi, fermentasyon sonrası, kuruma sonrası/depolama başlangıcı, 30, 60 ve 90 gün depolama)

Sucuk örneklerinin FAAs konsantrasyonları bakımından gösterdiği bu farklılıklar temel bileşen analiziyle de açıklanabilmektedir (Şekil 4.36). Belirlenen serbest amino asitler temel bileşen 1’de pozitif özvektöre sahip olmuştur. Bu durum, FAAs konsantrasyonunda en fazla değişimin fermentasyon ve depolama zamanına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır. FAAs de yer aldığı fermentasyon ürünü bileşenler için benzer bir bi-plot dağılım daha önce Yoo ve ark. (2016) ve Beriain ve ark. (2000) tarafından da belirlenmiştir. Fermente bir ürün olan sucukta üretim ve depolama boyunca FAAs konsantrasyonunun artması beklenen bir durumdur. Sucuğa katılan starter kültürlerin de, özellikle laktik asit bakterilerinin, glikolizle fermentasyondan sonraki önemli aktivitelerinden biri de protelizdir (Toldra ve ark., 2012b).

En az FAAs konsantrasyonu fermentasyon öncesinde olup, grafiğin en sağında yer alırken depolama boyunca FAAs miktarındaki artma ile sucuk örneklerinin grafiğin sağına doğru yerleştiği görülmektedir. Temel bileşen 1 ekseninde sadece fermentasyon ve kuruma sonundaki örnekler benzer olmalarına rağmen birbirlerinden temel bileşen 2’ye göre ayrılmışlardır. Fermentasyon ve kuruma sonu örneklerinin birbirinden ayrımı söz edildiği gibi kuruma sonunda miktarında azalma olan Ser+Asn, Cys, Tyr, Gly+Gln ve His amino asitlerinden kaynaklanabilmektedir. Bu amino asitler grafikten (Şekil 4.36) de görüldüğü üzere pozitif özvektörü yüksek temel bileşen 2 grubunda yer almıştır.

Depolamayla birlikte 24 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucukların 48 saat sonunda üretilenlerden farklılık gösterdiği; özellikle 60. ve 90. günde 24 saat örneklerinin daha üstte yer aldıkları görülmektedir. Aynı zamanda, anılan depolama günlerinde etlerin olgunlaştırıldığı sarımsak oranının artmasıyla örneklerin grafiğin alt bölümüne doğru bir dağılımı olmuştur. Söz edilen farklılıklar, sarımsaksız olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların depolamanın 60. gününde sarımsak uygulanmış et sucuklarından daha fazla Arg+Thr+Ala, Val, Asp, Glu, Ser+Asn, Gly+Gln, His, Ile+Leu, Phe+Trp, Lys içermesinden kaynaklanabilir. Aynı zamanda depolamanın 90. gününde Arg+Thr+Ala, Val, Asp, Glu, Gly+Gln, Ile+Leu, Phe+Trp, Lys ve Pro amino asitleri de %0 sarımsak içeren kontrol grubunda özellikle de 48 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda daha fazla belirlenmiştir.

Sarımsak uygulanmadan nispeten uzun süre (48 saat) olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda proteolizin artabileceği ifade edilebilir. Bir diğer ifade ile ete sarımsak uygulamasıyla daha fazla olgunlaşma süresi gerçekleştirilmesi durumunda daha az proteoliz oluşabileceği söylenebilir. Bu durum, sarımsakla olgunlaştırılan etlerde heterofermentatif mikroflora gelişiminin ve/veya aktivitesinin daha az olmasının bir sonucu olabilmektedir. Gerek karbonhidratlar gerekse organik asit konsantrasyon değişimleri de bu durumu destekler niteliktedir. Sarımsağın, sucuk üretimden hemen önce katılmasına kıyasla, olgunlaşma aşamasında ete uygulanmasının, sucukta istenilen asitliği oluşturabilecek kadar laktik asit bakterileri; çok fazla proteoliz oluşturmayacak kadar da heterofermentatif mikroflora oluşturabileceği gözlemlenmiştir.

4.3.4.3. Lipolitik nitelikler

Fermente sucukta fermentasyon ve depolama zamanlarında meydana gelen bir diğer önemli biyokimyasal değişim lipolizdir. Sucuk üretiminde kullanılan et yağının yanı sıra ilave edilen hayvansal yağ, hem etin doğal hem de starter kültürlerin endojen ve/veya ekzojen enzimlerin aktivitesine bağlı olarak lipoliz gerçekleşmektedir. Lipoliz sonucunda oluşan serbest yağ asitlerinin oksidasyonu ile sucukta istenilen aroma bileşenleri oluşmakla birlikte aşırı lipoliz ve oksidasyon istenmeyen ransit acılık da oluşturabilmektedir (Chen ve ark., 2017). Sarımsak oranı, et olgunlaşma, fermentasyon ve depolama zamanının lipolitik nitelikler üzerine etkisi ise Çizelge 4.25'te verilmiştir.

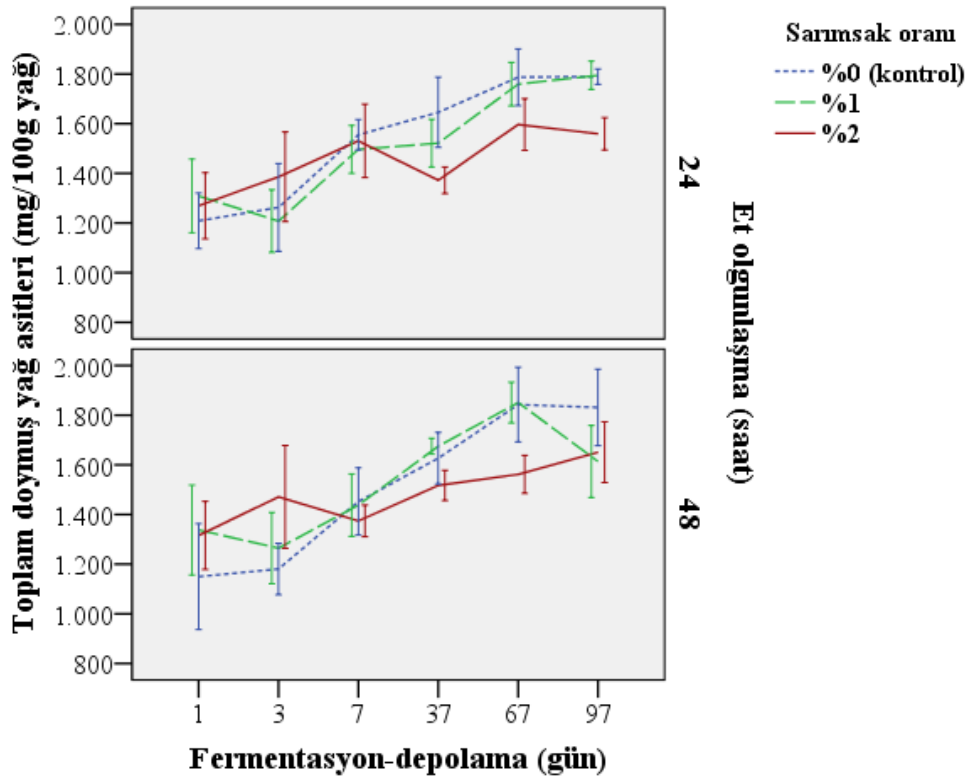
Sucuklarda, Johansson ve ark. (1994)'nın belirttiği gibi hem üretim hem de depolama ile toplam serbest yağ asitlerinde artma eğilimi gözlemlenmiştir (Çizelge 4.25). Toplam FFAs konsantrasyonu fermente sosislerin üretim ve depolama süresince artma eğilimi yapılan diğer çalışmalarda da rapor edilmiş olup (Hierro ve ark., 1997; Zhao ve ark., 2011); sucuk örneklerinde belirlediğimiz toplam FFAs içeriği Zhao ve ark. (2011) olgunlaşma süresince rapor ettikleri miktarlar (833-5126 mg/100g yağ) arasında yer almıştır. Uygulanan parametreleri göz ardı ettiğimizde, sucukta toplam FFAs miktarının %52'sini doymuş yağ asitleri (saturated fatty acid, SFA); %43'ünü tekli doymamış yağ asitleri (monounsaturated fatty acid, MUFA); %5'ini de çoklu doymamış yağ asitleri (polyunsaturated fatty acid, PUFA) oluşturmuştur.

Çizelge 4.25. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun lipolitik niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Toplam [†] FFAs	Peroksit değeri [‡]	TBARS [§]
% 0 (kontrol)	2948±908	3.47±1.70	0.43±0.15
% 1	2896±820	3.20±1.67	0.41±0.15
% 2	2807±653	3.04±1.54	0.38±0.07
<i>P</i>	0.240	0.184	0.139
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	2887±798	3.39±1.72	0.40±0.13
48 saat	2880±802	3.08±1.55	0.42±0.13
<i>P</i>	0.924	0.154	0.485
Fermentasyon-Depolama [#] (C)			
1. gün	1920±400c	1.88±0.88c	0.26±0.03b
3. gün	1995±460c	2.73±0.88b	0.41±0.07a
7. gün	2980±387b	3.44±1.23a	0.45±0.13a
37. gün	3209±376b	3.63±1.41a	0.47±0.14a
67. gün	3631±392a	4.08±2.25a	0.45±0.17a
97. gün	3567±394a	3.71±1.26a	0.39±0.06a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.503	0.956	0.952
<i>AxC</i>	0.010	0.848	0.024
<i>BxC</i>	0.159	0.210	0.954
<i>AxBxC</i>	0.517	0.999	0.999

[§]TBARS: Tiyoobarbütirik asit reaktif maddeler (Thiobarbutyric acid reactive substrates, mg MDA/kg); [‡]Peroksit değeri (meq O₂/kg yağ); [†]FFAs: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids, mg/100g yağ). #1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (*P*<0.05).

Daha önce yapılan çalışmalarda da sucukta benzer yağ asitleri profili belirlenmiştir (İlkkkan ve ark., 2009; Kılıç ve Özer, 2017; Urgu-Öztürk, 2020). Sucuk örneklerinde toplam SFA miktarı 1150-1851 mg/100g yağ arasında tespit edilmiştir. Fermentasyon aşamasında sucuk örnekleri benzer bir toplam SFA içeriğine (1265-1295 mg/100g yağ) sahip olmuşlardır (Çizelge 4.26). Kuruma ve depolama sırasında toplam doymuş yağ asitlerinde önemli düzeyde (*P*<0.001) artma gözlemlenmiş; en yüksek toplam doymuş yağ asitleri içeriğine depolamanın 60. gününde ulaşılmış ve depolama sonuna kadar da değişmemiştir (Çizelge 4.26; Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Sucuk örneklerinde toplam doymuş yağ asitleri konsantrasyonu

Depolama boyunca SFA miktarındaki artma eğilimi %0 ve %1 oranında sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda önemli düzeyde olup; fermentasyon ve depolama zamanlarında %2 sarımsak ile olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların SFA miktarı önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Ek 27). Ete uygulanan sarımsak oranlarına ait ortalama SFA miktarı benzerlik göstermesine rağmen, %2 sarımsak uygulanmış etlerden hem 24 hem de 48 saat sonunda üretilen sucukların depolamanın 90. gününde kontrol grubu sucuklardan daha az SFA miktarına sahip oldukları tespit edilmiştir (Ek 27).

Sucuk örneklerinde en fazla miktarda (mg/100g) yağ belirlenen SFA palmitik asit (C16:0, 726) olup, onu sırasıyla stearik asit (C18:0, 674), miristik asit (C14:0, 57.8), margarik asit (C17:0, 21.9) ve pentadekanoik asit (C15:0, 10.6) izlemiştir. Kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0), laurik (C12:0), miristik (C14:0) yağ asitlerinin miktarı ise 10 mg/100g yağ'ın altında belirlenmiştir.

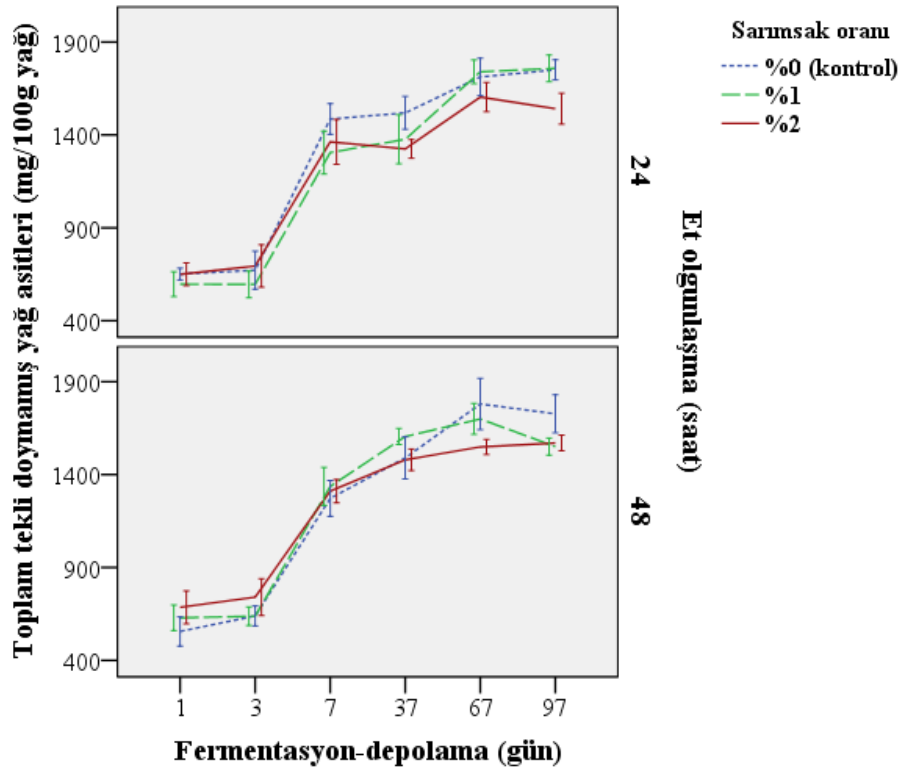
Çizelge 4.26. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun doymuş serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Doymuş serbest yağ asitleri (mg/100g yağ)									Toplam
	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	
% 0 (kontrol)	4.62±1.86	4.03±1.50	2.90±0.99	2.84±1.10	56.2±18.2	10.6±4.11	734±173	21.5±6.03	689±159	1528±349
1	5.16±1.86	3.66±1.24	3.18±0.97	2.83±1.13	58.9±14.7	10.7±3.16	737±150	22.0±5.65	678±140	1522±294
2	5.16±1.44	3.57±1.11	2.96±0.79	2.94±1.29	58.4±14.5	10.4±3.31	708±125	22.2±4.96	654±116	1467±244
<i>P</i>	0.147	0.175	0.145	0.778	0.472	0.871	0.437	0.688	0.375	0.421
Et olgunlaşma (B)										
24 saat	4.92±1.66	3.68±1.23	2.96±0.87	2.86±1.20	56.6±15.5	10.4±3.59	724±143	21.6±5.09	674±129	1503±283
48 saat	5.04±1.83	3.83±1.37	3.06±0.99	2.88±1.15	59.0±16.2	10.7±3.50	728±158	22.2±5.96	673±150	1509±315
<i>P</i>	0.683	0.437	0.437	0.971	0.276	0.532	0.856	0.391	0.969	0.891
Fermentasyon-Depolama [#] (C)										
1. gün	4.86±1.90	3.61±1.52	2.53±0.81c	2.47±1.05b	44.6±20.0e	7.33±3.10c	591±126c	18.6±6.47c	579±151b	1265±287c
3. gün	4.92±1.74	3.92±1.56	2.30±0.68c	2.30±0.67b	51.5±14.0de	8.04±2.07c	619±149c	17.3±5.11c	586±133b	1295±302c
7. gün	5.14±1.62	3.83±1.34	3.15±1.02ab	2.91±1.50ab	56.2±12.7cd	10.8±3.00b	706±98.7b	21.6±3.92b	668±105ab	1475±205b
37. gün	5.56±1.52	3.53±1.13	2.99±0.60b	2.75±0.95ab	60.3±9.66bc	11.4±3.24b	760±95.2b	22.7±2.93b	694±92.0a	1560±189b
67. gün	4.78±1.84	3.89±1.28	3.33±0.92ab	3.24±1.18a	64.0±12.1ab	11.5±2.24b	841±105a	25.8±3.00a	771±109a	1733±220a
97. gün	4.61±1.76	3.81±1.04	3.53±0.90a	3.36±1.12a	68.1±12.8a	13.5±3.17a	841±109a	25.4±5.20a	742±127a	1707±216a
<i>P</i>	0.273	0.802	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar										
<i>AxB</i>	0.317	0.590	0.916	0.873	0.933	0.895	0.846	0.495	0.857	0.844
<i>AxC</i>	0.892	0.865	0.534	0.986	0.904	0.561	0.391	0.059	0.185	0.223
<i>BxC</i>	0.257	0.574	0.465	0.263	0.890	0.729	0.771	0.430	0.796	0.833
<i>AxBxC</i>	0.800	0.883	0.877	0.684	0.988	0.894	0.997	0.637	0.903	0.985

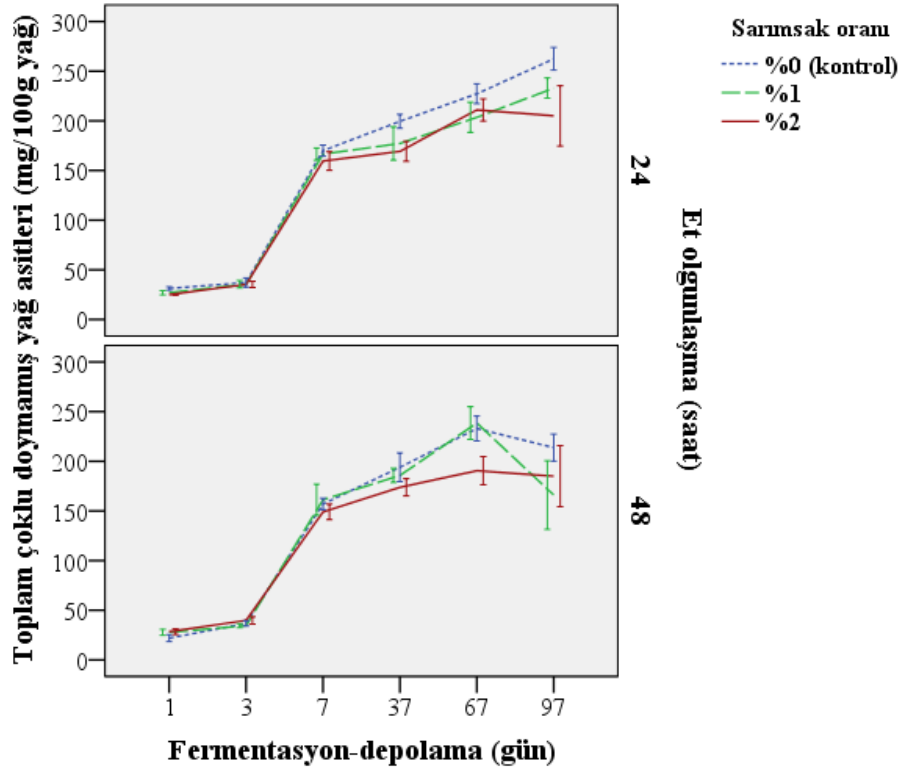
#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Ek 27'den de görülebildiği gibi, kaproik ve kaprilik asitler dışındaki doymuş yağ asitleri miktarı fermentasyon ve depolama boyunca artma eğilimi göstermiştir. Ancak bu artış, kaprik ve laurik asit miktarı bakımından sadece kontrol grubu sucuklarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aynı zamanda C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0 yağ asitleri miktarları da %2 sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda fermentasyon ve depolama boyunca benzerlik göstermiştir. Fermente sosislerde en fazla bulunan doymuş serbest yağ asitleri olan palmitik ve stearik asitlerin (Ilıkkın ve ark., 2009; Hierro ve ark., 1997; Yıldız Turp ve Serdaroğlu, 2008; Chen ve ark., 2017) konsantrasyonu %2 oranında sarımsakla 48 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda depolamanın 90. gününde diğerlerinden daha az tespit edilmiştir (Ek 27). Ansorena ve ark. (2000), Chorizo'nun olgunlaşmanın 21. gününde belirledikleri C6:0, C8:0, C10:0 yağ asitleriyle birlikte olgunlaşmanın 35. gününe kadar diğer doymuş yağ asitlerinin (C14:0, C16:0, C18:0) arttığını belirlemiştir.

Sucuk örneklerinin toplam MUFA 556-1780 mg/100g yağ arasında tespit edilmiştir. Sucuk örneklerinin toplam MUFA içeriği (628- 663 mg/100g yağ) fermentasyon aşamasında benzer olup, depolamanın başlangıcından 60. güne kadar önemli düzeyde artmış; 1345'ten 1681 mg/100g yağ'a yükselmiştir. Depolamanın 90. gününde rakamsal olarak 1650 mg/100g yağ'a azalmış; ancak istatistiksel olarak benzer tespit edilmiştir (Çizelge 4.27; Şekil 4.38). Sucuk örneklerinde en fazla konsantrasyonda belirlenen MUFA, oleik asit (C18:1, 1174 mg/100g yağ) olup, onu sırasıyla palmitoleik asit (C16:1, 89.1) ve miristoleik asit (C14:1, 7.29) izlemiştir. Bulgularımız ile benzer şekilde Chorizo'nun olgunlaşma süresince MUFA yağ asitlerinin (C16:1, C18:1) arttığı rapor edilmiştir (Ansorena ve ark., 2000). Et olgunlaşması ile toplam MUFA miktarı %2 sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda diğerlerinden daha az olmakla birlikte, bu farkın önemli seviyede olmadığı belirlenmiştir. Fermente sosislerde en fazla bulunan serbest yağ asidi olarak rapor edilen oleik asit (Hierro ve ark., 1997; Ilıkkın ve ark., 2009; Yıldız Turp ve Serdaroğlu, 2008) bakımından, sarımsak uygulanmadan hem 24 saat hem de 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarla karşılaştırıldığında, sarımsakla olgunlaştırmanın sucuklarda daha az oleik asit oluşturabileceği ve bu farkın da özellikle depolamanın sonunda önemli olduğu belirlenmiştir (Ek 28).



Şekil 4.38. Sucuk örneklerinde toplam tekli doymamış yağ asitleri konsantrasyonu



Şekil 4.39. Sucuk örneklerinde çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonu

Çizelge 4.27. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun tekli doymamış serbest yağ asidi konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Tekli doymamış yağ asitleri (mg/100g yağ)			
	C14:1	C16:1	C18:1	Toplam
% 0 (kontrol)	7.37±2.39	90.2±37.5	1207±453	1271±505
1	7.42±2.04	89.3±31.1	1173±442	1236±487
2	7.06±1.76	87.6±28.4	1142±364	1209±405
<i>P</i>	0.431	0.736	0.175	0.197
Et olgunlaşma (B)				
24 saat	7.14±1.91	91.1±33.1	1175±424	1241±472
48 saat	7.43±2.23	87.0±31.7	1173±418	1237±462
<i>P</i>	0.232	0.142	0.982	0.872
Fermentasyon-Depolama [#] (C)				
1. gün	5.58±1.77d	52.0±13.9c	571±107d	628±128d
3. gün	5.42±1.53d	51.2±15.3c	607±144d	663±158d
7. gün	6.67±1.13c	93.4±21.9b	1245±155c	1345±188c
37. gün	7.67±0.87b	101±11.4b	1358±157b	1466±181b
67. gün	9.08±1.38a	119±14.9a	1553±155a	1681±178a
97. gün	9.29±1.57a	118±18.8a	1523±134a	1650±158a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar				
<i>AxB</i>	0.683	0.723	0.440	0.447
<i>AxC</i>	0.317	0.403	0.402	0.395
<i>BxC</i>	0.947	0.153	0.442	0.383
<i>AxBxC</i>	0.950	0.919	0.671	0.723

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sucuk örneklerinde toplam PUFA konsantrasyonu fermentasyon-depolama sırasında 22.0-263 mg/100g yağ arasında tespit edilmiştir. Ortalama linoleik (C18:2) ve linolenik (C18:3) yağ asitleri içeriği sırasıyla 134 ve 4.90 mg/100g yağ olarak belirlenmiştir. Toplam PUFA içeriği, toplam SFA ve toplam MUFA'de olduğu gibi fermentasyon aşamasında benzer; depolamanın başlangıcından (161 mg/100g yağ) 60. gününe kadar arttığı (217 mg/100g yağ) ve 90. günde değişmediği (211 mg/100g yağ) belirlenmiştir (Çizelge 4.28; Şekil 4.39). Kontrol grubu sucuklarda ortalama PUFA içeriğinin, sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu da linoleik yağ asidi farklılığının (Çizelge 4.28) bir sonucu olup; sarımsakla olgunlaştırma sucuklarda daha az linoleik yağ asidi oluşumuna neden olmuştur.

Çizelge 4.28. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun çoklu doymamış yağ asidi konsantrasyonuna etkisi

Sarımsak oranı (A)	Çoklu doymamış yağ asitleri (mg/100g yağ)		
	C18:2	C18:3	Toplam
% 0 (kontrol)	144±86.9X	5.25±2.57	149±89.1X
1	133±82.0Y	4.89±2.26	138±83.7Y
2	126±75.3Z	4.54±2.18	131±77.0Y
<i>P</i>	0.005	0.058	0.004
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	138±83.4	4.71±2.42	143±85.3
48 saat	130±79.5	5.08±2.27	135±81.3
<i>P</i>	0.055	0.125	0.074
Fermentasyon-Depolama [#] (C)			
1. gün	24.6±4.90d	2.36±1.38c	26.9±5.20d
3. gün	34.2±5.67d	2.27±0.83c	36.5±6.29d
7. gün	155±17.2c	5.72±1.65b	161±17.4c
37. gün	177±22.0b	5.90±1.81ab	183±22.8b
67. gün	211±29.0a	6.44±1.55ab	217±29.5a
97. gün	204±52.9a	6.68±1.28a	211±53.2a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.780	0.544	0.780
<i>AxC</i>	0.272	0.441	0.283
<i>BxC</i>	0.008	0.282	0.007
<i>AxBxC</i>	0.611	0.648	0.596

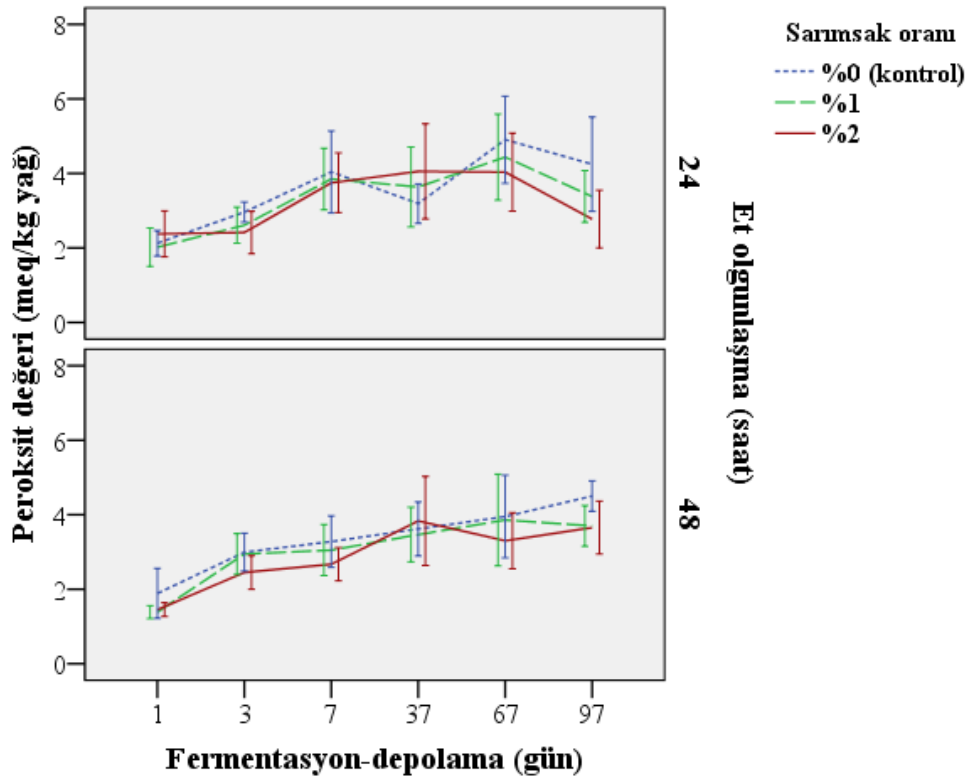
#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Et olgunlaşma süresi ortalama PUFA içeriği üzerine önemli bir etki yaratmamış; ancak et olgunlaşma ile fermentasyon-depolama zamanları arasında interaksiyon etkisi önemli ($P<0.01$) belirlenmiştir. Ek 29'da görülebileceği gibi özellikle depolamanın sonunda linolenik yağ asit içeriği 24 saat sarımsaksız olgunlaştırılan et sucuğunda önemli bir artma ve diğer sucuklarda da özellikle %1 sarımsaklı da 48 saat olgunlaştırmadan önemli düzeyde yüksek olması ile açıklanabilir.

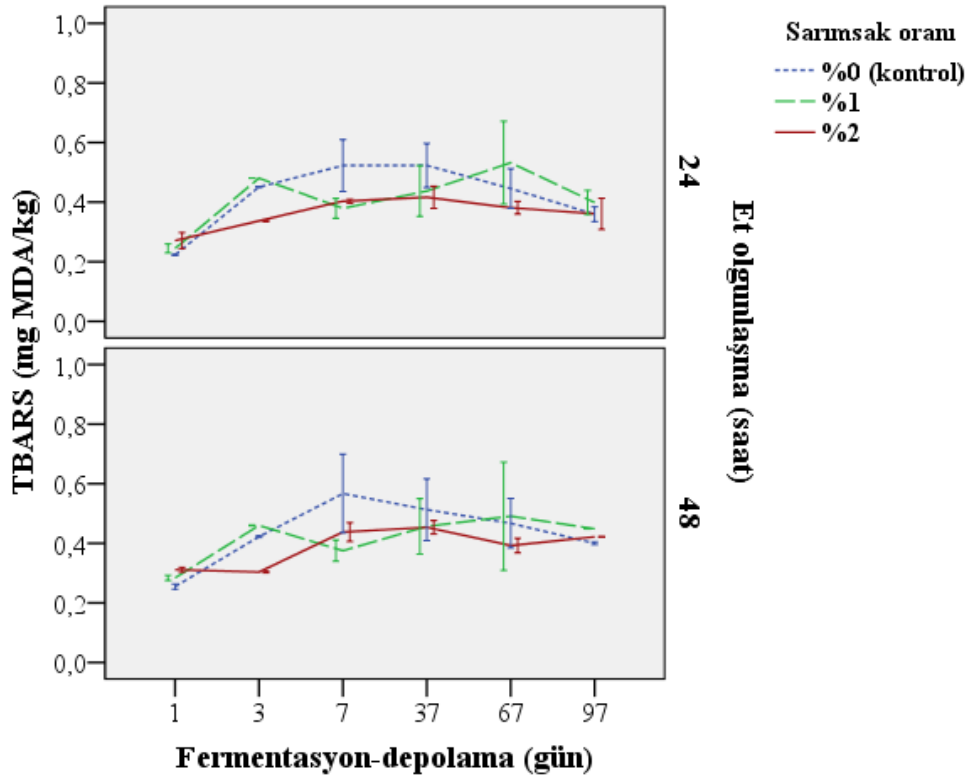
FFAs bakımından sucuk örnekleri arasındaki farklılıklar bi-plot dağılım grafiğinde (Şekil 4.40) de görülebilmektedir. Bütün FFAs temel bileşen 1 pozitif özvektöre sahip olmuştur. Ancak C6:0 ve C8:0 yağ asitleri özvektörü diğer yağ asitlerinden daha düşüktür. Bu durum, C6:0 ve C8: yağ asitlerinin fermentasyon ve depolama zamanlarında önemli bir değişim göstermemesinden kaynaklanmaktadır. Fermentasyon zamanlarında sucuk örnekleri grafiğin en solunda yer almış olup, depolama ilerledikçe grafiğin sağına doğru bir dağılım sergilemişlerdir. Dolayısıyla C6:0 ve C8:0 yağ asitleri dışındaki yağ asitlerinde fermentasyon ve depolama boyunca artma eğilimi anılan durumun ortaya çıkmasına neden olduğu gibi depolama aşamasının diğer üretim aşamalarından FFAs bakımından ayrıldığını ifade edebiliriz. Diğer yandan özellikle %2 sarımsak uygulanarak olgunlaştırılmış et sucukları depolamanın 60. gününde temel bileşen 2'nin negatif bölgesinde yer alarak diğer sucuklardan ayrılmıştır. Bu anlamda maksimum toplam serbest yağ asitleri içeriğine ulaşılan depolamanın 60. günü artan sarımsak oranı ile et olgunlaştırma bakımından da sucuk örneklerinin ayırımında belirleyici olmuştur.

Sucuk örneklerinde 1.39-4.91 meq O₂/kg lipid arasında belirlenen peroksit değerinin (Şekil 4.41) de TBARS içeriğindeki değişimle örtüştüğü görülmektedir (Çizelge 4.25). Çalışmamızla aynı starter kültür kullanan Johansson ve ark. (1994) da bulgularımızla uyumlu olarak fermentasyonun ilk günlerinde fermente sosisin peroksit değerinde artma olduğunu ve depolama süresince de önemli bir değişim olmadığını belirlemişlerdir.

Her ne kadar istatistiksel olarak önemli bulunmasa da, ete uygulanan sarımsak oranının artmasıyla sucuk örneklerinin ortalama TBARS, peroksit değeri ve toplam FFAs miktarı azalmıştır (Çizelge 4.25). Sarımsak oranı ile fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki interaksiyonun sucuk örneklerinin özellikle TBARS ve FFAs konsantrasyonuna etkisinin önemli olması, sarımsak uygulamasının anılan niteliklere etkili olabileceğini göstermektedir.



Şekil 4.41. Sucuk örneklerinde peroksit değeri



Şekil 4.42. Sucuk örneklerinde TBARS miktarı

FFAs miktarı da depolamanın 60. gününde sarımsak uygulanmadan 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda diğerlerinden daha fazla belirlenmiştir ($P<0.05$). Benzer olarak, depolamanın 90. gününde sarımsak uygulanmadan hem 24 hem de 48 saat olgunlaşma zamanları sonunda üretilen sucuklar, sarımsakla olgunlaştırılanlardan daha fazla FFAs miktarına sahip olmuştur (Ek 26). Bu durum, daha önce sucuğun hem fermentatif hem de proteolitik niteliklerinde olduğu ve/veya belirtildiği gibi sarımsakla olgunlaştırılan etlerde heterofermentatif mikroflora gelişiminin ve/veya aktivitesinin sarımsakla olgunlaştırılmamış etlerden üretilen kontrol grubu sucuklardan daha az olabileceği ile uyumlu olabilmektedir.

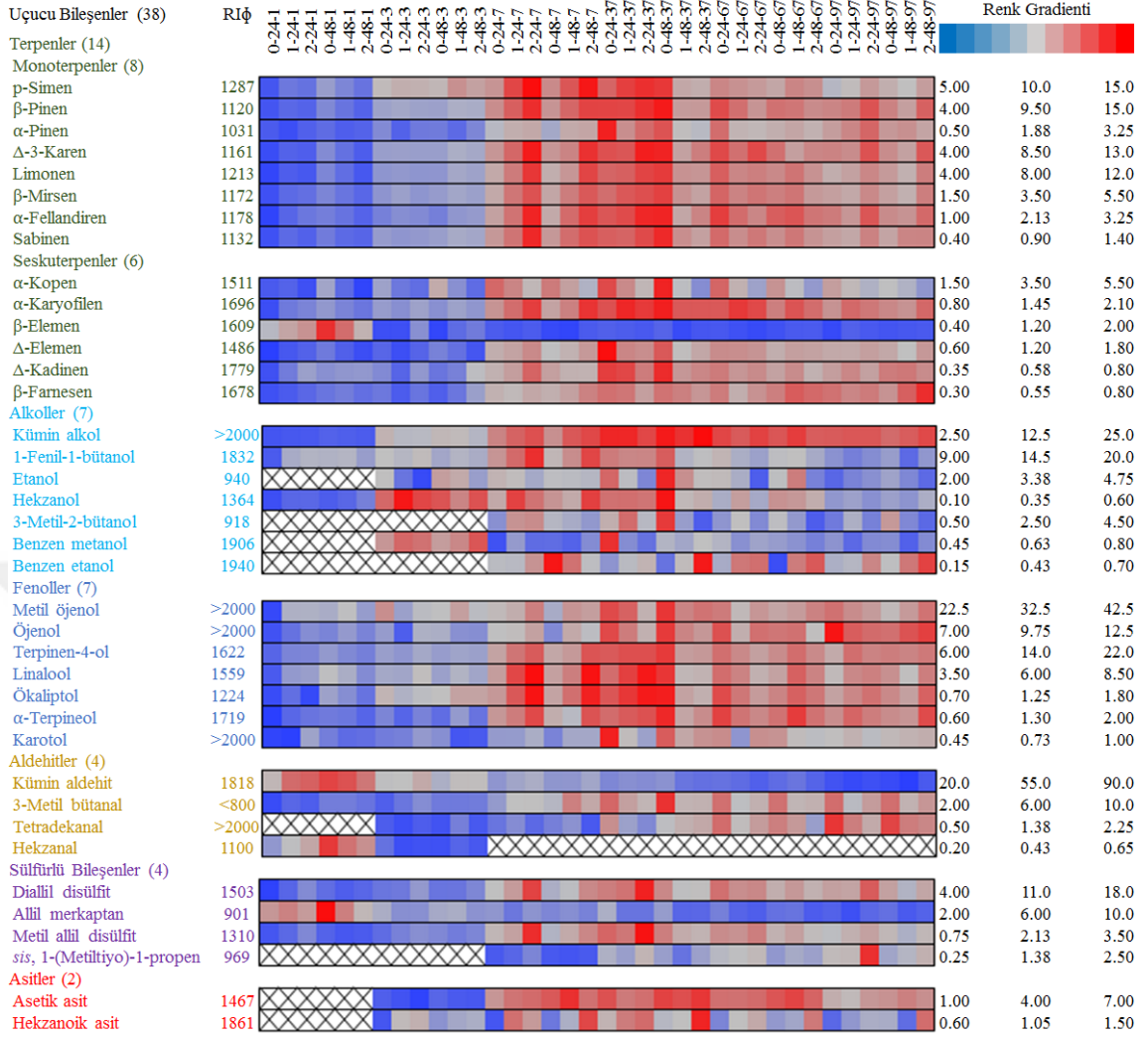
Sucuk örneklerinin TBARS miktarı 0.22-0.53 mg MDA/kg arasında değişim göstermiştir. Fermentasyonla TBARS'da önemli bir artma (0.26'dan 0.41'e) olup, depolama zamanlarına ait ortalama TBARS değerleri ise benzerlik göstermiştir (Çizelge 4.25; Şekil 4.42). Ilıkkan ve ark. (2009) da sucuğun olgunlaşma süresince TBARS miktarının 0.22'den 0.43 mg MDA/kg'a arttığını belirlemişlerdir. Benzer bir artış Kılıç ve Özer (2017) ile Kaban ve ark. (2022) tarafından da belirlenmiştir. Urgu-Öztürk ve ark. (2020) ise depolamanın 20. gününe kadar TBARS miktarının arttığını; depolamanın sonunda ise başlangıç değeri ile benzer (0.07-0.16 mg MDA/kg) bulunduğunu ifade ettikleri çalışmalarında, elde ettikleri değerler belirlediğimiz TBARS miktarından daha az olmuştur. Bazı çalışmalarda (Sucu ve Turp, 2018; Demirok Soncu ve ark., 2020), sucuklarda depolamanın başlangıcında belirlediğimiz TBARS miktarından daha fazla miktarlar (sırasıyla 0.5-0.6 mg MDA/kg ve 0.6-0.8 mg MDA/kg) belirlenmiş ve depolanma süresince artarak ransidite sınırına (1 mg MDA/kg) ulaşılmıştır.

Bu durumda sucuğa katılan hayvansal yağ büyük önem arz etmektedir. Hayvansal yağ dokularının farklılığı doğal olarak farklı yağ asitleri kompozisyonuna sahip olabileceklerinden sucukta da yağ oksidasyonunda farklılık oluşturabilecektir. Hatta aynı yağ dokusunda, üretime kadar yağın muhafazasındaki farklılıklar sucukta belirgin bir farklılığa neden olabilmektedir. Kesim sonrası yağın oksidasyonu engellemek için hızla vakum paketlenerek dondurulması önem arz etmektedir. Ayrıca sucuk üretiminde kullanılan starter kültürler de sucuğun biyokimyasal niteliklerinde önemli farklılıklara neden olmaktadır. *Lactobacillus* spp. ve *Pediococcus* spp. içeren starterler iyi bir asitlik gelişimi için sucukta kullanılırken; *Micrococcus* spp. ve *Staphylococcus* spp. ise sucukta tat ve aroma gelişimine katkı sağlayabilmektedir (Pearson ve Gillet, 1996).

4.3.4.4. Uçucu bileşenler

Farklı oranlarda sarımsak uygulanan etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucukların uçucu bileşen profili Şekil 4.46'da gösterilmiştir. Sucuk örneklerinde toplam 38 bileşen tespit edilmiş olup, bunların 14'ünü terpenler (8 monoterpen; 6 seskuterpen); 7'sini alkoller; 7'sini fenoller; 4'ünü aldehitler; 4'ünü sülfürlü bileşenler; 2'sini de asit bileşenler oluşturmuştur. Literatürde bulgularımız ile benzer sayıda uçucu bileşenin belirlendiği (Lorenzo ve ark., 2013; Demirok Soncu ve ark., 2020) çalışmalar olduğu gibi daha fazla sayıda uçucu bileşenin belirlendiği çalışmalar da yer almaktadır (Johansson ve ark., 1994; Öztürk ve ark., 2021; Kaban ve ark., 2022; Li ve ark., 2023). Uçucu bileşen sayısındaki farklılıklar; sucukların formülasyonu, kullanılan starter kültür ya da fermentasyon-kurutma koşullarının farklılığından kaynaklanabileceği gibi, uçucu bileşenlerin ekstraksiyon koşulları, katı faz mikroekstraksiyon tekniğinde kullanılan adsorbant ve kromatografi kolon ve çalışma koşullarının farklılığından da kaynaklanabilmektedir (Marco ve ark., 2004). Sucuk örneklerinde fermentasyondan önce uçucu bileşen sayısı 30 olup, fermentasyon sonrası ek olarak 5 bileşen (etanol, benzen metanol, tetradekanal, asetik asit ve hekzanoik asit) daha belirlenmiştir (Şekil 4.46). Anılan bileşenler heterofermentatif fermentasyon (etanol ve asetik asit) ve amino asit ya da yağ asitleri (benzenmetanol, tetradekanal ve hekzanoik asit) ürünleri olmaktadır. Sonraki depolama zamanlarında ise 35 bileşene ek olarak 3-metil-2-bütanol; benzen etanol; *sis*-(1-metiltiyo)-1-propen bileşenleri belirlenirken, fermentasyon aşamasında belirlenen hekzanal tespit edilememiştir.

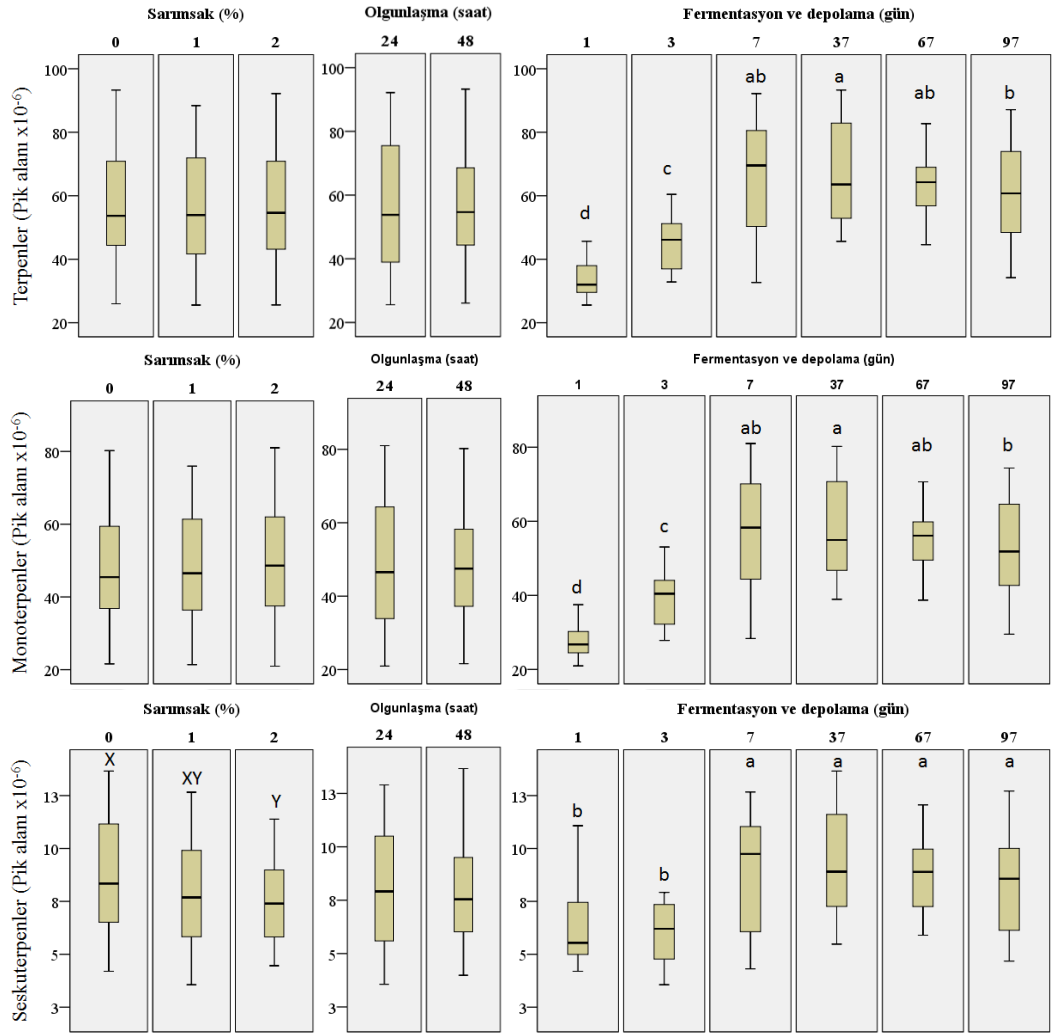
Fenoller sucuk örneklerinde en fazla pik alanına sahip uçucu bileşenler grubu (67.9×10^6) olup, onu sırasıyla terpenler (56.8×10^6), aldehitler (48.4×10^6), alkoller (33.7×10^6), sülfürlü bileşenler (18.0×10^6) ve asitler (6.00×10^6) izlemiştir. Uçucu bileşenlerin kimyasal olarak gruplandırılmadığı çalışmalar (Ekici ve ark., 2015; Zhou ve ark., 2021) olduğu gibi uçucu bileşen grupları bakımından literatürde oldukça farklı bulgulara da rastlanılabilmektedir. Çünkü araştırmacıdan araştırmacıya bazı uçucu bileşenler farklı kimyasal gruplarda sınıflandırılmıştır. Örneğin 'öjenol' ve 'ökaliptol' gibi fenoller ya terpen uçucu bileşen grubunda (Demirok-Soncu ve ark., 2020; Kaban ve ark., 2022) ya da alkol uçucu bileşen grubunda sınıflandırılmıştır (Li ve ark., 2023).



Şekil 4.43. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu bileşenler

(0, 1 ve 2 sırasıyla sarımsaksız ve %1 ve %2 oranında sarımsaklı olgunlaştırılan etler; 24 ve 48 olgunlaştırma zamanı (saat); 1, 3, 7, 37, 67 ve 97 fermentasyon öncesi, fermentasyon sonrası, kuruma sonrası/depolama başlangıcı, 30, 60 ve 90 gün depolama; RI: Alıkonma indeksi (C8-C20 alkan serisinde hesaplanmıştır); [X]: Tespit edilmedi)

Terpenler, çoğunlukla sucukta kullanılan baharatlar kaynaklı olup, düşük koku eşiğine sahip olduklarından fermente sosislerin aromasında oldukça önemli olmaktadır (Kargozari ve ark., 2014). Sucuk örneklerde terpen bileşenlerinin toplam alanı fermentasyon öncesinde 34.1×10^6 iken, depolamanın 30. gününe kadar 67.7×10^6 'ya yükseldiği, 90. günde de 60.5×10^6 'ya azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.44). Sucuğun olgunlaşma süresince terpen bileşenlerinin artması Öztürk ve ark. (2021)'nin; depolamanın sonuna doğru azalma eğilimi göstermesi de Ünal Turhan ve ark. (2017)'nin bulguları ile uyumludur.



Şekil 4.44. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu terpen bileşenler (a,b,c: Fermentasyon ve depolama zamanları; X,Y,Z: sarımsak oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$)).

Olgunlaşma süresince terpen bileşenlerin artması, Iacumin ve ark. (2020)'nın da belirttikleri gibi terpenlerin kolaylıkla çözünebildikleri yağ miktarının artmasından kaynaklanmış olabilmektedir. Şekil 4.44'ten görülebildiği gibi, terpen bileşenlerinde depolamanın 30. gününden sonraki azalma eğilimi özellikle monoterpenlerde istatistiksel olarak önemli olurken, seskuterpenlerde depolama zamanları önemli bir fark yaratmamıştır. Bu durum monoterpenlerin, muhtemelen seskuterpenlere göre oksidasyona daha duyarlı olmasından kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 4.29. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu monoterpen bileşenlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	p-Simen	Limonen	β -Mirsen	α -Fellandiren	α -Pinen	β -Pinen	Δ -3-Carene	Sabinen
% 0 (kontrol)	10.8 $\pm$ 3.14	8.45 $\pm$ 2.58	3.74 $\pm$ 1.18	2.33 $\pm$ 0.76	1.91 $\pm$ 1.22	10.9 $\pm$ 3.83	9.50 $\pm$ 3.08	0.97 $\pm$ 0.33
1	11.0 $\pm$ 3.30	8.37 $\pm$ 2.66	3.74 $\pm$ 1.15	2.31 $\pm$ 0.72	1.75 $\pm$ 1.06	10.6 $\pm$ 3.73	9.08 $\pm$ 3.00	0.97 $\pm$ 0.32
2	11.3 $\pm$ 3.32	8.73 $\pm$ 2.81	3.84 $\pm$ 1.17	2.43 $\pm$ 0.77	1.82 $\pm$ 1.08	10.9 $\pm$ 3.97	9.93 $\pm$ 3.39	1.00 $\pm$ 0.34
<i>P</i>	0.479	0.559	0.712	0.218	0.616	0.845	0.114	0.771
Et olgunlaşma (B)								
24 saat	11.1 $\pm$ 3.34	8.56 $\pm$ 2.86	3.81 $\pm$ 1.24	2.38 $\pm$ 0.80	1.90 $\pm$ 1.22	10.9 $\pm$ 4.07	9.70 $\pm$ 3.43	0.98 $\pm$ 0.34
48 saat	11.0 $\pm$ 3.16	8.47 $\pm$ 2.50	3.75 $\pm$ 1.08	2.33 $\pm$ 0.70	1.76 $\pm$ 1.00	10.6 $\pm$ 3.58	9.31 $\pm$ 2.89	0.97 $\pm$ 0.31
<i>P</i>	0.868	0.798	0.624	0.546	0.334	0.428	0.264	0.858
Fermentasyon-Depolama [#] (C)								
1. gün	7.12 $\pm$ 1.41d	5.01 $\pm$ 0.95d	2.14 $\pm$ 0.37d	1.34 $\pm$ 0.27c	0.80 $\pm$ 0.25b	5.70 $\pm$ 1.22c	5.28 $\pm$ 1.07c	0.54 $\pm$ 0.10c
3. gün	10.8 $\pm$ 1.64c	6.60 $\pm$ 1.29c	2.83 $\pm$ 0.44c	1.60 $\pm$ 0.35b	1.03 $\pm$ 0.30b	8.12 $\pm$ 1.88b	7.23 $\pm$ 1.43b	0.74 $\pm$ 0.18b
7. gün	13.4 $\pm$ 3.62a	9.75 $\pm$ 2.62ab	4.38 $\pm$ 1.01ab	2.71 $\pm$ 0.60a	1.96 $\pm$ 0.93a	12.7 $\pm$ 3.52a	11.0 $\pm$ 2.95a	1.16 $\pm$ 0.31a
37. gün	12.8 $\pm$ 2.98ab	10.2 $\pm$ 2.09a	4.56 $\pm$ 0.85a	2.83 $\pm$ 0.51a	2.43 $\pm$ 1.22a	13.0 $\pm$ 3.27a	11.4 $\pm$ 2.53a	1.18 $\pm$ 0.26a
67. gün	11.6 $\pm$ 1.66bc	9.78 $\pm$ 1.47ab	4.40 $\pm$ 0.51ab	2.78 $\pm$ 0.39a	2.14 $\pm$ 1.00a	12.2 $\pm$ 2.16a	10.8 $\pm$ 1.41a	1.11 $\pm$ 0.16a
97. gün	10.5 $\pm$ 2.72c	9.08 $\pm$ 2.10ab	4.04 $\pm$ 0.85b	2.63 $\pm$ 0.48a	2.35 $\pm$ 1.21a	12.1 $\pm$ 3.12a	10.5 $\pm$ 2.78a	1.06 $\pm$ 0.24a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar								
<i>AxB</i>	0.458	0.721	0.410	0.661	0.849	0.692	0.501	0.506
<i>AxC</i>	0.286	0.206	0.113	0.015	0.650	0.254	0.232	0.396
<i>BxC</i>	0.363	0.792	0.658	0.560	0.815	0.701	0.515	0.855
<i>AxBxC</i>	0.818	0.947	0.793	0.573	0.997	0.934	0.983	0.904

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Depolamanın sonuna doğru özellikle monoterpenlerin pik alanında gözlemlenen azalma, depolamayla hem çiğ (Çizelge 4.36) hem de pişmiş (Çizelge 4.37) sucuğun koku puanında azalmanın nedeni olabilmektedir. Lorenzo ve ark. (2013) baharat kaynaklı olarak değerlendirdikleri terpen bileşenleri (α -pinen, 3-karen, limonen, kopen, karyofilen ve simen) ile depolama arasında negatif korelasyon ($r=-0.60$, $P<0.001$) belirlemişlerdir.

Kimyonun temel bileşenlerinden biri olan p-simen (p-metil kumin: 1-methyl-4-(1-methylethyl) benzene), sucuk örneklerinde pik alanı en fazla (11.1×10^6) belirlenen terpen bileşenidir. Yapılan çalışmalarda da simen fermente sucukta gerek pik alanı (Kaban ve Kaya, 2009) gerekse oran bakımından (Dursun ve Güler, 2019; Öztürk ve ark., 2021) en fazla bulunan terpen olarak rapor edilmiştir. p-Simen pik alanında depolamayla istatistiksel olarak önemli bir azalma ($P<0.001$) belirlenmiştir. Ünal Turhan ve ark. (2017), bulgularımıza benzer şekilde depolamanın sonunda fermente sucuğun p-simen'in kantitatif miktarının da azaldığını ifade etmişlerdir. Depolama, limonen ve β -mirsene pik alanlarında da benzer bir etki gösterirken, diğer monoterpenler için önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.29). Hem p-simen hem de limonenin azalması, alkol (sırasıyla kumin ve perillil alkol), aldehit (kumin ve perillil aldehit) ve asitlerine (kumin ve perillil asit) yükseltgenmelerinden kaynaklanabilmektedir (Yoo ve Day, 2002). Terpenlerin kendi aralarında hidrasyon ve izomerizasyon gibi mikrobiyal bazı metabolik değişimleri (transformasyon) de mümkün olabilmektedir. Örneğin, aromatik benzen halkasında sırasıyla 1, 2 ve 3 doymamış bağ içeren limonen, α -felandren ve p-simen hidrasyon ve/veya desaturasyonla birbirlerine dönüşebileceği gibi p-simen-8-ol (kumin alkol) ve terpineol gibi terpen alkollerine de dönüşebilmektedirler (Marmulla ve Harder, 2014). Ayrıca asiklik yapıda olan β -mirsene'den o-simen ya da linalool ve geraniol gibi türevleri de oluşabilmektedir. Sucuk örneklerinin limonen, β -mirsene bileşenlerinin pik alanları, %0 ve %1 sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda depolamanın sonuna doğru azalma eğiliminde olurken, %2 sarımsak oranında ise önemli bir farklılık göstermemiştir. α -Karyofilen bakımından da benzer bir değişim gözlemlenmiştir (Ek 30). Depolamayla birlikte karyofilen pik alanındaki azalma oksit formuna dönüşümünden kaynaklanmış olabilir. %2 sarımsakla olgunlaştırılan etlerden sucuk üretimi, diğerlerine kıyasla daha önce proteolitik ve lipolitik nitelikler bakımından ifade edildiği gibi terpen oksidasyonunu engellemiş olabilmektedir.

Çizelge 4.30. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu seskuterpen bileşenlerine etkisi

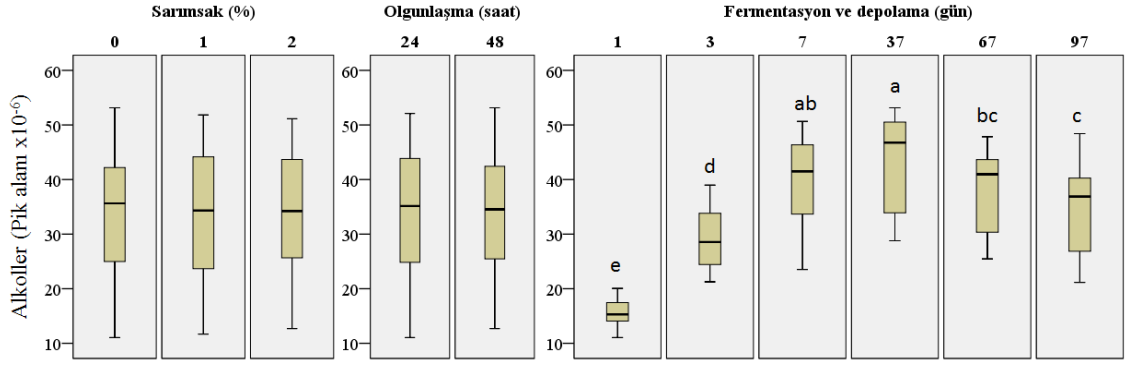
Sarımsak oranı (A)	α -Karyofilen	β -Elemen	Δ -Kadinen	α -Kopen	Δ -Elemen	β -Farnesen
% 0 (kontrol)	1.58±0.46	0.70±0.54	0.61±0.16	3.99±1.72X	1.22±0.47	0.57±0.17
1	1.63±0.50	0.69±0.45	0.60±0.18	3.29±1.38Y	1.14±0.43	0.56±0.17
2	1.66±0.45	0.71±0.36	0.61±0.14	2.72±1.04Z	1.17±0.40	0.58±0.17
<i>P</i>	0.447	0.813	0.794	0.000	0.397	0.678
Et olgunlaşma (B)						
24 saat	1.64±0.49	0.69±0.38	0.61±0.18	3.43±1.59	1.20±0.47	0.55±0.16
48 saat	1.61±0.44	0.71±0.52	0.60±0.15	3.23±1.40	1.15±0.39	0.58±0.18
<i>P</i>	0.628	0.485	0.894	0.381	0.363	0.085
Fermentasyon-Depolama [#] (C)						
1. gün	1.08±0.18c	1.49±0.57a	0.47±0.08b	2.07±0.83b	0.72±0.17b	0.38±0.04c
3. gün	1.21±0.21c	0.60±0.19b	0.47±0.08b	2.63±1.01b	0.75±0.23b	0.39±0.10c
7. gün	1.79±0.46b	0.51±0.12b	0.63±0.15a	4.03±1.64a	1.31±0.41a	0.60±0.12b
37. gün	1.94±0.37a	0.54±0.12b	0.71±0.16a	4.02±1.66a	1.46±0.43a	0.65±0.12ab
67. gün	1.86±0.24ab	0.51±0.08b	0.64±0.14a	3.61±1.18a	1.36±0.18a	0.66±0.14ab
97. gün	1.73±0.42ab	0.52±0.12b	0.66±0.17a	3.37±1.32a	1.30±0.38a	0.68±0.16a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar						
<i>AxB</i>	0.796	0.436	0.911	0.477	0.977	0.189
<i>AxC</i>	0.841	0.293	0.811	0.924	0.489	0.896
<i>BxC</i>	0.950	0.313	0.798	0.594	0.746	0.951
<i>AxBxC</i>	0.987	0.302	0.964	0.991	0.999	0.991

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sesquiterpenlerden β -elemen ve Δ -kadinen pik alanları da sucuk örneklerinde benzer gözlemlenmiştir (Çizelge 4.30). β -elemen, fermentasyon sonunda %2 sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda ve Δ -kadinen %2 sarımsak oranında 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda daha fazla pik alanı göstermişlerdir (Ek 30). Ansorena ve ark. (2000), olgunlaşma sonunda yani 35. günde Chorizo'da 'elemen' miktarında artma belirlerken, Viallon ve ark. (1996) 30 gün olgunlaştırılan fermente sosislerde belirledikleri terpenlerin (α -thujen, α - ve β -pinen, kampen, fençen, Δ -3-karen, α - ve γ -terpinen, m- ve p-simen, limonen) kantitatif miktarında olgunlaşma ile önemli bir azalma raporlamışlardır. Lorenzo ve ark. (2013), çalışmalarında 1-metil-4-sikloheksen, kopen, limonen, 3-karen, β -karyofilen ve α -pinen terpen bileşenlerini belirlemişler ve bulgularımızla uyumlu olarak depolamanın sonunda pik alanında önemli bir azalma tespit etmişlerdir.

Et olgunlaştırılmasında sarımsak oranının artması ve olgunlaşma süresinin uzaması α -kopen pik alanında bir azalma eğilimine neden olmuştur (Ek 30). Önemli düzeyde en düşük α -kopen pik alanını %2 sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar sergilemişlerdir. Bu durum fungi gibi özellikle sesquiterpen oluşturabilen bazı mikroorganizmaların (Bruna ve ark., 2001) aktivitelerinin artan sarımsak oranı ile azalmasından kaynaklanabilmektedir (Demirok-Soncu ve ark., 2020). Çünkü α -kopen fungal metabolizmanın bir indikatörü olarak nitelendirilmektedir (Thelen ve ark., 2005). Sulejmani ve Demiri (2020) da fermente sosislerde olgunlaşmanın 8. gününe kadar α -kopen miktarının arttığını, sonraki 15 gün olgunlaşma süresinde azaldığını belirlemiştir. Araştırmacılar terpenlerin (p-simen, β -elemen, Δ -kadinen, α -karyofilen) azalmasını fermente sosiste 'aroma kaybı' olarak değerlendirmişlerdir. Özetle, %2 sarımsakla olgunlaştırılmış etlerden üretilen sucuklar, depolama sırasında sesquiterpenlerin aksine monoterpenler ve toplam terpenlerde hem en yüksek pik alanı hem de terpenlerde daha az azalma göstermişlerdir. Dolayısıyla sucukta 'aroma kaybı' gibi kalite kusuru dikkate alındığında sucuk üretimi için etin önceden sarımsakla olgunlaştırılması daha faydalı olabilmektedir.

Alkol bileşenleri, fermentasyon başlangıcından depolamanın 30. gününe kadar artma, sonrasında azalma eğilimi göstermiştir (Şekil 4.45). Sulejmani ve Demiri (2020), toplam alkol bileşenlerinin kantitatif miktarının fermentasyonun 8. gününe kadar arttığını sonraki 15. gün de azaldığını belirlemişlerdir.



Şekil 4.45. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu alkol bileşenler (a,b,c: Fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$)).

Depolamayla alkol bileşenlerin kantitatif miktarında da benzer bir azalma Ünal-Turhan ve ark. (2017) tarafından da belirlenmiştir. Dursun ve Güler (2018) ise toplam alkol bileşenlerin relatif oranının olgunlaşma ile azaldığını; Demirok-Soncu ve ark. (2020) ise depolamanın başlangıcından sonuna (3 ay) alkol bileşenlerin relatif oranının arttığını belirlemiştir. Bu sonuçlar Ansorena ve ark. (2000)'nın da belirttikleri gibi, alkoller dışında diğer uçucu bileşenlerin gerek sayıca gerekse pik alanı bakımından artması ya da azalmasından kaynaklanmış olabilir. Dolayısıyla kantitatif olarak miktar verilememesi durumunda her bir uçucu bileşenin pik alanlarının analizlenmesi incelenen parametrelerin etkilerinin değerlendirilmesi için daha yararlı olabilmektedir. Kuruma ve olgunlaşma ile alkol bileşenlerin miktarının arttığı İacumin ve ark. (2020) tarafından da tespit edilmiştir. Bu artma, aynı zamanda anılan sürede artan lipolizin de doğal bir sonucu olabilmektedir (Li ve ark., 2023). Alkol bileşenler arasında kumin alkol en fazla pik alanına (16.85×10^6) sahip olup; onu 1-fenil-1-bütanol (14.4×10^6), etanol (3.16×10^6), 3-metil bütanol (2.12×10^6), benzen metanol (0.58×10^6), benzen etanol (0.47×10^6) ve hekzanol (0.37×10^6) izlemiştir (Çizelge 4.31). Kumin alkol (4-(1-metiletil)-benzenmetanol; 4-izopropil benzil alkol; p-simen-7-ol) pik alanında depolamanın 30. gününe kadar önemli ($P<0.001$) bir artma gözlemlenirken; depolamanın sonunda ise önemli bir azalma gözlemlenmiştir (Çizelge 4.31). Kumin alkol pik alanında önemli ($P<0.001$) ve belirgin artmalar fermentasyon ve kuruma sonrasında gözlemlenmiştir (Ek 31). Bu süreçte onun aldehidi kuminaldehit de azalmıştır.

Çizelge 4.31. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu alkol bileşenlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Kumin alkol	1-Fenil-1-bütanol	Benzenetanol	Benzenmetanol	Etanol	3-Metil-2-bütanol	Hekzanol
% 0 (kontrol)	16.5±8.47	14.5±2.75	0.37±0.29Y	0.60±0.17	3.48±0.64X	2.41±0.90X	0.36±0.18
% 1	16.9±8.78	14.1±2.72	0.48±0.22XY	0.56±0.12	3.24±0.56Y	2.32±0.71X	0.37±0.19
% 2	17.1±9.23	14.5±2.92	0.55±0.16X	0.57±0.10	2.74±0.43Z	1.63±0.79Y	0.37±0.17
<i>P</i>	0.912	0.519	0.011	0.482	0.000	0.000	0.962
Et olgunlaşma (B)							
24 saat	16.7±8.95	14.6±2.93	0.44±0.25	0.58±0.15	2.98±0.60	2.27±0.78	0.36±0.20
48 saat	17.0±8.67	14.2±2.64	0.50±0.23	0.57±0.12	3.33±0.60	1.97±0.92	0.37±0.16
<i>P</i>	0.715	0.140	0.241	0.631	0.000	0.000	0.855
Fermentasyon-Depolama [#] (C)							
1. gün	2.27±0.81d	13.2±1.80c	-	-	-	-	0.17±0.08d
3. gün	12.4±2.77c	13.9±2.02c	-	0.70±0.17a	3.04±0.65c	-	0.52±0.25a
7. gün	19.6±4.55b	17.1±2.74a	0.50±0.17	0.51±0.07c	3.31±0.36b	2.36±0.67b	0.46±0.15a
37. gün	23.5±6.20a	16.1±2.31b	0.42±0.24	0.61±0.16b	3.67±0.68a	2.59±1.12a	0.46±0.14a
67. gün	21.2±5.59ab	13.9±2.03c	0.47±0.26	0.56±0.08bc	3.13±0.60bc	1.80±0.59c	0.37±0.12b
97. gün	20.5±5.85b	11.8±1.73d	0.49±0.28	0.53±0.07c	2.64±0.31d	1.74±0.73c	0.27±0.06c
<i>P</i>	0.000	0.000	0.677	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar							
<i>AxB</i>	0.847	0.520	0.817	0.373	0.384	0.000	0.025
<i>AxC</i>	0.866	0.001	0.193	0.288	0.001	0.000	0.374
<i>BxC</i>	0.994	0.253	0.573	0.988	0.017	0.000	0.520
<i>AxBxC</i>	0.996	0.373	0.495	0.364	0.132	0.004	0.857

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -:Tespit edilmedi.

Kaban ve ark. (2022) benzer olarak sucukta kumin alkolü en fazla pik alanına sahip alkol olarak belirlemişler, ancak kumin aldehit tespit etmemişlerdir. Bu durum, araştırmacıların olgunlaşmanın sonunda sucukları analizledikleri düşünüldüğünde çalışmamızda ve Demirok Soncu ve ark. (2020)'nın bulgularından da görülebildiği gibi kumin aldehitin hızla indirgenmesinden kaynaklanmış olabilmektedir. Kuruma sonunda en yüksek kumin alkol pik alanı %2 sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda tespit edilirken; onu %1 ve %0 sarımsakla olgunlaştırılan et sucukları izlemiştir (Ek 31). Bu durum sarımsakla olgunlaştırmanın, sucukta ya oksidasyon-redüksiyon potansiyelinin ya da mikrobiyal dehidrojenazların aktivitesinin farklılığına neden olmasından kaynaklanmış olabilir. Et olgunlaştırma süresi ve sucuk depolama süresi kumin alkol üzerine önemli bir etki yaratmamıştır.

Sucuk örneklerinin ikinci en fazla bulunan alkol bileşeni 1-fenil-1-bütanol pik alanı üzerine, fermentasyon-depolama zamanı ve sarımsak oranı ve fermentasyon-depolama zamanı arasındaki interaksiyon önemli bir etki yaratmıştır (Çizelge 4.31). Kumin alkolde olduğu gibi kuruma sonrasında en yüksek 1-fenil-1-bütanol pik alanına %2 sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar sahip olurken; onu %1 ve %0 sarımsakla olgunlaştırılan et sucukları izlemiştir. Ancak depolama sırasında nispeten kontrol sucukları daha fazla 1-fenil-1-bütanol pik alanı sergilemişlerdir. Depolamanın 30. gününde ise sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan et sucukları 24 saat olgunlaştırılanlara kıyasla önemli düzeyde az 1-fenil-1-bütanol içermişlerdir (Ek 31). Ancak bu farklılık depolamanın daha sonraki günlerinde gözlemlenmemiştir. Aksine benzen etanol kuruma sonrası sucuklarda tespit edilmiş ve en yüksek pik alanına sarımsaksız 48 saat olgunlaştırılan et sucuğu sahip olmuştur. Fakat depolama sırasında %2 sarımsakla 48 saat olgunlaştıran et sucuğu daha yüksek benzen etanol pik alanı göstermiştir. Bu sonuç depolama sırasında sarımsaklı sucuklarda 1-fenil-butanol içeriğinde belirgin azalma ile uyumlu olmaktadır. Çünkü fenil etanol ve metanol 1-fenil-butanol'ün dekarboksilasyonundan oluşabileceği gibi; Zhou ve ark. (2021)'nın da bildirdiği üzere aromatik Phe ya da Tyr amino asitlerinden oluşabilmektedir. Bu amino asitlerden Tyr, % 2 oranında sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda fermentasyon ve kuruma sonrasında diğerlerinden daha fazla olması (Ek 25) öncül bileşenin ortamda yüksekliği ile de ilişkilendirilebilmektedir. Fonseca ve ark. (2013) da bulgularımızla uyumlu olarak Chorizo'nun başlangıç hamurunda benzen etanol belirlememişlerdir.

Araştırmacılar kullanılan starter kültüre bağlı olarak olgunlaşma sonunda farklı düzeylerde benzen etanol tespit etmişlerdir.

Etanol, 3-metil-2-bütanol ve hekzanol piklerinin ortalama alanları da en fazla depolamanın 30. gününde (sırasıyla 3.67×10^6 , 2.59×10^6 ve 0.46×10^6) tespit edilmiştir. Anılan alkoller fermente sosislerde daha önce yapılmış çalışmalarda da en fazla oranda bulunan alkol bileşenleri arasında yer almıştır (Kaban ve ark., 2022). Çizelge 4.31’te verilen interaksiyonlardan da görülebildiği gibi, etanol pik alanında fermentasyon ve depolama boyunca meydana gelen değişimin, hem sarımsak oranına hem de et olgunlaşma zamanına bağlı olduğu ifade edilebilmektedir. Sarımsakla gerek 24 gerekse 48 saat olgunlaştırma, depolamanın 30. gününde daha az etanol oluşumuna neden olmuştur. Bu durum sarımsakla olgunlaştırılan etlerde çalışmanın önceki biyokimyasal niteliklerinde de belirtildiği gibi daha az heterofermentatif faaliyetin bir sonucu olabilmektedir. Sonraki depolama zamanlarında etanol miktarında önemli azalmalar gözlemlenmiş ve depolamanın sonunda tüm sucuklar hemen hemen benzer bir etanol pik alanı göstermişlerdir. Ancak depolamanın sonuna doğru etanolde daha fazla azalmayı kontrol grubu sucuklar göstermiştir. Kaban ve ark. (2022) da starter kültür kullanımının etanolde oluşturduğu azalma için etanolün eş karbonlu asit, aldehit ve esterlerine dönüşmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmiştir. Bu da, depolamayla gerek organik asitlerde gerek uçucu bileşenlerde belirlenen asetik asidin artmasıyla örtüşmektedir. Benzer şekilde fermente sosislerin kuruma ve depolama süresince etanolde önemli bir azalmanın tespit edildiği çalışmada da asetik asidin artma eğiliminde olduğu belirlenmiştir (Zhou ve ark., 2021). Ayrıca organik asitler arasında asetik asidin kontrol grubu sucuklarda sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilenlerden daha fazla olması, etanolün kontrol grubu sucuklarda daha fazla azalma göstermesiyle de uyumlu olabilmektedir.

3-metil-2-bütanol de benzen etanol’de olduğu gibi kuruma sonrası sucuklarda ortaya çıkmıştır. Bu durum kurumaddenin artmasının bir sonucu olarak artan konsantrasyon sonucu, anılan bileşenlerin belirlenebilmesinden kaynaklanabilmektedir. Kuruma sonrası en yüksek 3-metil-2-bütanol pik alanı sarımsakla 24 saat olgunlaştırılan et sucuklarında gözlemlenmiştir. Anılan sucuklarda yüksek 3-metil-2-bütanol pik alanı, 48 saat olgunlaştırmaya kıyasla depolama sırasında da devam etmiştir. Ancak 48 saat olgunlaştırılan kontrol et sucuğu depolamanın 30. gününde yüksek bir 3-metil-2-bütanol

içeriğine sahip olmuş; sarımsakla olgunlaştırmanın aksine sarımsaksız 48 saat et olgunlaştırma 24 saat olgunlaştırmaya kıyasla depolama sırasında yüksek 3-metil-2-bütanol oranına neden olmuştur (Ek 31).

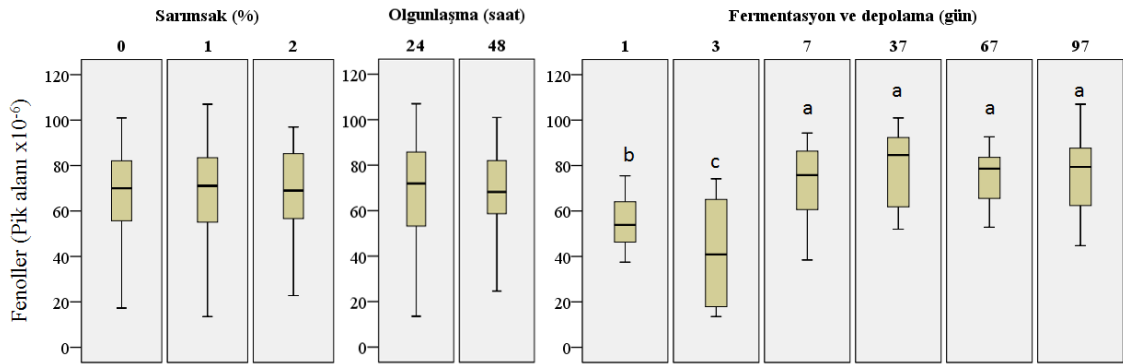
Uygulanan tüm parametrelerin interaksyonu 3-metil-2-bütanol'ü önemli düzeyde etkilemiştir. Metil bağlı aldehit ve alkoller 'strecker parçalanması' ile Leu, Ile ve Val amino asitlerden oluşmaktadır. 3-Metil-2-bütanol de Leu amino asidinin metabolizması ile ilişkilendirilmiştir (Belitz ve ark., 2009). Bunun yanı sıra Tekin ve Güler (2019)'in de belirttiği üzere 3-metil-2-bütanol gibi sekonder alkoller serbest yağ asitlerinin oksidasyonu ile oluşabilmektedir. Bu tespitler doğrultusunda, kontrol grubu sucuklar, sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilenlerden daha fazla Ile+Leu amino asit içermiş; sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar da kontrol grubuna kıyasla daha fazla çoklu doymamış serbest yağ asidi, özellikle de C18:2 içermiştir. Dolayısıyla 3-metil bütanol öncülleri oranlarının sucuklarda farklılığı ya da ortam mikrobiyal popülasyonu ve aktivitesi, 3-metil bütanol içeriğinde sucuklar arasında hem et olgunlaşma zamanına hem de depolama süresine bağlı olarak farklılık yaratmış olabilmektedir.

Hekzanol pik alanında fermentasyonla önemli bir artma, kuruma ve depolama ile azalma gözlemlenmiştir. Ancak depolamanın 30. gününde yalnızca kontrol sucuklarında hekzanolde bir artma gözlemlenmiş; fakat istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu dönemde 48 saat olgunlaştırılan kontrol et sucuğu önemli düzeyde ($P<0.05$) en yüksek hekzanol oranına sahip olmuştur (Ek 31). Hekzanol arttığı fermentasyon döneminde, hekzanal pik alanı da azalmıştır. Benzer şekilde, fermente sosisin (Chorizo) hekzanal bileşeninde üretimin sonunda önemli bir azalma olduğu Fonseca ve ark. (2013) ve Melgar ve ark. (1990) tarafından da belirlenmiştir. Öztürk ve ark. (2021) da fermente sucuklarda hekzanol'ün olgunlaşma ilerledikçe tespit edilemeyecek kadar azaldığını belirtmişlerdir. Sarımsak oranı ve et olgunlaşma zamanı arasındaki interaksyonun sucuk örneklerinin hekzanol pik alanı üzerinde önemli bir etkisi de belirlenmiştir.

Altı karbonlu hekzanal ve hekzanol uçucu bileşenlerinin lipoksijenaz enzimi aracılığıyla linoleik asit oksidasyonundan oluşmaktadır (Melgar ve ark., 1990; Chen ve ark., 2017; Zhou ve ark., 2021). Fermentasyonla artan hekzanol, muhtemelen maya faaliyetinin bir sonucu olarak mevcut hekzanal'ın indirgenmesine; depolama ile azalma ise hekzanol'ün esterifikasyon reaksiyonuna katılması yüzünden olabilir.

Toplam alkoller üzerinden bir değerlendirme yaptığımızda (Ek 31), fermentasyon ve kuruma aşamalarının alkol içeriğini önemli düzeyde arttırdığını ve depolamanın ise azalttığını vurgulayabiliriz. Üretim sürecinde et olgunlaştırma zamanı ve sarımsak uygulaması toplam alkol içeriğinde belirgin farklılıklar yaratmamıştır.

Düşük koku eşiğine sahip olan fenol bileşenler, kuru fermente sosislerin aromasına önemli katkı sağlamaktadırlar (Ansorena ve ark., 2000). Diğer bileşenlerin aksine toplam fenoller fermentasyon aşamasında azalmış; muhtemelen artan kurumadde sebebiyle kuruma sonrasında artmış ve depolama ile değişmemiştir (Ek 32; Şekil 4.46).



Şekil 4.46. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu fenol bileşenler (a,b,c: Fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$)).

Sucuklarda, en fazla pik alanına sahip fenol bileşen metil öjenol (34.6×10^6) olup, onu terpinen-4-ol (15.6×10^6), öjenol (10.2×10^6), linalool (6.60×10^6), α -terpineol (1.41×10^6), ökaliptol (1.40×10^6) ve karotol (0.68×10^6) izlemiştir. Karotol dışında sucukta benzer fenol profili Demirok Soncu ve ark. (2020) tarafından da belirlenmiştir. Fenolikler çoğunlukla baharat kaynaklı olup; fermente sosis aromasının gelişiminde etkili olduğu belirtilmiş (Li ve ark., 2023) ve bulgularımızla benzer olarak metil-öjenol ile öjenol sucukta en fazla bulunan fenoller olmuşlardır (Dursun ve Güler, 2019; Ünal Turhan ve ark., 2017). Sucukta en fazla pik alanına sahip olan metil öjenol, fermentasyondan depolamanın 30. gününe kadar artarken (30.1 'den 37.8×10^6 'ya), sonraki 60. ve 90. günde azalma eğilimi (sırasıyla 35.4×10^6 ve 35.8×10^6) göstermiştir. Kaban ve Kaya (2009) 14 günlük olgunlaşma döneminde, öjenol ve metil öjenol miktarını en fazla 7. günde tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.32. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu fenol bileşenlerine etkisi

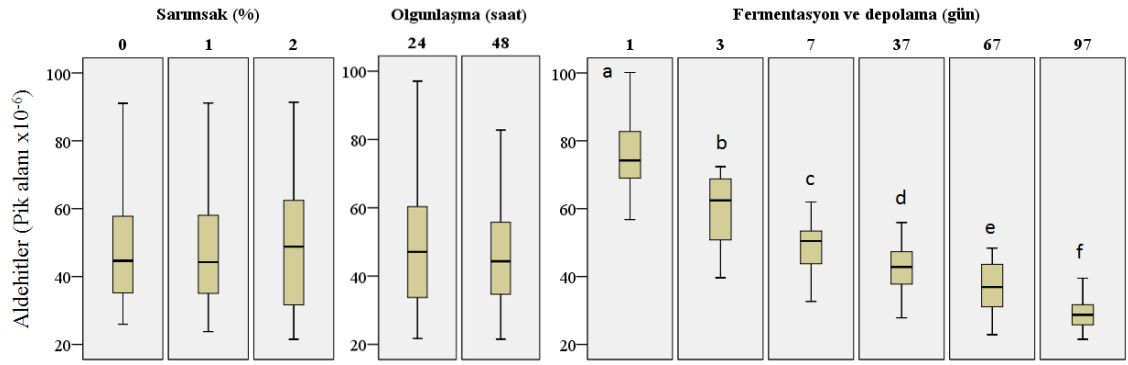
Sarımsak oranı (A)	Metil öjenol	Öjenol	Terpinen-4-ol	Linalool	Ökalyptol	α -Terpineol	Karotol
% 0 (kontrol)	34.4 $\pm$ 7.21	10.4 $\pm$ 2.45	15.4 $\pm$ 5.20	6.45 $\pm$ 1.73	1.39 $\pm$ 0.37	1.40 $\pm$ 0.57	0.71 $\pm$ 0.21
% 1	34.6 $\pm$ 7.36	10.2 $\pm$ 2.88	15.5 $\pm$ 5.43	6.58 $\pm$ 1.69	1.39 $\pm$ 0.40	1.38 $\pm$ 0.60	0.65 $\pm$ 0.21
% 2	34.6 $\pm$ 6.43	10.0 $\pm$ 2.60	15.6 $\pm$ 4.97	6.77 $\pm$ 1.82	1.41 $\pm$ 0.43	1.44 $\pm$ 0.58	0.68 $\pm$ 0.19
<i>P</i>	1.000	0.747	0.930	0.478	0.890	0.763	0.142
Et olgunlaşma (B)							
24 saat	34.5 $\pm$ 7.60	10.3 $\pm$ 2.92	15.6 $\pm$ 5.39	6.68 $\pm$ 1.84	1.40 $\pm$ 0.43	1.42 $\pm$ 0.62	0.68 $\pm$ 0.22
48 saat	34.6 $\pm$ 6.33	10.1 $\pm$ 2.35	15.4 $\pm$ 4.98	6.52 $\pm$ 1.65	1.40 $\pm$ 0.35	1.39 $\pm$ 0.55	0.68 $\pm$ 0.19
<i>P</i>	0.896	0.832	0.827	0.458	0.904	0.713	0.985
Fermentasyon-Depolama [#] (C)							
1. gün	30.1 $\pm$ 7.08c	8.37 $\pm$ 2.42c	9.89 $\pm$ 2.05b	5.19 $\pm$ 1.10c	0.91 $\pm$ 0.23c	0.81 $\pm$ 0.16b	0.54 $\pm$ 0.16c
3. gün	32.8 $\pm$ 3.58bc	8.71 $\pm$ 2.57c	11.5 $\pm$ 2.58b	5.51 $\pm$ 1.02c	1.28 $\pm$ 0.09b	0.89 $\pm$ 0.29b	0.56 $\pm$ 0.13bc
7. gün	34.2 $\pm$ 6.42ab	9.70 $\pm$ 2.11bc	17.3 $\pm$ 5.17a	7.51 $\pm$ 1.94a	1.58 $\pm$ 0.41a	1.56 $\pm$ 0.57a	0.64 $\pm$ 0.13b
37. gün	37.8 $\pm$ 7.43a	11.0 $\pm$ 2.66ab	18.5 $\pm$ 4.65a	7.36 $\pm$ 1.69ab	1.59 $\pm$ 0.38a	1.69 $\pm$ 0.57a	0.81 $\pm$ 0.26a
67. gün	35.4 $\pm$ 5.48ab	10.8 $\pm$ 2.22ab	17.2 $\pm$ 3.15a	6.97 $\pm$ 1.23ab	1.52 $\pm$ 0.26a	1.70 $\pm$ 0.38a	0.75 $\pm$ 0.19a
97. gün	35.8 $\pm$ 7.11ab	11.6 $\pm$ 2.43a	17.3 $\pm$ 5.15a	6.70 $\pm$ 1.78b	1.46 $\pm$ 0.35a	1.62 $\pm$ 0.54a	0.74 $\pm$ 0.16a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar							
<i>AxB</i>	0.548	0.524	0.685	0.339	0.905	0.947	0.669
<i>AxC</i>	0.732	0.941	0.707	0.366	0.170	0.802	0.288
<i>BxC</i>	0.977	0.989	0.829	0.421	0.208	0.897	0.935
<i>AXBxC</i>	0.890	0.993	0.947	0.487	0.614	0.804	0.684

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Daha önce yaptığımız bir çalışmada ise metil öjenol ve öjenol olgunlaşma zamanları bakımından benzer bulunmuştur (Dursun ve Güler, 2019). Depolamayla metil öjenol pik alanındaki azalma, metil grubunun ayrılması (demetilasyon) ile öjenol oluşumundan kaynaklanabilmektedir. Çünkü öjenol de depolama boyunca artma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.32). Öjenol pik alanının fermentasyon ve depolamayla artma eğiliminin kontrol grubu sucuklarda önemli olması söz edilen demetilasyon ile metil öjenolden oluşabileceğini destekler niteliktedir. Bunların yanı sıra ne et olgunlaştırma zamanı ne de sarımsakla olgunlaştırma sucukların üretim ve depolama süreçlerinde metil öjenol ve öjenol üzerine önemli bir etki yaratmamıştır (Ek 32).

Sucuk örneklerinde metil öjenolden sonra en fazla oranda belirlenen fenol bileşen terpinen-4-ol olmuş; onu öjenol ve linalool takip etmiştir. Fenol bileşenler arasında, ökaliptol, α -terpineol ve karotol pik alanları en az belirlenmiştir. Bu bileşenlerin ilk ikisinde fermentasyon-kuruma sonunda önemli bir artma olurken, depolama boyunca önemli bir değişim olmamıştır. Karotol'de depolamanın 30. gününe kadar önemli artma göstermiş ve sonrasında değişmemiştir. Benzer şekilde linalool pik alanları da kuruma sonunda hemen hemen en üst seviyeye ulaşmış ve sonrasında önemli değişimler göstermemiştir (Ek 32). Fermentasyon-depolama aşamalarını göz ardı ettiğimizde metil öjenol, öjenol ve linalool gibi belirlenen diğer fenol bileşenler de et olgunlaşma aşamasında sarımsak uygulamasından ve olgunlaşma zamanından etkilenmemişlerdir (Çizelge 4.32). Ancak sarımsakla 48 saat et olgunlaştırma sucuk üretim ve depolamanın bazı aşamalarında linalool üzerine önemli düzeyde azaltıcı yönde bir etki yaratmıştır (Ek 32). Ansorena ve ark. (2000) da Chorizo'nun olgunlaşma süresince linalol miktarının arttığını belirlemişlerdir. Depolama boyunca linalol pik alanındaki azalma, her bir sarımsak oranında 24 saat olgunlaşan et sucuklarında ve bunun yanı sıra sadece %2 sarımsaklı 48 saat olgunlaşan et sucuğunda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu durum linalool'ün terpinen-4-ol ya da α -terpineol'e dönüşmesinden kaynaklanabilmektedir. Kaban ve Kaya (2009), sucuğun linalol pik alanında olgunlaşmanın sonuna doğru önemli ($P<0.001$) bir azalma belirledikleri çalışmalarında, gerek terpinen-4-ol gerekse α -terpineol düzenli bir değişim göstermemiştir.

Toplam aldehit uçucu bileşenlerinin pik alanı sucuk üretimi sırasında önemli ($P<0.001$) bir azalma göstermiş; depolamanın sonunda sucuk örneklerinde en düşük düzeyde tespit edilmiştir (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu aldehit bileşenler (a,b,c: Fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$)).

Sarımsakla 48 saat et olgunlaştırma toplam aldehitler üzerine yalnızca depolamanın 30. gününde azaltıcı düzeyde önemli ($P<0.05$) bir etki yaratmıştır (Ek 33). Ancak fermentasyon-depolama aşamalarını göz ardı ettiğimizde artan sarımsak oranı ve et olgunlaştırma süresi aldehitler üzerine önemli bir etki oluşturmamıştır. Benzer şekilde uygulanan parametreler arasındaki interaksiyon da aldehitleri istatistiksel olarak etkilememiştir (Çizelge 4.33). Aldehitler arasında en fazla pik alanını kumin aldehit sergilemiştir. Hatta anılan aldehit sucuklarda dominant uçucu bileşeni olmuş; depolamanın sonunda en düşük düzeyde tespit edilmiştir. Bulgularımız ile benzer olarak kumin aldehitin sucuktaki relatif oranında depolamayla %23 ile %99 arasında azalma belirlenmiştir (Demirok Soncu ve ark., 2020). Bazı araştırmacılar (Dursun ve Güler, 2019; Öztürk ve ark., 2021) fermentasyon ve kuruma sonrasında da benzer bir azalma oranı tespit etmişlerdir. Kumin aldehit pik alanında azalma hem okside olarak kumin aside (Çizelge 4.22) hem de indirgenerek kumin alkole (Çizelge 4.31) dönüşmesinden kaynaklanabilmektedir.

Bir diğer aldehit bileşen 3-metil-bütanal de kumin aldehit gibi sucuk üretimi sırasında düzenli bir eğilim göstermemiştir. Anılan aldehit sarımsakla olgunlaştırılan et sucuklarında en yüksek pik alanına kuruma sonrasında ulaşırken; sarımsak uygulanmayan kontrol et sucuğunda depolamanın 30. gününde ulaşmıştır. Buradan sonraki depolama günleri ve diğer sucuklarda da tüm depolama günleri 3-metil-bütanal'i etkilememiştir (Ek 33). Et olgunlaşma süresinin uzaması ise çoğunlukla 3-metil-bütanal'i artırıcı; sarımsakla et olgunlaştırma azaltıcı yönde etkilemiştir. Dolayısıyla nispeten yüksek 3-metil bütanal oranı kontrol grubu sucuklarında depolama sırasında

belirlenmiştir. Bu dönemde öncül amino asit (Leu), çalışmamızda Ile+Leu şeklinde belirlenmiş (Çizelge 4.24) kontrol grubunda yüksek iken; et olgunlaşma süresinin uzaması ile de azalmıştır. Diğer bir ifadeyle öncül amino asidin azalması ile 3-metil bütanal oranının artması et olgunlaşma parametresi ile uyumlu olurken; kontrol grubunda diğerlerine kıyasla hem yüksek 3-metil bütanal hem de Ile-Leu amino asit içeriğinde bir uyum gözlemlenmemiştir. Bu durum anılan sucuk grubunda hem Ile-Leu amino asit hem de 3-metil bütanal artmasının eş zamanlı olmasından kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 4.33. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu aldehit bileşenlerine etkisi

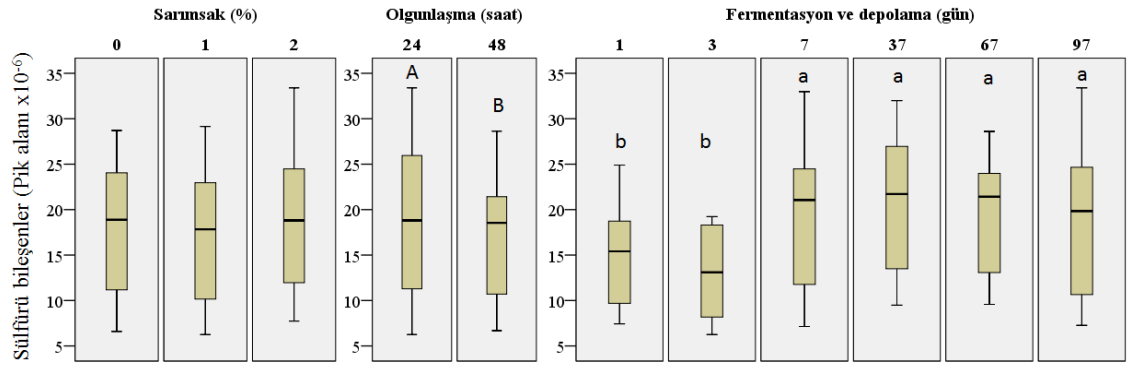
Sarımsak oranı (A)	Kumin aldehit	3-Metil bütanal	Tetradekanal	Hekzanal
% 0 (kontrol)	42.9±20.0	6.38±3.39	1.42±0.71X	0.40±0.20
1	43.4±20.1	5.62±2.69	1.30±0.57XY	0.38±0.16
2	43.7±19.9	5.79±2.75	1.14±0.58Y	0.38±0.23
<i>P</i>	0.782	0.165	0.019	0.928
Et olgunlaşma (B)				
24 saat	43.6±19.3	5.74±2.93	1.27±0.65	0.35±0.16
48 saat	43.0±20.6	6.12±3.00	1.31±0.62	0.42±0.21
<i>P</i>	0.615	0.230	0.587	0.147
Fermentasyon-Depolama [#]				
1. gün	74.9±12.6a	3.34±0.67b	-	0.49±0.18
3. gün	55.2±8.31b	3.53±1.70b	0.68±0.20c	0.24±0.09
7. gün	44.0±8.96c	6.11±2.41a	0.84±0.26c	-
37. gün	36.5±9.33d	7.29±3.21a	1.35±0.51b	-
67. gün	30.1±9.89e	6.89±2.57a	1.56±0.60b	-
97. gün	23.3±8.09f	7.12±3.12a	1.81±0.61a	-
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar				
<i>AxB</i>	0.493	0.896	0.311	0.800
<i>AxC</i>	0.724	0.038	0.668	0.991
<i>BxC</i>	0.516	0.921	0.669	0.132
<i>AXBxC</i>	0.743	0.999	0.393	0.464

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

Uygulanan parametrelerden yalnızca fermentasyon-depolama süreci ve sarımsak oranı arasındaki interaksiyon söz konusu aldehitte önemli ($P<0.05$) bir etki yaratmıştır (Çizelge 4.33). Fermentasyon başlangıcında tespit edilemeyen tetradekanal'in pik alanının da depolamanın sonuna doğru bir artma ($P<0.001$) gözlemlenmiştir (Çizelge 4.33). Alifatik uzun zincirli tetradekanal'in olgunlaşma ile arttığı ve fermente sosis aromasının gelişiminde önemli olduğu rapor edilmiştir (Ansorena ve ark., 2000; Sidira ve ark., 2015; Li ve ark., 2023). Daha önce yaptığımız çalışmada (Dursun ve Güler, 2019), olgunlaşmanın sonunda belirlediğimiz tetradekanal'in olgunlaşma zamanları arasında varyasyona neden olabilecek temel bileşenlerden biri olarak ifade edilmiştir. Li ve ark. (2023)'nın bulguları da bu durumu destekler niteliktedir. Kim ve ark. (2014) da çalışmamızda benzer sayıda uçucu bileşen belirledikleri fermente sosislerde tetradekanal'i en fazla oranda belirlenen bileşenler arasında raporlamışlardır. Sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklara göre, sarımsak uygulanmadan 24 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklar depolamanın 30. gününde; 48 saat sonunda olanlar ise depolamanın 60. gününde daha fazla tetradekanal pik alanı göstermişlerdir (Ek 33). Etin olgunlaştırıldığı sarımsak oranı arttıkça ortalama tetradekanal pik alanında azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.33). Tetradekanal bileşeninde söz edilen değişimler miristik (C14:0) yağ asidi miktarındaki değişimle uyumludur (Ek 27). Miristik yağ asidi de fermentasyon ve depolama süresince artmış olup, bu artma kontrol grubunda istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur.

Daha önce alkollerde belirttiğimiz üzere hekzanal aldehiti pik alanı fermentasyonla azalmış, depolama boyunca da tespit edilememiştir. Bu durum hekzanal'in indirgenme ürünü hekzanol pik alanındaki artma ile örtüşmektedir (Çizelge 4.31).

Sülfürlü bileşenlerden diallil disülfid, sucuk örneklerinde en fazla pik alanına (11.0×10^6) sahip sülfürlü bileşen olup, onu allil merkaptan (4.41×10^6), metil allil disülfid (2.11×10^6) ve sis-1-(metiltiyo)-1-propen (1.01×10^6) izlemiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda da sucukta benzer sülfürlü bileşen profili raporlanmıştır (Kaban ve Kaya, 2009; Kaban ve ark., 2022; Dursun ve Güler, 2019; Demirok soncu ve ark., 2020). Sülfürlü bileşenlerin toplam pik alanında da kuruma sonunda artma; depolama zamanlarında azalma eğilimi olmakla birlikte istatistiksel olarak benzer bulunmuştur (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu sülfürlü bileşenler (A,B: Et olgunlaşma zamanları; a,b,c: fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$)).

Toplam sülfürlü bileşenler gibi diallil disülfid ve metil allil disülfid de benzer değişim sergilemişlerdir (Çizelge 4.34). Demirok Soncu ve ark. (2020) da sucuğun depolama sonunda toplam sülfürlü bileşenlerin kalitatif oranında azalma belirlemiştir. Ansorena ve ark. (2000) da sucuğa göre daha uzun süre olgunlaştırılan Chorizo'nun sülfürlü bileşenlerinin, özellikle de diallil disülfidin olgunlaşma ile azaldığını; Dursun ve Güler (2019) ise sucuğun diallil disülfid miktarının olgunlaşma zamanlarında benzerlik gösterdiğini belirlemiştir. Allil merkaptan pik alanında da fermentasyon öncesinden depolamanın sonuna doğru önemli bir azalma (7.86 'dan 2.88×10^6 'ya) tespit edilmiştir. Fermentasyon zamanlarında tespit edilmeyen sis-1-(metiltiyo)-1-propen pik alanında depolamanın sonuna doğru 1.51×10^6 'ya kadar artma gözlemlenmiştir. Kontrol grubu sucuk en fazla oranda allil merkaptan içerirken; %2 sarımsakla olgunlaştırılan et sucuğu ise en yüksek sis-1-(metiltiyo)-1-propen içermiştir. Olgunlaşma zamanı bakımından, sadece allil merkaptan pik alanı 24 ve 48 saat olgunlaşma zamanlarında benzer olup, diğer sülfürlü bileşenlerin pik alanı 24 saat olgunlaşma zamanında 48 saatten daha yüksek belirlenmiştir. Bu farkın da özellikle %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha belirgin olduğu görülmektedir (Ek 34). Etin sarımsakla olgunlaşma süresi arttıkça uçucu sülfürlü bileşenlerin toplam pik alanı azaldığı (Şekil 4.26) gibi bu durum sucuğun sülfürlü bileşenlerine de yansımıştır.

Çizelge 4.34. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu sülfür bileşenlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Diallil disülfid	Metil allil disülfid	Allil merkaptan	Z-1-Metiltiyo-1-propen
% 0 (kontrol)	10.6±4.74	2.03±1.03	5.01±3.04X	0.98±0.41Y
1	10.4±4.94	2.03±0.93	4.21±2.47Y	0.97±0.44Y
2	12.0±5.52	2.26±0.95	3.99±1.76Y	1.26±0.69X
<i>P</i>	0.065	0.143	0.005	0.002
Et olgunlaşma (B)				
24 saat	11.8±5.70	2.25±1.07	4.39±2.45	1.23±0.57
48 saat	10.2±4.27	1.96±0.83	4.42±2.57	0.91±0.46
<i>P</i>	0.007	0.015	0.916	0.000
Fermentasyon-Depolama [#] (C)				
1. gün	5.93±2.06b	1.11±0.48c	7.86±2.93a	-
3. gün	7.02±2.83b	1.37±0.54c	4.73±2.16b	-
7. gün	12.4±5.18a	2.49±0.85ab	4.10±1.67bc	0.51±0.15c
37. gün	13.6±4.96a	2.75±0.88a	3.80±1.64bcd	1.06±0.40b
67. gün	13.1±3.74a	2.48±0.76ab	3.16±1.09cd	1.20±0.35b
97. gün	12.6±4.71a	2.19±0.91b	2.88±1.14d	1.51±0.60a
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar				
<i>AxB</i>	0.300	0.224	0.597	0.194
<i>AxC</i>	0.761	0.788	0.549	0.107
<i>BxC</i>	0.673	0.696	0.955	0.542
<i>AxBxC</i>	0.987	0.993	0.970	0.941

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. Z: sis izomeri. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi.

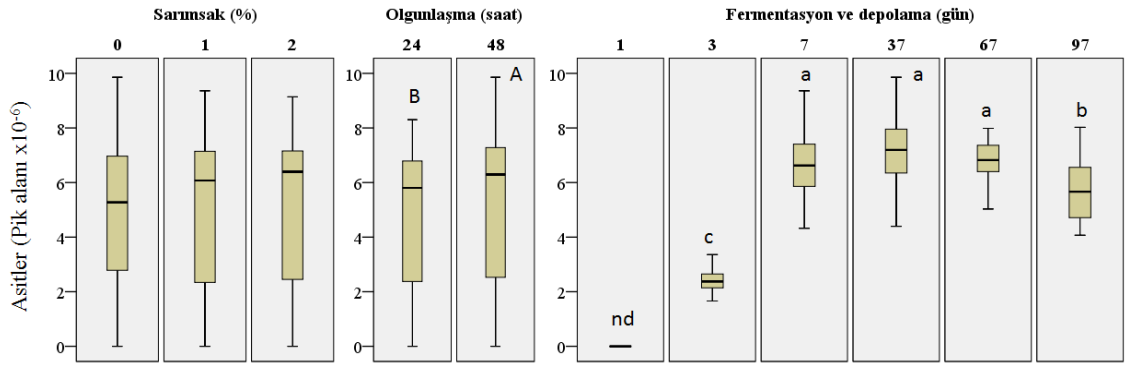
Sucuk örneklerinde asit bileşenleri olarak asetik asit ve hekzanoik asit belirlenmiştir. Bileşenlerin ortalama pik alanları ($\times 10^6$) sırasıyla 4.98 ve 1.03'dir. Demirok soncu ve ark. (2020) da asetik ve hekzanoik asitleri sucuğun başlıca asit bileşenleri olarak; Kaban ve ark. (2022) da asetik asidi sucuğun en fazla pik alanına sahip asit bileşen olarak tespit etmişlerdir. Her iki asit bileşeni de fermentasyon sonundan itibaren belirlenmiş olup, her ikisinin toplam pik alanı depolamanın 30. gününe kadar 7.16×10^6 'ya yükselmiş, sonrasında azalma gösterse de önemli bir farklılık oluşturmamıştır (Çizelge 4.35; Şekil 4.49).

Çizelge 4.35. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun uçucu asit bileşenlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Asetik asit	Hekzanoik asit
% 0 (kontrol)	4.97±1.86	0.85±0.28Z
1	5.00±1.86	1.02±0.46Y
2	4.95±1.65	1.22±0.48X
<i>P</i>	0.954	0.000
Et olgunlaşma (B)		
24 saat	4.72±1.66	1.02±0.48
48 saat	5.23±1.86	1.04±0.40
<i>P</i>	0.002	0.755
Fermentasyon-Depolama [#] (C)		
1. gün	-	-
3. gün	1.47±0.56c	0.94±0.36
7. gün	5.68±1.23a	1.04±0.45
37. gün	5.97±1.04a	1.19±0.53
67. gün	5.79±0.72a	1.01±0.38
97. gün	4.80±1.07b	0.93±0.41
<i>P</i>	0.000	0.072
İnteraksiyonlar		
<i>AxB</i>	0.488	0.102
<i>AxC</i>	0.799	0.823
<i>BxC</i>	0.920	0.906
<i>AxBxC</i>	0.895	0.984

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi.

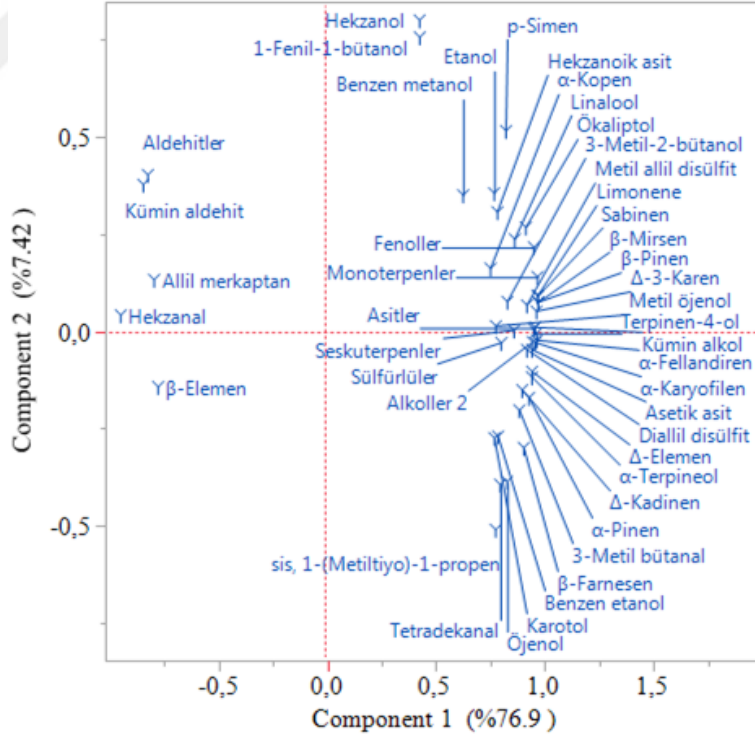
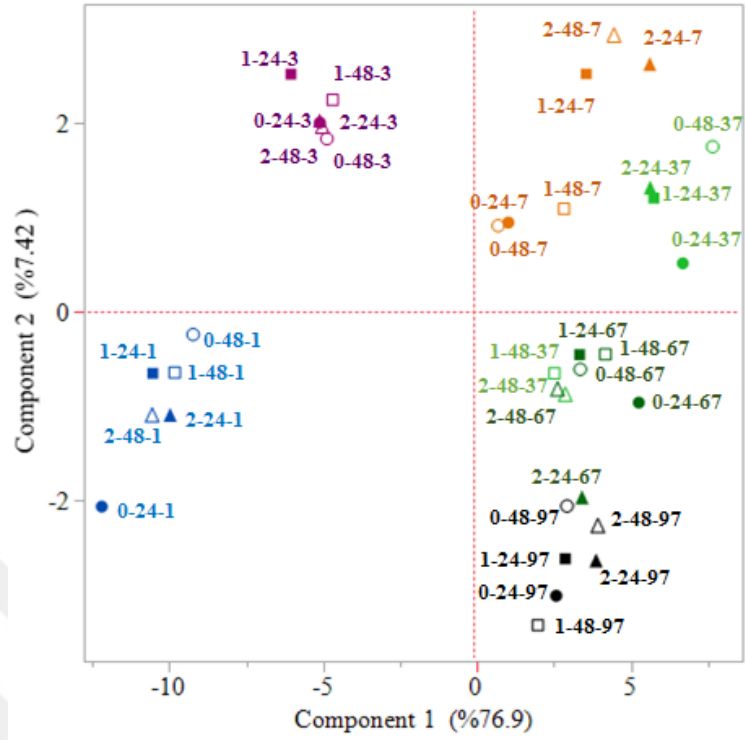
Ancak bu azalma asetik asit pik alanında önemli olup, 60. günden 90. güne 5.79'dan 4.80x10⁶'ya kadar azalmıştır. Hekzanoik asit ise hem fermentasyon hem de depolama zamanlarında benzerlik göstermiştir. Bu da anılan sürelerde hekzanal'ın azalması (Çizelge 4.33) ile uyumludur. Artan oranda sarımsakla olgunlaştırmanın sucuk örneklerinde daha fazla hekzanoik asit oluşturabileceği belirlenmiştir. Bu fark ise, 48 saat olgunlaşma zamanında depolamanın başlangıcında önemli düzeyde olmuştur (Ek 35). Olgunlaşma zamanlarına ait ortalama asetik asit oranı 48 saatte, 24 saatten daha fazla belirlenmiştir. Bulgularımız, sucuk örneklerinde belirlenen organik asitler arasında asetik asidin miktarıyla da örtüşmektedir.



Şekil 4.49. Farklı oranlarda sarımsak uygulanmış etlerden farklı olgunlaşma süreleri sonunda üretilen sucuklarda uçucu asit bileşenler (A,B: et olgunlaşma zamanları; a,b,c: Fermentasyon ve depolama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$); nd: tespit edilmedi).

Ayrıca sucuk örneklerinde etanol pik alanı da benzer olarak fermentasyondan sonra tespit edilmiş ve 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda daha fazla oluşmuştur (Ek 31). Sarımsak uygulanmadan hem 24 hem de 48 saat olgunlaştırılan et sucuklarında asetik asit pik alanında önemli bir fark görülmemiş; %1 sarımsak oranında et olgunlaştırma sucuklarda depolamanın 60. gününde; %2 sarımsak ile 48 saat et olgunlaştırma ise depolamanın 30. ve 60. günlerinde daha fazla asetik asit pik alanı oluşturmuştur. Bu sonuç kantitatif olarak belirlenen asetik asit miktarıyla (Ek 22) da doğrulanmıştır. Benzer şekilde etanol pik alanı da depolamanın 30. ve 60. günlerinde sarımsakla 24 saat olgunlaşmayla karşılaştırıldığında 48 saat olgunlaştırılan et sucuklarda daha fazla tespit edilmiştir (Ek 31).

Sucuk uçucu bileşenlerindeki değişimler bi-plot dağılım grafiğiyle (Şekil 4.50) de özetlenebilmektedir. Şekil 4.50'den görülebildiği gibi, fermentasyon öncesi sucuk hamurları grafiğin sol alt bölgesinde olup, fermentasyonla yukarı (sol üst), kuruma ve 30 günlük depolama ile sağa (sağ üst), sonraki 60. ve 90. gün depolama da ise sağ alt bölgeye doğru bir dağılım göstermiştir. Alkol, asit, terpen (β -elemen hariç), sülfürlü bileşenler (allil merkaptan hariç) ile kumin aldehit ve hekzanal dışındaki aldehit bileşenler pozitif temel bileşen 1 bölgesinde yer almıştır. Dolayısıyla fermentasyon aşamasında yüksek pik alanlarına sahip kumin aldehit, allil merkaptan, hekzanal ve β -elemen, fermentasyon ile kuruma ve depolama aşamalarının ayırımında etkili olmuştur. Diğer yandan depolamanın 30. gününe doğru örnekler sağa doğru bir eğilim göstermiş; sonrasında temel bileşen 2 ekseninin pozitifinden negatifine doğru kümelenmişlerdir.



Şekil 4.50. Uçucu bileşenlerine göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı
(0, 1 ve 2 sırasıyla sarımsaksız (○) ve %1 (□) ve %2 (△) oranında sarımsaklı olgunlaştırılan etler; 24 (dolu simgeler) ve 48 (boş simgeler) olgunlaştırma süresi (saat); 1, 3, 7, 37, 67 ve 97 fermentasyon öncesi, fermentasyon sonrası, kuruma sonrası/depolama başlangıcı, 30, 60 ve 90 gün depolama)

En fazla özvektör değerine sahip temel bileşen 2 grubundaki uçucu bileşenler, p-simen, etanol, benzenmetanol, hekzanol ve 1-fenil-1-bütanol olup; kuruma sonrasında (7. gün) daha yüksek pik alanı sergilemişler; buradan sonra azalma eğilimi göstermişlerdir. Aksine negatif özvektör değeri daha yüksek olan β -elemen, öjenol, sis-1-(metiltiyo)-1-propen, tetradekanal, benzenetanol ve karotol bileşenlerinin depolamanın sonuna doğru daha fazla pik alanına sahip oldukları görülebilmektedir. Özetle uçucu bileşenlerin, et olgunlaştırmada uygulanan sarımsak oranı ve et olgunlaştırma süresinden ziyade fermentasyon-depolama aşamasına göre sucuk örneklerinin ayırımında daha etkili olduğunu vurgulayabiliriz.

Sonuç olarak, daha az hekzanol, 3-metil butanal ya da –butanol ve etanol gibi uçucu bileşenleri içermesi ve bunların yanı sıra aroma kaybını nispeten engellemek için depolama sırasında monoterpenlerde daha az azalmaya neden olması bakımından etin uzun süre olgunlaştırılması durumunda sarımsak kullanımının yararlı olabileceğini ifade edebiliriz. Daha önce lipolitik ve proteolitik niteliklerde de söz edildiği gibi, daha az linoleik asit ve Ile+Leu amino asitleri içermesi dolayısıyla sırasıyla hekzanol ve 3-metil butanal ya da –butanol gibi uçucu oksidasyon ürünleri içermesi bakımından etin uzun süre olgunlaştırılması durumunda sarımsak kullanımının yararlı olabileceği ifade edilebilir. Ek olarak, sarımsağın heterofermentatif mikrobiyal faaliyetini inhibe edebileceği fermentatif niteliklerde şekerler ve organik asitler bakımından tartışılmıştı. Uçucu bileşenlerden de etanolün sarımsak uygulanan etlerde daha az olması bu varsayımı destekler niteliktedir. Ayrıca kontrol grubu sucuklarda heterofermentatif metabolizmanın daha aktif olabileceği düşüncesi, depolamanın sonuna doğru kontrol grubu sucukların monoterpenlerdeki azalmayı da açıklayabilir.

4.3.4.5. Duyusal nitelikler

Sarımsak oranı, et olgunlaşma ve depolama zamanlarının pişmemiş sucuğun duyusal niteliklerine etkisi Çizelge 4.36’da verilmiştir. Pişmemiş sucukta ‘9’ puan üzerinden ortalama renk, görünüm, koku ve tekstür puanları sırasıyla 7.70, 7.92, 7.30 ve 7.28 olarak belirlenmiştir. Ortalama renk ve görünüm puanları, depolama zamanları arasında benzerlik göstermiş; koku puanı depolama sonuna doğru 7.70’ten 6.96’ya azalmıştır.

Panelistler tekstür puanını başlangıçta 7.56 olarak vermişler, fakat depolamanın 30. ve 60. günlerde sucuklar sırasıyla 7.18 ve 7.13 puanlar almışlardır. Depolamanın sonunda ise tekstür puanı (7.27) diğer depolama günlerinden farklı olmamıştır. Enstrümental tekstürel niteliği de sucuk örneklerinde benzer bir eğilim göstermiş ve depolamanın 30. gününden sonra azalma tespit edilmiştir (Çizelge 4.39). Bu değişim, Fonseca ve ark. (2013)’nın da belirttiği gibi proteolizin artmasından kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 4.36. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk depolama zamanlarının pişmemiş sucuğun duyuşal niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Renk	Görünüm	Koku	Tekstür
% 0 (kontrol)	7.68±1.08	7.85±1.13	7.33±1.24	7.36±1.21
1	7.70±1.04	7.89±1.11	7.30±1.27	7.22±1.26
2	7.71±1.12	8.02±1.06	7.27±1.19	7.25±1.29
<i>P</i>	0.976	0.320	0.910	0.551
Et olgunlaşma (B)				
24 saat	7.71±1.04	7.93±1.09	7.32±1.25	7.34±1.24
48 saat	7.68±1.11	7.91±1.11	7.27±1.22	7.22±1.26
<i>P</i>	0.758	0.843	0.675	0.251
Depolama (C)				
0. gün	7.73±1.33	7.87±1.21	7.70±1.31a	7.56±1.29a
30. gün	7.59±1.08	7.76±1.32	7.30±1.34b	7.18±1.32b
60. gün	7.61±0.92	8.06±0.86	7.26±1.14b	7.13±1.01b
90. gün	7.87±0.94	7.99±0.94	6.96±1.02c	7.27±1.33ab
<i>P</i>	0.125	0.120	0.000	0.033
İnteraksiyonlar				
<i>AxB</i>	0.402	0.626	0.310	0.734
<i>AxC</i>	0.882	0.778	0.990	0.936
<i>BxC</i>	0.920	0.568	0.855	0.764
<i>AxBxC</i>	0.866	0.980	0.999	0.744

a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Sarımsak oranı, et olgunlaşma ve depolama zamanlarının pişmiş sucuğun duyuşal niteliklerine etkisi Çizelge 4.37’de verilmiştir. Pişmiş sucuk örneklerinin ortalama renk, koku, tat, tekstür puanları yine ‘9’ puan üzerinden sırasıyla 7.74, 6.67, 7.07 ve 6.54 olarak belirlenmiştir. Pişmiş sucuk örneklerinin ortalama renk, koku, tat, tekstür puanları yine ‘9’ puan üzerinden sırasıyla 7.74, 6.67, 7.07 ve 6.54 olarak belirlenmiştir. Depolamanın sonuna doğru sucuk örneklerinin koku ve tat puanlarında sırasıyla 6.77’den 6.55’e ve 7.43’ten 6.80’e bir azalma tespit edilmiştir.

Benzer bir azalma Ünal ve Turhan (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Renk bakımından depolama zamanları arasında benzer puanlar belirlenirken, tekstür’de depolamanın 60. gününe kadar 7.07’den 5.89’a azalma ve 90. günde tekrar 6.56’ya yükselme gözlemlenmiştir. Demirok Soncu ve ark. (2020) depolama ile sucukların gevreklik skorunda azalma olduğunu belirlemiştir. Depolama dışında diğer uygulanan parametreler sucukların koku, tat ve tekstür puanlandırmasında önemli bir etki yaratmamıştır. Bu durum uygulanan parametreler arasındaki interaksyona da yansımıştır (Çizelge 4.37). Bunların yanı sıra et olgunlaştırma süresi ve uygulanan sarımsak oranı göz ardı edildiğinde sucukların genel kabul edilebilirliği depolama dönemlerinden etkilenmemiştir.

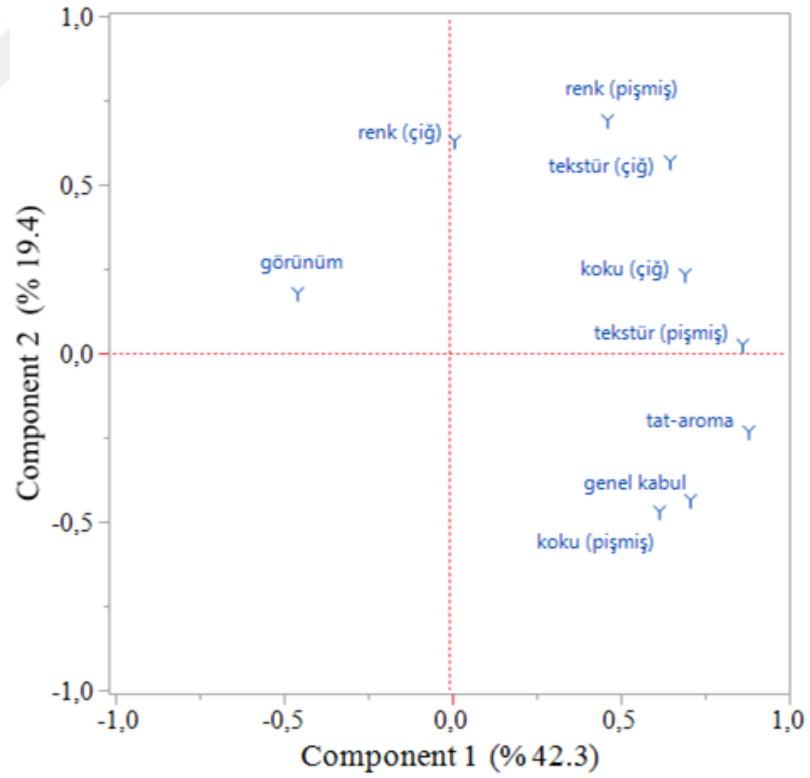
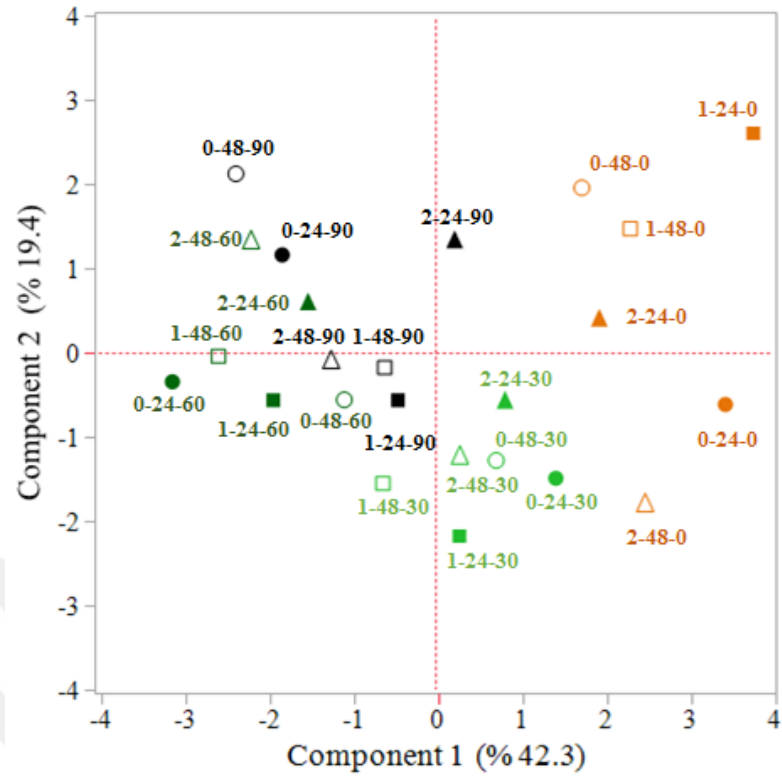
Çizelge 4.37. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk depolama zamanlarının pişmiş sucuğun duyuusal niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Renk	Koku	Tat	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
% 0 (kontrol)	7.69±1.00	6.62±1.46	7.02±1.28	6.47±1.50	6.70±1.36
1	7.77±1.08	6.64±1.40	7.08±1.13	6.50±1.53	6.86±1.38
2	7.75±1.07	6.74±1.37	7.00±1.39	6.64±1.53	6.84±1.37
<i>P</i>	0.768	0.851	0.918	0.633	0.501
Et olgunlaşma (B)					
24 saat	7.71±1.04	6.70±1.38	7.13±1.20	6.59±1.52	6.83±1.32
48 saat	7.77±1.06	6.63±1.44	7.00±1.19	6.48±1.52	6.77±1.41
<i>P</i>	0.509	0.686	0.263	0.499	0.715
Depolama (C)					
0. gün	7.86±1.11	6.77±1.59a	7.43±1.07a	7.07±1.52a	7.02±1.57
30. gün	7.63±1.06	6.96±1.17a	7.14±1.07ab	6.60±1.30b	6.83±1.14
60. gün	7.67±0.95	6.26±1.52b	6.76±0.96b	5.89±1.61c	6.59±1.28
90. gün	7.72±1.01	6.55±1.17ab	6.80±1.45b	6.56±1.47b	6.62±1.34
<i>P</i>	0.166	0.009	0.000	0.000	0.117
İnteraksiyonlar					
<i>AxB</i>	0.635	0.293	0.648	0.937	0.728
<i>AxC</i>	0.444	0.843	0.384	0.988	0.634
<i>BxC</i>	0.984	0.917	0.962	0.821	0.964
<i>AxBxC</i>	0.989	1.000	0.541	0.994	0.634

a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Genel kabul edilebilirlik puanı en fazla 7.42 ve en az 6.00 olup; sırasıyla depolamanın başlangıcında %2 oranında sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan et sucuğunda ve depolamanın sonunda %0 sarımsak ile yine 48 saat olgunlaşan et sucuğunda (kontrol) belirlenmiştir. Sucuk örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanı, Demirok Soncu ve ark. (2020)'nın da belirttiği gibi tüketime uygun kabul edilebilecek en düşük puandan ('5' puan) daha yüksek olmuştur.

Duyusal nitelik puanlarına göre temel bileşen analizi sonucunda sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı Şekil 4.51'de gösterilmiştir. Depolamanın başlangıcında grafiğin en sağında yer alan sucuklar, depolama ilerledikçe grafiğin soluna doğru dağılım göstermiştir. Hem çiğ hem de pişmiş sucukların koku, tekstür nitelikleri ile tat ve genel kabul edilebilirliği grafiğin sağında pozisyonlanmıştır. Bu dağılım, anılan niteliklere ait puanların depolamanın başlangıcında daha yüksek olması ve depolama boyunca da azalma eğilimi göstermesi ile ilişkili olabilmektedir. Depolamanın 60. ve 90. günlerinde sucuk örnekleri (%2 sarımsak oranı ve 24 saat olgunlaşma hariç) temel bileşen 1'in negatif bölgesinde olup, 60. gün örnekleri grafiğin hemen hemen en solunda kümelenmiştir. Bu durum, özellikle pişmiş sucuklarda bütün duysal nitelik ve genel kabul edilebilirlik puanlarında depolamanın 60. gününe göre 90. gününde görülen kısmi artmadan kaynaklanabilmektedir. Sucuk örneklerinde görünüm puanı diğer duysal niteliklerin aksine depolamanın başlangıcında ve 30. gününde daha az olması, anılan niteliğin temel bileşen 1'in negatif bölgesinde pozisyonlanmasına neden olmuştur. Uçucu bileşenlerde olduğu gibi panalistler tarafından verilen duysal nitelik puanları da sucukları depolama dönemlerine göre ayırmada daha etkili olmuştur. Temel bileşen 1'in pozitif bölgesinde 0. ve 30. gün sucukları; negatif bölgesinde ise 60. ve 90. gün sucukları gruplanmıştır. Depolamanın sonunda ise %2 oranında sarımsakla 24 saat olgunlaştırılan et sucuğu, %0 (kontrol) sarımsakla 48 saat olgunlaştırılan et sucuğundan fark edilebilir şekilde ayrılmıştır. İlk sucuk temel bileşen 1'in negatif bölgesinde, ikinci sucuk ise pozitif bölgesinde pozisyonlanmıştır.



Şekil 4.51. Duyusal niteliklere göre sucuk örneklerinin bi-plot dağılımı
(0, 1 ve 2 sırasıyla sarımsaksız ve %1 ve %2 oranında sarımsaklı olgunlaştırılan etler; 24 ve 48 olgunlaştırma süresi (saat); 1, 3, 7, 37, 67 ve 97 fermentasyon öncesi, fermentasyon sonrası, kuruma sonrası/depolama başlangıcı, 30, 60 ve 90 gün depolama)

Özetle sarımsak uygulanmadan özellikle 48 saat et olgunlaştırma pişmiş sucukta depolamanın sonunda koku, tat ve genel kabul edilebilirlik puanlarında bir azalmaya neden olmuştur. Bu durum, sarımsakla olgunlaştırılan et sucuklarında kontrole kıyasla daha az bütirik, formik, propiyonik ve asetik asit (Çizelge 4.21) ve etanol (Çizelge 4.31) oluşmasına; depolamanın sonuna doğru kontrol grubu sucuklarda terpen bileşenlerinin de daha fazla azalma eğiliminden (Ek 30) kaynaklanmış olabilmektedir. Viallon ve ark. (1996), 60 ve 90 gün olgunlaşma zamanlarında fermente sosislerin uçucu bileşenlerinde %37 oranında azalma ile sosislerin çiğ et, tereyağımsı, biberimsi ve kalıcı asit tat-kokusunda azalma tespit etmişlerdir. Lorenzo ve ark. (2013) da terpen bileşenler ile sosisin koku, tat ve kabul edilebilirliği arasındaki önemli bir pozitif korelasyon rapor etmişlerdir.

4.3.5. Sucuğun fiziksel nitelikleri

4.3.5.1. Renk nitelikleri

Sucuğun renk nitelikleri tüketici tercihleri bakımından oldukça önemli bir parametredir. Gerek kullanılan et ve sucuk formülasyonunun gerekse üretim koşullarının üreticiden üreticiye farklılık göstermesi nedeniyle market reyonlarında renkleri birbirlerinden oldukça farklı sucuklara rastlanabilmektedir. Sucukların ortalama L^* , a^* , ve b^* değerleri sırasıyla 42.1-46.9, 9.59-11.9, ve 15.3-24.6 arasında belirlenmiştir (Ek 38). Daha önce yapılan çalışmalar arasında benzer L^* değeri (Kılıç ve Özer, 2017; Babaoğlu ve ark., 2022; Kaban ve ark., 2022) ve b^* değeri (Yıldız Turp ve Serdaroğlu, 2008; Sarıçoban ve Ünal, 2022; Kaban ve ark., 2022) belirlendiği gibi bazılarında (Ilıkkın ve ark., 2009; Sucu ve Yıldız Turp, 2018) bulgularımızdan daha düşük L^* ve b^* değeri raporlanmıştır. Sucuk örneklerinin L^* ve b^* değerindeki farklılıkların yağ içeriği farklılığından kaynaklandığı belirtilmektedir (Soyer ve ark., 2005). Her ne kadar Ilıkkın ve ark. (2009) ile Sucu ve Yıldız Turp (2018) L^* ve b^* değerlerinin aksine bulgularımız ile benzer a^* değerleri belirlemiş olsalar da sucuk üretiminde nitrit ve/veya nitrat kullanmadığımız için belirlediğimiz a^* değerleri çoğu araştırmacının tespitinden daha düşük olmuştur (Yıldız Turp Serdaroğlu, 2008; Kılıç ve Özer, 2017; Babaoğlu ve Karakaya, 2022; Sarıçoban ve Ünal, 2022; Kaban ve ark., 2022).

Sarımsak oranı, et olgunlaşma, fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalama renk değerleri Çizelge 4.38’de verilmiştir. En yüksek a^* ve b^* değeri (sırasıyla 11.2 ve 23.7) ve en düşük L^* değeri (42.8) fermentasyon başlangıcında tespit edilmiştir. Dolayısıyla fermentasyon ve kuruma sonunda L^* değerinde artma; a^* ve b^* değerinde azalma belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Sucuk üretimi sırasında benzer bir eğilim daha önce yapılan çalışmalarda da belirlenmiştir (Yıldız Turp ve Serdaroğlu, 2008; Babaoğlu ve Karakaya, 2022; Kaban ve ark., 2022). Diğer yandan Sarıçoban ve Ünal (2022) olgunlaşma süresince L^* ve b^* değerinde bulgularımız ile benzer bir değişim, fakat a^* değerinde önemli bir değişim olmadığını belirlemişlerdir.

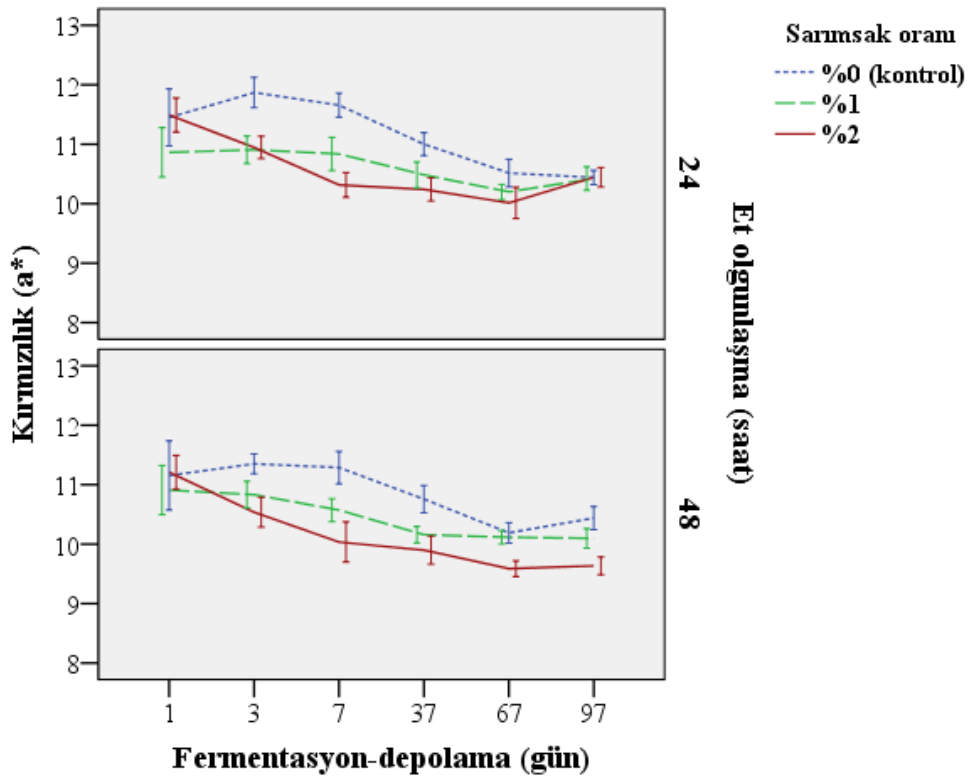
Çizelge 4.38. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun renk değerlerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	L^*	a^*	b^*
% 0 (kontrol)	44.7±2.81	11.0±1.14X	18.4±3.13Y
1	44.9±3.10	10.5±0.88Y	19.0±2.81X
2	45.0±3.16	10.3±1.00Y	19.2±3.03X
<i>P</i>	0.790	0.000	0.000
Et olgunlaşma (B)			
24 saat	44.8±3.02	10.8±1.01	18.9±2.95
48 saat	45.0±3.03	10.5±1.07	18.8±3.06
<i>P</i>	0.501	0.001	0.877
Fermentasyon-depolama [#] (C)			
1. gün	42.8±3.57c	11.2±1.49a	23.7±2.85a
3. gün	44.4±1.59b	11.1±0.75ab	19.0±1.01b
7. gün	45.8±3.40a	10.8±1.12b	19.0±1.27b
37. gün	46.4±2.76a	10.4±0.77c	18.5±1.75b
67. gün	44.8±2.14b	10.1±0.69c	16.7±1.54c
97. gün	44.5±2.40b	10.2±0.64c	16.2±1.54c
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar			
<i>AxB</i>	0.352	0.517	0.455
<i>AxC</i>	0.997	0.033	0.305
<i>BxC</i>	1.000	0.993	0.640
<i>AxBxC</i>	0.887	0.986	0.998

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla aydınlığı, kırmızılığı ve sarılığı temsil etmektedir. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

Fermentasyon sırasında artan L^* değeri, depolamanın ilk 30 gününde değişmemiş sonrasında ise azalmış; a^* değeri depolamanın başlangıcında azalmış sonrasında değişmemiş ancak b^* değeri depolamanın 60. gününde önemli bir azalma sergilemiştir. Bu değişimler Kılıç ve Özer (2017)'in bulgularıyla da benzerlik göstermektedir.

Sarımsak oranları bakımından ortalamalar karşılaştırıldığında, sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda kontrol grubuna göre a^* değeri daha düşük, b^* değeri daha yüksek ve L^* değerinden ise önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Kesimden sonra sarımsak uygulaması etin a^* değerini azalttığından sucuk üretimi öncesi düşük a^* değeri sucuğun kırmızılığına da yansımıştır. Et olgunlaşma zamanı da sucuğun sadece a^* değerine önemli bir etki yaratmış, 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar daha düşük a^* değerine sahip olmuştur (Çizelge 4.38). Bu fark da özellikle %2 oranında sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklardan kaynaklanmaktadır (Ek 38). Çünkü sarımsak olgunlaşma süresince MMb oranında bir artışa neden olmaktadır. Bu durum daha önce belirtildiği gibi sarımsağın olgunlaşma süresince artan MMb miktarını daha da artırmasıyla örtüşmektedir.



Şekil 4.52. Sucuk örneklerinde kırmızılık (a^*) değeri

Sarımsak uygulanmadan 24 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar, diğerlerine kıyasla fermentasyonun sonundan depolamanın 30. gününe kadar daha yüksek a^* değerine sahip olmuştur (Şekil 4.52; Ek 38). Ancak depolamanın 30. gününden itibaren a^* ve özellikle b^* değerinde azalma kontrol grubunda istatistiksel olarak önemli belirlenmiş (Ek 38); sarımsak oranı ve depolama arasında interaksiyon da önemli ($P<0.05$) düzeyde tespit edilmiştir.

4.3.5.2. Tekstürel nitelikler

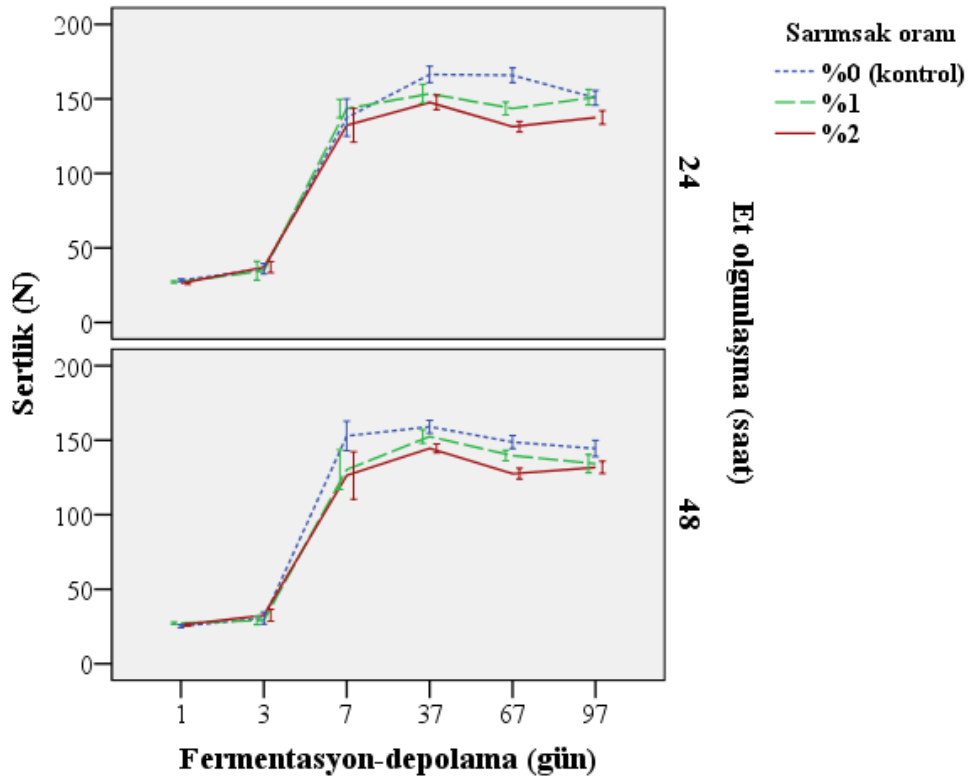
Gıdaların tekstürel nitelikleri en önemli duyuşsal parametrelerden biridir. Çok farklı yapıda olan gıdaların tekstürü, duyuşsal olarak oldukça sınırlı bir düzeye kadar değerlendirilebilmektedir. Çünkü tüketicilerin gıdadan beklentileri bireyden bireye değiştiğinden bu değerlendirme oldukça subjektif olabilmektedir. Dolayısıyla farklı bozucu ve/veya deforme edici kuvvetlerin uygulanabildiği enstrümental sistemlerle daha objektif değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu alanda günümüzde en yaygın kullanılan tekstür analiz yöntemlerinden biri tekstür profil analizi (TPA) olmaktadır.

En temel tekstürel nitelik olan sertlik, enstrümental açıdan sıkıştırma esnasında uygulanan maksimum kuvvet olup; duyuşsal olarak da gıdanın azı dişleri arasındaki ilk ısırılma da uygulanacak kuvvet olarak nitelendirilmektedir. Sucuk örneklerinin sertlik değeri fermentasyon öncesinde 25.2-28.2 N olup; kuruma sonunda 140-150 N'a kadar yükselmiştir (Şekil 4.53). Yapılmış bazı çalışmalarda (Babaoğlu ve Karakaya, 2022; Yıldız ve Toksöz, 2022; Sarıçoban ve Ünal, 2022) bulgularımız ile benzer; bazılarında (Kılıç ve Özer, 2017; Sucu ve Yıldız Turp, 2018) ise daha düşük sertlik değeri belirlenmiştir. Anılan bu farklılıklar sucuk formülasyonlarından, fermentasyon ve kurutma koşullarından ya da analiz yöntemlerinden kaynaklanabilmektedir. Örneğin TPA analizinde sucuğa %25 sıkıştırmanın uygulanması (Bozkurt ve Bayram, 2006) ile daha az sertlik değeri belirlenebilmektedir. Babaoğlu ve Karakaya (2022), fermentasyon-kurutma süresince sucuk sertliğinin 141-191 N'a kadar yükseldiğini belirlerken, Bozkurt ve Bayram (2006) üretim süresince sucuk örneklerinin örneklerinde sertliğin 350 'den 8846 g'a (yaklaşık 3-86 N) arttığını tespit etmişlerdir. Diğer yandan olgunlaşma sırasında Sırbistan geleneksel kuru fermente sosis (*Petrovská klobása*) sertliğinin arttığı da ifade edilmiştir (Ikonic ve ark., 2016).

Çizelge 4.39. Sarımsak oranı, et olgunlaşma, sucuk fermentasyon ve depolama zamanlarının sucuğun tekstürel niteliklerine etkisi

Sarımsak oranı (A)	Sertlik (Hardness, N)	Çiğnenebilirlik (Chewiness, N)	Yapışkanlık (Adhesiveness, g.sn)	Elastikiyet (Springiness, mm)	Kohezyon (Cohesiveness)	Esneklik (Resilience, mm)
% 0 (kontrol)	132±54.8X	53.0±30.6X	-317±166	0.68±0.14	0.59±0.11	0.24±0.10
1	122±52.3Y	46.7±31.5Y	-333±180	0.67±0.16	0.60±0.11	0.24±0.10
2	114±50.5Z	45.6±32.8Y	-317±162	0.68±0.15	0.60±0.11	0.23±0.10
<i>P</i>	0.001	0.042	0.769	0.511	0.458	0.162
Et olgunlaşma (B)						
24 saat	123±54.6	50.4±33.6	-326±187	0.68±0.15	0.60±0.11	0.24±0.11
48 saat	122±51.4	47.0±31.4	-319±150	0.68±0.15	0.59±0.11	0.23±0.10
<i>P</i>	0.093	0.106	0.963	0.641	0.172	0.058
Fermentasyon-depolama [#] (C)						
1. gün	26.9±2.35c	5.62±1.27c	-555±157a	0.52±0.10d	0.41±0.04e	0.13±0.02d
3. gün	33.3±8.00c	18.9±7.87b	-409±102b	0.78±0.11a	0.71±0.06a	0.25±0.04b
7. gün	145±47.5b	64.0±16.1a	-235±182c	0.80±0.13a	0.72±0.07a	0.38±0.10a
37. gün	154±19.7a	61.2±12.3a	-247±119c	0.71±0.15b	0.62±0.07b	0.25±0.10b
67. gün	143±22.2b	57.0±14.8a	-246±101c	0.65±0.09c	0.58±0.05c	0.20±0.04c
97. gün	142±23.6b	56.0±15.9a	-248±58.6c	0.66±0.14c	0.56±0.05d	0.19±0.03c
<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
İnteraksiyonlar						
<i>AxB</i>	0.888	0.864	0.537	0.550	0.838	0.910
<i>AxC</i>	0.239	0.032	0.673	0.417	0.437	0.980
<i>BxC</i>	0.598	0.525	0.000	0.106	0.441	0.079
<i>AXBxC</i>	0.949	0.902	0.978	0.817	0.996	0.992

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. a,b,c: Aynı sütunda gösterilen üretim ve depolama sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

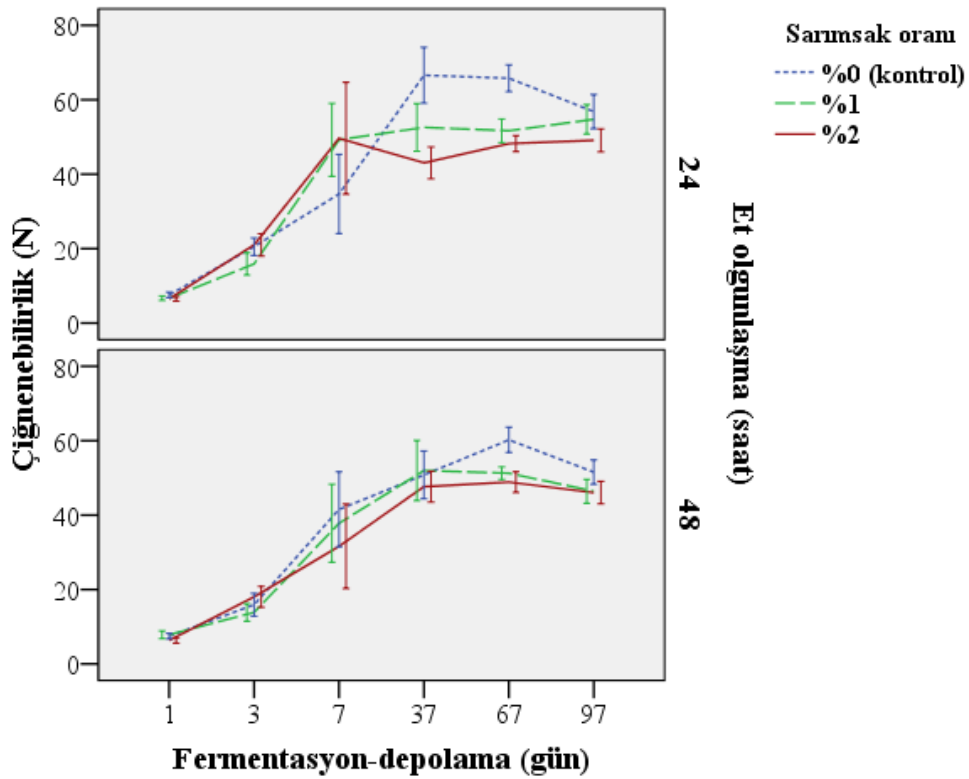


Şekil 4.53. Sucuk örneklerinde sertlik

Çalışmamızda her bir sucuk örneğinde depolamanın 7. gününe kadar sertlikte önemli ($P<0.001$) artma; buradan sonra önemli değişimler gözlemlenmemiştir (Ek 39). Sarımsak oranlarını ve et olgunlaşma sürelerini göz ardı ettiğimizde ise sucuk en yüksek sertlik değerine depolamanın 37. gününde ulaşmış ve sonraki depolama gününde azalmış ve depolama sonunda değişmemiştir (Çizelge 4.39). Duyusal değerlendirmede de benzer olarak hem çiğ (Çizelge 4.36) hem de pişmiş (Çizelge 4.37) sucukların sertlik skorları depolama sonlarına doğru azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum, depolamanın sonuna doğru artan proteolitik ve lipolitik aktivite sonucu protein ve yağların parçalanmasından kaynaklanabilmektedir. Farklı oranlarda sarımsak uygulanarak 24 ya da 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların sertliği her bir fermentasyon ve depolama zamanında önemli farklılık göstermemiş; fakat 48 saat olgunlaştırmada 24 saate kıyasla 7. gün hariç bir azalma eğilimi gözlemlenmiştir (Ek 39). Bunun yanı sıra artan sarımsak oranı sertliği önemli ($P<0.001$) düzeyde azaltmıştır (Çizelge 4.39). Bu durum, daha önce etin tekstürel niteliklerinde de söz edildiği gibi sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerin penetrasyon sertlikleri, kontrol grubuna kıyasla daha düşük olmasının bir sonucu olabilmektedir.

TPA analizinde belirlenen sertlik, kohezyon, yapışkanlık ve esneklik gibi birincil parametreler kullanılarak çiğnenebilirlik ve sakızimsılık ikincil parametreleri hesaplanmaktadır. Çiğnenebilirlik duysal olarak katı bir gıdayı yutmaya hazır hale getirene kadar harcanacak iş olarak ifade edilmektedir. Duyusal olarak çiğneme işlemi belki de TPA’nde simüle edilmesi en zor olan parametredir.

Çiğnenebilirlik katı; sakızimsılık ise yarı katı gıdalar için önerilmektedir. TPA ile sucuk gibi katı bir ürünü yutmaya hazır hale getirmek olası değildir. Bu durum Szczesniak (1995) tarafından da detaylı olarak açıklandığı gibi sucuk için çiğnenebilirlik niteliği değerlendirilmiştir. Sucuk örneklerinin sertliği ile çiğnenebilirliği paralellik göstermiştir. Fermentasyon öncesi ortalama 5.62 N çiğnenebilirlik değeri belirlenmiş olup; fermentasyon ve kuruma sonunda önemli bir artma (sırasıyla 18.9 N’a ve 64.0 N’a); depolama zamanlarında ise benzer değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.54). Fermentasyon ve kuruma boyunca sucukların çiğnenebilirliğinde artma daha önce belirtilen çalışmalarla da uyumlu olmuştur (Bozkurt ve Bayram, 2006; İkonik ve ark., 2016; Babaoğlu ve Karakaya, 2022; Sarıçoban ve Ünal, 2022).



Şekil 4.54. Sucuk örneklerinde çiğnenebilirlik

Sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklar, uygulanmadan üretilen sucuklardan daha az çiğnenebilirlik değerine sahip olmuştur. Bu farklılığın 24 saat olgunlaşma süresi sonunda üretilen sucuklarda depolamanın 30. ve 60. günlerinde; 48 saatte üretilenlerde ise 60. günde önemli bir seviyede olduğu görülmektedir (Ek 39). Dolayısıyla kesimden sonra sarımsak uygulanarak olgunlaştırmanın sucuklarda sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde önemli bir azalma sağlayabileceği ifade edilebilmektedir.

Yapışkanlık duyusal olarak ilk ısırmanın sonunda gereken negatif güç olup, TPA probunu örnekten ayırmak için gereken iş olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda değerlerin negatifliği yönle ilişkili olup, matematiksel olarak alanın artması yapışkanlığın artmasını yani matematiksel olarak negatif değerın küçülmesini ifade etmektedir. Hatta bazı araştırmacılar yapışkanlık değerinde negatifliği (-) kullanmamaktadır (Babaoğlu ve Karakaya, 2022). Fermentasyon öncesi ortalama -555 g.sn olarak belirlenen yapışkanlık değeri, fermentasyon (3. gün) ve kuruma sonunda (7. gün) sırasıyla -409 ve -235 g.sn'ye kadar yükselmiş ve depolamada önemli bir değişim göstermemiştir (Çizelge 4.39). Fermentasyondan önce sucuk hamurunun yüksek yapışkanlığının kurumayla birlikte azaldığı ifade edilebilir. Bu durum Sarıçoban ve Ünal (2022)'ın da belirledikleri bulgularla uyumludur. Fermentasyon ve kuruma dışında diğer parametrelerin sucuklarda yapışkanlığı çoğunlukla önemli düzeyde etkilememiştir. Ancak fermentasyon sonunda, 48. saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların 24 saat olgunlaştırılanlara kıyasla yapışkanlığı önemli bir şekilde artmıştır (Ek.22).

Babaoğlu ve Karakaya (2022) fermentasyon ve kuruma sırasında sucukta yapışkanlık değerini (2.07-3.98 Nsn) benzer tespit etmiştir. Bozkurt ve Bayram (2006) olgunlaşma ile sucuk yapışkanlığının azaldığını böylece kurumayla kolay dilimlendiğini ve dilimleme sırasında da bıçağa yapışkanlığın azaldığını ifade etmiştir. Bu durum, bulgularımızla da örtüşmektedir.

Elastikiyet, ilk sıkıştırmanın sonu ile ikinci sıkıştırmanın başlangıcı arasında örneğin başlangıç durumuna geri dönmesinin bir ifadesidir. Sucuk örneklerinde fermentasyon öncesi ortalama elastikiyet 0.52 olup; fermentasyon ve kuruma sonunda arttığı (sırasıyla 0.78 ve 0.80), depolama sırasında azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Gerek sarımsak uygulaması gerekse et olgunlaşma zamanlarından üretilen sucuklar arasında elastikiyet değerlerin de bir farklılık gözlemlenmemiştir (Çizelge 4.39).

Fermentasyon ve kuruma boyunca sucuğun elastikiyeti Babaoğlu ve Karakaya (2022) tarafından yapılan çalışmada düzenli bir eğilim göstermemiştir. Ancak Bozkurt ve Bayram (2006) olgunlaşma boyunca sucuğun elastikiyetinde önemli bir azalma (0.82'den 0.65 mm'ye) tespit etmiştir. Bu farklılık, Toldra (2012b)'nın da belirttiği gibi ya sucuk formülasyonundan özellikle yağ miktarının farklılığından, ya da fermentasyon ve özellikle kuruma koşullarının farklılığından kaynaklanmış olabilir. Bunun yanı sıra anılan çalışmada sucuk örneğine %25 sıkıştırma uygulanması da önemli bir farklılık yaratabilir. Araştırmacılar, elastikiyetteki azalmayı sucuğun rutubet içeriğinde azalmaya atfetmişlerdir. Oysa yapısal olarak sucuk hamurunda fermentasyon ve kuruma ile gerek rutubet kaybı gerekse proteinlerin denaturasyonu ve konformasyonel değişimler sonucunda daha elastik bir yapı oluşumu beklenebilmektedir. Araştırmacılar (Bozkurt ve Bayram, 2006) daha önce yapışkanlık niteliğinin azalmasını sucuğun daha iyi dilimlenebilir olması ile ilişkilendirmişler; elastikiyetin artması da sucuğa benzer bir nitelik kazandırabilmektedir. Nitekim Sarıçoban ve Ünal (2022) olgunlaşmayla sucuğun elastikiyetinin önemli düzeyde arttığını (0.62'den 0.71 mm'ye) belirlemiştir.

İç yapışkanlık olarak da adlandırılan kohezyon sucuğun iç bağlarının direnci olarak ifade edilebilmektedir. Sucuk örneklerinin fermentasyon öncesi ortalama kohezyon değeri 0.41 olup; fermentasyon ve kuruma sonunda arttığı (sırasıyla 0.71 ve 0.72), depolama sırasında azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Toldra (2012b)'nın belirttiği gibi, fermentasyon ve kurumayla sucukta daha sıkı bir içyapının oluşumu kohezyon değerinin artması, artan sertlik ve çiğnenebilirlik nitelikleriyle de uyumlu olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda fermentasyon ve kuruma sırasında sucuğun kohezyon değerinde stabil bir eğilim olmadığı (Babaoğlu ve Karakaya, 2022) ya da elastikiyette olduğu gibi kohezyon değerinde de azalma olduğu belirtilmiştir (Bozkurt ve Bayram, 2006). Depolama süresince sucuk örneklerinin kohezyon değerinde benzer bir azalma eğilimi Sucu ve Yıldız-Turp (2018) tarafından da belirlenmiştir. Depolamayla birlikte gerek proteolitik gerekse lipolitik aktivitenin artması içyapıda kısmen zayıflamaya neden olabilmektedir.

Esneklik örneğin hem hız hem de deformasyondan kurtularak başlangıç haline geri dönebilirliğinin bir göstergesidir. Elastikiyetten farkı elastikiyette probun geri çekilme hızının daha yavaş olmasıdır.

Sucuk örneklerinin fermentasyon öncesi ortalama esneklik değeri 0.13 mm olup; fermentasyon ve kuruma sonunda arttığı (sırasıyla 0.25 ve 0.38 mm) ve depolama boyunca da azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Bu anlamda sucuğun elastikiyet niteliği ile de örtüşmektedir. Benzer değerler Sucu ve Yıldız Turp (2018) tarafından da belirlenmiştir. Bozkurt ve Bayram (2006) olgunlaşma süresince sucukların esnekliğinde önemli bir fark belirlememiştir.

Özetle, sucuk üretimi öncesi sarımsak uygulanarak olgunlaştırmaya kıyasla fermentasyon ve kuruma aşamalarının sucuğun tekstürel niteliklerinde daha etkili olduğu; bu süreçte sertliğinin, çiğnenebilirliğinin, elastikiyetin, kohezyonun ve esnekliğin arttığı, yapışkanlığın ise azaldığı belirlenmiştir. Anılan değişimler sucukta rutubet kaybı ile birlikte fermentasyonla gelişen yapıdan dolayı beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmektedir. Tekstürel niteliklerde (sertlik, elastikiyet, kohezyon ve esneklik) depolamayla birlikte azalma eğilimi göstermesi, artan lipolitik ve proteolitik aktivite ile ilişkilendirmek mümkün olabilmektedir. Bunun yanı sıra sarımsak uygulanarak etlerin olgunlaştırılması sucuklarda sertlik ve çiğnenebilirlikte bir azalmaya neden olmuştur. Benzer etki 24 saate kıyasla 48 saat olgunlaştırılan et sucuklarında da gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Kesimden sonra (post-mortem 6 sa) farklı oranlarda (%0, %1 ve %2) sarımsak uygulanarak 4°C'de 4 gün depolanan etlerde protein fosforilasyonu, kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel niteliklerin incelendiği çalışmanın 1. kısmında; sarımsak uygulamasının et niteliklerine etkisinden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Etin bileşimi:

- Etin kurumadde miktarı post-mortem sızma ile birlikte depolamayla %29.5'ten %32.2'ye önemli ($P<0.001$) bir artma olup; uygulanan sarımsak oranlarından etlerin protein, yağ ve kül oranları etkilenmemiş; ortalama protein, yağ ve kül (g/100g kurumadde) sırasıyla 61.4, 31.0 ve 2.7 olarak belirlenmiştir.

Fosfoproteomik nitelikler:

- Farklı oranlarda sarımsak uygulaması etlerin myofibriler proteinlerinin fosforilasyon düzeyinde önemli bir farklılık oluşturmamış; sarkoplazmik proteinlerde ise artan sarımsak oranı fosforilasyon düzeyini azaltmış ve özellikle post-mortem 48 saatte önemli ($P<0.05$) olmuştur.
- Myofibriler proteinlerden MyLC2 ile ilişkilendirilebilen protein bandı M11'in fosforilasyon düzeyi kontrol grubu etlerde (2.80), %2 sarımsak uygulanan etlere (2.35) kıyasla daha fazla ($P<0.05$) olup; depolama ilerledikçe fosforilasyon düzeyinde azalma sarımsak oranına bağlı olarak değişmiş; artan sarımsak oranı ve ilerleyen depolama ile daha fazla azalma gerçekleşmiştir.
- Post-mortem 24 saatte, troponin-tropomyosin kompleksi proteinleri fosforilasyonuna atfedilen myofibriler proteinlerde fosforilasyon artmış; sonrasında azalmıştır.
- Kontrol grubu etlerde post-mortem 48 saate kadar daha fazla sertlik değeri, yüksek fosforilasyon düzeyli MyLC2 ile tropomyosin-troponin-tropomyosinin sıkı aktomyosin kompleksi oluşturması ile ilişkilendirilmiştir.
- Glikolitik metabolizmada yer alan sarkoplazmik proteinlerden yüksek fosforilasyon aktiviteli artan glikojen fosforilaz ve pürivat kinaz enzimleri molekül ağırlıkları açısından elektroforetik analizlerde S1 ve S7-S9

bantlarına karşılık gelmiş; bantlar da kontrol grubu etlerde daha fazla; fosforilasyonla aktiviteleri olumsuz etkilenen fosfofruktokinaz, gliseraldehit-3-fosfat dehidrojenaz ve triozfosfat izomeraz enzimlerine karşılık gelen S3, S13 ve S17 bantları daha düşük tespit edilmiştir.

- Myoglobin ile ilişkilendirilen S20 nolu proteinin post-mortem depolama boyunca fosforilasyonu artma eğilimi gösteren tek protein olmuş; depolamanın 96. saatinde özellikle de %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha yüksek fosforilasyon düzeyine sahip olmuştur. Anılan etlerde daha yüksek MMb belirlenmiş ve daha az renk stabilitesi göstermiştir. Bu anlamda Mb fosforilasyonu ve renk stabilitesi arasındaki negatif bir ilişki varlığını vurgulayabiliriz.

Glikolitik metabolizma:

- Artan sarımsak oranı etlerde glukoz konsantrasyonunu 1917 mg/kg'dan 2023 mg/kg arttırmış; etler arasında glukoz konsantrasyonu farklılığı özellikle post-mortem 24 saatte önemli ($P<0.05$) belirlenmiştir.
- Artan sarımsak oranı ile etlerde laktik asit konsantrasyonu önemli ($P<0.001$) bir şekilde 5708 mg/kg'dan 5431 mg/kg'a düşmüş ve pH değerleri de önemli düzeyde ($P<0.05$) artmıştır. Post-mortem 24 ve 48 saatlerde kontrol grubu etlerde pH değerleri sırasıyla 5.58 ve 5.48 iken; %1 ve %2 oranında sarımsaklılarda sırasıyla 5.65-5.56'ya ve 5.73-5.62'ye yükselmiştir. Bu sonuçlarla uyumlu bir şekilde artan sarımsak oranı etlerde titrasyon asitliğini de azaltmıştır.
- Artan sarımsak oranı, etlerde sitrik asidin 37.5 mg/kg'dan 77.1 mg/kg'a, pürivik asidin 26.1 mg/kg'dan 34.1 mg/kg'a, süksinik asidin 1006 mg/kg'dan, 1129 mg/kg'a ve asetik asidin 978 mg/kg'dan 1264 mg/kg'a önemli düzeyde ($P<0.001$) yükselmesine neden olmuştur.
- Glikolitik metabolizmada belirlenen sonuçlar, sarımsağın post-mortem enerji metabolizmasını sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyonu aracılığıyla inhibe edebileceğini desteklemektedir.

Proteolitik nitelikler:

- Depolamanın proteoliz indeksini artırma yönündeki etkisi %1 ve %2 sarımsak uygulanmış etlerde; NPN miktarı bakımından %2 sarımsak

uygulanmış etlerde önemli ($P<0.05$) olmuş; Arg+Thr+Ala ve Tyr amino asitleri depolamayla birlikte artma ($P<0.001$), özellikle %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli ($P<0.05$) seviyeye ulaşmıştır. Benzer şekilde 24 saat %2 sarımsak oranı ile et olgunlaştırmada, diğerlerine kıyasla Pro, Gly+Gln, Lys, Val ve His amino asitleri yüksek belirlenmiştir.

Lipolitik nitelikler:

- Sarımsak uygulanmış etlerde TBARS miktarı depolama ile daha fazla artma eğilimi göstermiş; peroksit ise depolamanın sonunda %2 sarımsak uygulanmış etlerde en yüksek belirlenmiştir. Gerek TBARS gerekse peroksit miktarı bakımından uygulanan sarımsak oranı ile depolama zamanı arasındaki interaksiyonun önemli ($P<0.001$) olup; C17:0, C15:0, C6:0, C16:0 ve C18:0 yağ asitlerinin de %2 sarımsak uygulanıp 96 saat depolanan etlerde daha fazla belirlenmiştir.

Uçucu bileşenler:

- Ete uygulanan sarımsak oranı arttıkça aldehit bileşenlerde önemli bir artma ($P<0.001$); sarımsak uygulanan et örneklerinde bu farklılığın özellikle depolamanın 72. ve 96. saatlerinde istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu; kontrol grubunda hekzanol'ün pik alanı (1.29×10^6), %1 ve %2 sarımsak uygulanmış etlerde pik alanları (sırasıyla 2.21×10^6 ve 2.79×10^6) ile karşılaştırıldığında önemli düzeyde ($P<0.01$) düşük belirlenmiştir. Bu sonuçlar, sarımsağın lipolitik niteliklere etkisi ile örtüşmektedir.

Fiziksel nitelikler:

- Kontrol grubu (%0 sarımsak oranı) ile karşılaştırıldığında, %1 ve %2 oranında sarımsak uygulanan etler daha az DMb (0.57' e kıyasla sırasıyla 0.54 ve 0.51) ve OMb (0.75' e 0.69 ve 0.63); daha fazla MMb (0.77'e 0.84 ve 0.94) içermiş; renk stabilitesi önemli düzeyde ($P<0.001$) daha düşük (3.42' e 2.94 ve 2.47) tespit edilmiştir.
- MMb oluşumuna etkisi nedeniyle sarımsak uygulaması en fazla et kırmızılığını (a^*) etkilemiş; depolamanın ilerlemesi ile azalan a^* değeri, artan sarımsak oranlı etlerde kontrole kıyasla daha fazla azalmış; sarımsak oranı ve depolama zamanları arasındaki interaksiyon önemli düzeyde ($P<0.001$) a^* değerini etkilemiştir.

- Post-mortem 6 saatten sonra etin L* değerinde artmanın %0 (kontrol) ve %1 sarımsaklı etlerle karşılaştırıldığında %2 sarımsaklı etlerde önemli olmadığı ($P>0.05$); depolamayla b* değerinde azalma da sadece %2 sarımsak uygulanmış etlerde önemli ($P<0.05$) olmuştur.
- Hem sertlik değerinin hem de penetrasyon işinin sarımsak uygulanmamış kontrol grubunda daha yüksek (sırasıyla 3291 g ve 7691 g.sn) olduğu; sarımsak oranının %2 'ye artmasıyla önemli düzeyde ($P<0.05$) azalma (2888 g ve 6626 g.sn) belirlenmiştir.

Özetle glikolitik metabolizma ürünlerindeki değişimlerden sarımsak uygulamasının proteinlerin fosforilasyonu aracılığıyla glikolitik metabolizma için 'inhibitör'; gerek MMb'ndeki gerekse proteolitik ve lipolitik nitelikler ile uçucu bileşenlerdeki değişimlerden sarımsağın post-mortem ette 'prooksidan' olabileceği sonucuna ulaşılabilmektedir. Yukarıda özetlenen sonuçlar ışığında, taze et için sarımsak uygulanması önerilmemektedir. Ancak söz konusu etler, sucuk gibi ürünlere dönüştürüldüğünde ürünün nitelikleri üzerinde ne tür etkiler yaratacağı bilinmemektedir. Bu kapsamda, çalışmanın 2. aşaması olarak, bu etler sucuk üretiminde kullanılmıştır.

Kesimden sonra sarımsak (%0, %1 ve %2) uygulanarak farklı olgunlaşma zamanları (24 saat ve 48 saat) sonunda, etlerden üretilen sucukların fermentasyon ve depolama süresince kimyasal, biyokimyasal, duyuşsal ve fiziksel niteliklerine etkisi aşağıda belirtilen başlıklar altında özetlenmiştir.

Sucuğun bileşimi:

- Kesimden sonra %0, %1 ve %2 oranlarda sarımsak uygulanan etlerden üretilen sucukların ortalama rutubet oranları sırasıyla %43.4, %42.8 ve %42.3 olarak belirlenmiş ve artan sarımsak oranı ile hafif bir azalma eğilimi göstermiştir. Ortalama protein, yağ ve kül oranları artan sarımsak oranından etkilenmemiş; benzer şekilde et olgunlaşma zamanı ve sucuk fermentasyon-depolama süresi de anılan niteliklerin ortalama değerleri üzerinde önemli bir etki yaratmamıştır.

Fermentatif nitelikler:

Kontrol grubu sucuklarla karşılaştırıldığında, %1 ve %2 sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların:

- pH değerlerinin daha yüksek (sırasıyla 4.84, 4.90 ve 4.91); titrasyon asitliğinin (g laktik asit/100g) daha düşük (1.01, 0.97 ve 0.95) olduğu;
- Hem 24 saat hem de 48 saat olgunlaşan et sucuklarında fermentasyon sonrasında, sükroz konsantrasyonu (mg/kg) artan sarımsak oranıyla sırasıyla 408'den 579 mg/kg'a ve 408'den 536 mg/kg'a yükselmiş; fruktoz ise 725'ten 1081 mg/kg'a ve 805'den 1094 mg/kg'a yükseldiği ($P<0.05$); fermentasyon sonrasında laktik asit konsantrasyonun da özellikle 48 saat olgunlaşma zamanı sucuğu için 856 mg/kg'dan 770 mg/kg'a azalmış ($P<0.05$) olduğu;
- Diğer organik asitler bakımından, artan sarımsak oranı ile et olgunlaştırma sucuklarda daha az asetik, süksinik, bütirik, formik, propiyonik ve pürivik asitlerin oluşabileceği;
- Sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarla karşılaştırıldığında kontrol grubu sucuklar fermentasyon zamanlarında daha fazla pürivik, depolama zamanlarında da daha fazla formik asit içerdiği ($P<0.05$);
- Ayrıca sarımsak uygulanmadan daha uzun süre (48 saat) olgunlaştırma ile daha fazla asetik oluşabileceği belirlenmiştir.

Proteolitik nitelikler:

Kontrol grubu sucuklarla karşılaştırıldığında, %1 ve %2 sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların:

- Ortalama NPN ve toplam FAA miktarları (mg/100g kurumadde) sarımsak oranı arttıkça azaldığı (sırasıyla 697, 677, 649 ve 657, 621, 604);
- Yine artan sarımsak oranı et olgunlaşma zamanı ve fermentasyon-depolamayı göz ardı ettiğimizde, sucuklarda ortalama (mg/100g kurumadde) Asp (37.0, 34.4 ve 32.7), Glu (73.0, 70.4 ve 68.2), Ser+Asn (18.2, 16.8 ve 14.0), Arg+Thr+Ala (179, 170 ve 169), Pro (33.5, 30.1 ve 30.1), Ile+Leu (67.5, 63.7 ve 61.3), Phe+Trp (102, 93.4 ve 90.8) ve Lys (45.7, 42.9 ve 40.8) amino asitlerinde azalma olduğu belirlenmiştir.

Lipolitik nitelikler:

- Sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarla karşılaştırıldığında, kontrol grubu sucuk örneklerinin TBARS miktarı fermentasyondan önce daha az; fermentasyon ve kurumadan sonra ise daha fazla olduğu;

- Depolama boyunca doymuş yağ asitleri (SFA) konsantrasyonunda artma eğilimi %0 ve %1 oranında sarımsak uygulanmış et sucuklarında önemli olup; fermentasyon ve depolama zamanlarında %2 sarımsak ile olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarda SFA konsantrasyonu önemli bir farklılık oluşturmamış;
- Fermente sosislerde en fazla bulunan doymuş serbest yağ asitleri olan palmitik ve stearik asitlerinin %2 sarımsakla 48 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda depolamanın 90. gününde diğerlerinden daha az olduğu;
- Fermente sosislerde en fazla bulunan serbest yağ asidi oleik asit bakımından, sarımsak uygulamadan hem 24 saat hem de 48 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklarla karşılaştırıldığında, sarımsakla olgunlaştırmanın sucuklarda daha az oleik asit oluşturabileceği ve bu farkın da özellikle depolamanın sonunda önemli olduğu belirlenmiştir.

Uçucu bileşenler:

- Sucuk örneklerinde monoterpen bileşenlerinden limonen ve β -mirsene pik alanları, %0 ve %1 sarımsak uygulanmış etlerden üretilen sucuklarda depolamanın sonuna doğru azalma eğilimi olurken; %2 sarımsak oranında önemli bir farklılık göstermediği; seskiterpen bileşenlerden α -karyofilen bakımından da benzer bir değişim olduğu; α -kopen pik alanının kontrol grubu sucuklarda (3.99×10^6), %1 ve %2 sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklardan (sırasıyla 3.20×10^6 ve 2.72×10^6) daha fazla olduğu;
- En fazla oranda bulunan alkol bileşen kumin alkol'ün sadece kontrol grubu sucuklarda depolamayla önemli bir azalma gösterdiği; sarımsak uygulamadan 24 saat olgunlaşma sonunda üretilen sucuklarda kumin alkol depolamanın 60. gününden; 48 saat olgunlaşma sonunda üretilenlerde ise depolamanın 30. gününden sonra azaldığı; sarımsakla gerek 24 saat gerekse 48 saat olgunlaştırmanın depolamanın 30. gününde daha az etanol oluşumuna neden olduğu; sarımsak uygulanmadan 48 saat sonunda üretilen sucukların sarımsak uygulananlara göre depolamanın 30. gününde daha fazla hekzanol pik alanına sahip olduğu;
- Sarımsak oranlarına ait ortalama fenol bileşenlerinin benzerlik gösterdiği;

- Yirmi dört saat olgunlaşma süresinde sadece kontrol grubunda 3-metil butanal pik alanında önemli bir artma olduğu; %1 ve 2 sarımsak oranında fermentasyon ve kuruma sonunda artan 3-metil bütanal piki depolama zamanları arasında benzerlik göstermesine rağmen, kontrol gurubunda ise depolamanın 30. gününe kadar arttığı sonrasında ise azaldığı; sarımsak oranı arttıkça ortalama tektradekanal pik alanında artma olduğu;
- Et olgunlaşma zamanı bakımından, sadece allil merkaptan pik alanında 24 ve 48 saat olgunlaşma zamanı benzer olurken, diğer sülfürlü bileşenlerin pik alanı 24 saat olgunlaşma zamanında daha yüksek olduğu; bu farkın da özellikle %2 sarımsak uygulanmış etlerde daha fazla olduğu;
- Artan oranda sarımsakla olgunlaşmanın sucuk örneklerinde daha fazla hekzanoik asit oluşturabileceği; bu farkın 48 saat olgunlaşma zamanında depolamanın başlangıcında önemli düzeyde olduğu; sarımsak uygulanmadan hem 24 saat hem de 48 saat olgunlaştırmanın sucuklarda asetik asit pik alanında önemli bir etki oluşturmadığı; %1 sarımsak oranında depolamanın 60. gününde; %2 sarımsak oranında da depolamanın 30. ve 60. günlerinde 48 saat olgunlaştırma süresinin daha fazla asetik asit oluşturduğu belirlenmiştir.

Duyusal nitelikler:

- Sucuk örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanı en fazla 7.42; en az 6.00 olup, sırasıyla depolamanın başlangıcında %2 sarımsak oranı ve 48 saat olgunlaşma zamanında; depolamanın sonunda %0 sarımsak oranı ve 48 saat olgunlaşma zamanında belirlenmiştir.

Fiziksel nitelikler:

- Sarımsak uygulanmadan 24 saat olgunlaştırılan etlerden üretilen sucuklar, sarımsak uygulanarak olgunlaştırılan etlerden üretilenlere kıyasla fermentasyon sonundan depolamanın 30. gününe kadar daha fazla ($P<0.05$) a^* değerine sahip olmuştur. Sarımsak oranı ve fermentasyon-depolama zamanları arasındaki interaksiyon ($P<0.05$) ile depolamanın 30. gününden sonra sucuğun a^* değerinde azalma kontrol grubunda daha fazla olmuştur.
- Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, %1 ve %2 oranında sarımsakla olgunlaştırılan etlerden üretilen sucukların ortalama sertlik (sırasıyla 132,

122 ve 114 N; $P<0.001$) ve çiğnenebilirlik (53.0, 46.7 ve 45.6 N; $P<0.05$) değerleri daha düşük belirlenmiştir. Diğer bir ifadeyle sarımsakla et olgunlaştırma sucukta sertliği ve çiğnenebilirliği azaltmıştır.

Yukarıda belirtilen sonuçlar ışığında genel anlamda, sucuk üretiminde kullanılacak sarımsağın kesimden sonra ete uygulanarak olgunlaştırılması durumunda fermente sucukta istenilen düzeyde fermentasyon sağlamakla birlikte, daha az heterofermentatif organik asitler oluşumu, mikrobiyal proteaz ve lipaz aktiviteleri ile daha az proteliz ve lipoliz oluşumu sağlayabilmesi bakımından daha yararlı olabilmektedir. Ayrıca sucuğa işlenecek etin özellikle 24 saatten daha uzun sürede olgunlaştırılacak olması durumunda bunun sarımsak uygulanarak gerçekleşmesi söz edilen etkileri bakımından tavsiye edilebilmektedir. Sucukta belirlenen sonuçlar doğrultusunda, hammadde kalitesinin son ürüne göre değerlendirilmesi gerekliliğinin olması bakımında çalışmamız iyi bir örnek niteliğindedir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda ise fosfoproteomik nitelikler için elektroforetik analizlerde belirlenen protein bantlarının referans proteinler ile doğrulanması da önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Abraham, A., Dillwith, J.W., Mafi, G.G., VanOverbeke, D.L., Ramanathan, R., 2017. Metabolite profile differences between beef *Longissimus* and *Psoas* muscles during display. **Meat and Muscle Biology**, 1: 18-27.
- Ahn, D.U., Nam, K.C., 2004. Effects of ascorbic acid and antioxidants on color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. **Radiation Physics and Chemistry**, 71: 149-154.
- Al-Rubei, A.M.S., Al-Kaisey, M.T., Khadom, M.J., 2009. Effect of some natural and synthetic antioxidants on ground beef meat during cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, 6: 1-16.
- Amany, M.S., Reham, A.A., Gehani S.A.A., 2010. Studies on antimicrobial and antioxidant efficiency of some essential oils in minced beef. **Journal of American Science**, 6: 691-700.
- AMSA, 2012. **Meat color measurement guidelines** (M. Hunt, D.A. King). American Meat Science Association, Champaign, USA.
- Anonim, 2009. Taşköprü Sarımsağı. Tescil no: 135-Menşe adı. T.C. Resmi Gazete, 03 Aralık 2009, sayı: 27421.
- Ansorena, D., Astiasaran, I., Bello, J., 2000. Changes in volatile compounds during ripening of chorizo de Pamplona elaborated with *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus carnosus*. **Food Science and Technology International**, 6: 439-447.
- Antara, N.S., Sujaya, N., Yokota, A., Asano, K., Tomita, F., 2004. Effects of indigenous starter cultures on the microbial, and physicochemical characteristics of *Urutan*, a Balinese fermented sausage. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, 98: 92-98.
- AOAC, 2000. **Official Methods of Analysis of AOAC International** (17.Edition). USA.
- Aşık, E., Candoğan, K., 2014. Effects of chitosan coatings incorporated with garlic oil on quality characteristics of shrimp. **Journal of Food Quality**, 37: 237-246.
- Babaoğlu, A.S., Karakaya, M., 2022. Monitoring of the physicochemical, microbial, textural, and sensory properties of clean label sucuk produced with natural curing agents during the ripening period. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 29: 100570.
- Bai, Y., Li, X., Zhang, D., Chen, L., Hou, C., Zheng, X., Ren, C., 2020a. Effects of phosphorylation on the activity of glycogen phosphorylase in mutton during incubation at 4°C in vitro. **Food Chemistry**, 313: 126162.
- Bai, Y., Li, X., Zhang, D., Hou, C., Zheng, X., Chen, L., Ren, C., 2020b. Effects of different ATP contents on phosphorylation level of glycogen phosphorylase and its activity in lamb during incubation at 4°C in vitro. **International Journal of Food Science and Technology**, 55: 3000-3007.
- Bai, Y., Li, X., Zhang, D., Chen, L., Hou, C., Zheng, X., Ren, C., Ijaz, M., 2020c. Role of phosphorylation on characteristics of glycogen phosphorylase in lamb with different glycolytic rates post-mortem. **Meat Science**, 164: 108096.

- Barros, L., Barreira, J.C.M., Grangeia, C., Batista, C., Cadavez, V.A.P., Ferreira, I.C.F.R., 2011. Beef burger patties incorporated with *Boletus edulis* extract: Lipid peroxidation inhibition effects. **European Journal of Lipid Science and Technology**, 113: 737-743.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P., 2009. **Food Chemistry**. 4th revised and extended edition. Springer, Berlin, Germany.
- Beriain, M.J., Lizaso, G., Chasco, J., Free amino acids and proteolysis involved in 'salchichon' processing. **Food Control**, 11: 41-47.
- Bhadury, D., Nolvachai, Y., Marriott, P.J., Tanner, J., Tuck, K.L., 2021. Detection of volatiles from raw beef meat from different packaging systems using solid-phase microextraction GC–accurate mass spectrometry. **Foods**, 10: 2018.
- Bozkurt, H., Bayram, M., 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. **Meat Science**, 73: 344-350.
- Bruas-Reignier, F., Brun-Bellut, J., 1996. Changes affecting the *Longissimus dorsi*, *Triceps brachii* caput longum and *Rectus femoris* muscles of young Friesian bulls during meat aging. **Meat Science**, 43: 335-344.
- Bruna, J. M., Hierro, E. M., de la Hoz, L., Mottram, D. S., Fernández, M., & Ordóñez, J. A., 2001. The contribution of *Penicillium aurantiogriseum* to the volatile composition and sensory quality of dry fermented sausages. **Meat Science**, 59: 97–107.
- Candoğan, K., Wardlaw, F.B., Acton, J.C., 2009. Effect of starter culture on proteolytic changes during processing of fermented beef sausage. **Food Chemistry**, 116: 731-737.
- Cao, L., Hou, C., Shen, Q., Zhang, D., Wang, Z., 2019. Phosphorylation of myosin regulatory light chain affects actomyosin dissociation and myosin degradation. **International Journal of Food Science and Technology**, 54: 2246-2255.
- Cao, L., Hou, C., Hussain, Z., Zhang, D., Wang, Z., 2020. Quantitative phosphoproteomics analysis of actomyosin dissociation affected by specific site phosphorylation of myofibrillar protein. **LWT Food Science and Technology**, 126: 109269.
- Cao, L., Wang, Z., Zhang, D., Li, X., Hou, C., Ren, C., 2021. Phosphorylation of myosin regulatory light chain at Ser17 regulates actomyosin dissociation. **Food Chemistry**, 356: 129655.
- Casaburi, A., Monaco, R.D., Cavella, S., Tolra, F., Ercolini, D., Villani, F., 2008. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. **Food Microbiology**, 25: 335-347.
- Chen, L., Li, X., Ni, N., Liu, Y., Chen, L., Wang, Z., Shen, Q. W., Zhang, D. 2016a. Phosphorylation of myofibrillar proteins in post-mortem ovine muscle with different tenderness. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 96, 1474-1483.
- Chen, Q., Kong, B., Han, Q., Liu, Q., Xu, L., 2016b. The role of bacterial fermentation in the hydrolysis and oxidation of sarcoplasmic and myofibrillar proteins in Harbin dry sausage. **Meat Science**, 121: 196-206.

- Chen, Q., Kong, B., Han, Q., Xia, X., Xu, L., 2017. The role of bacterial fermentation in lipolysis and lipid oxidation in Harbin dry sausages and its flavor development. **LWT-Food Science and Technology**, 77: 389-396.
- Chen, L., Li, Z., Li, X., Chen, J., Everaert, N., Zhang, D., 2018. The effect of sarcoplasmic protein phosphorylation on glycolysis in postmortem ovine muscle. **International Journal of Food Science and Technology**, 53: 2714-2722.
- Chen, L., Bai, Y., Everaert, N., Li, X., Tian, G., Hou, C., Zhang, D., 2019a. Effects of protein phosphorylation on glycolysis through the regulation of enzyme activity in ovine muscle. **Food Chemistry**, 293: 537-544.
- Chen, L., Li, Z., Everaert, N., Lametsch, R., Zhang, D., 2019b. Quantitative phosphoproteomic analysis of ovine muscle with different postmortem glycolytic rates. **Food Chemistry**, 280: 203-209.
- CIE, 1976. **Colorimetry**. In: Official Recommendations of the International Commission on Illumination. Comisión Internationale de l'Eclairage, Paris, France.
- Coventry, J., Hickey, M.W., 1991. Growth characteristics of meat starter cultures. **Meat Science**, 30: 41-48.
- Dalmış, Ü., Soyer, A., 2008. Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. **Meat Science**, 80: 345-354.
- DeMasi, T.W., 1990. Non-protein nitrogen (NPN) and free amino acid content of dry, fermented and nonfermented sausage. **Meat Science**, 27: 1-12.
- Demirok Soncu, E., Özdemir, N., Arslan, B., Küçükkaya, S., Soyer, A., 2020. Contribution of surface application of chitosan–thyme and chitosan–rosemary essential oils to the volatile composition, microbial profile, and physicochemical and sensory quality of dry-fermented sausages during storage. **Meat Science**, 166: 108127.
- Devatkal, S.K., Naveena, B.M., 2010. Effect of salt, kinnow and pomegranate fruit by product powders on color and oxidative stability of raw ground goat meat during refrigerated storage. **Meat Science**, 85: 306-311.
- Du, M., Li, X., Li, Z., Shen, Q., Wang, Y., Li, G., Zhang, D., 2017a. Effects of phosphorylation on μ -calpain activity at different incubation temperature. **Food Research International**, 100: 318-324.
- Du, M., Li, X., Li, Z., Li, M., Gao, L.L., Zhang, D., 2017b. Phosphorylation inhibits the activity of μ -calpain at different incubation temperatures and Ca^{2+} concentration in vitro. **Food Chemistry**, 228: 649-655.
- Du, M., Li, X., Li, Z., Shen, Q.W., Wang, Y., Li, G., Zhang, D., 2018. Phosphorylation regulated by protein kinase A and alkaline phosphatase play positive roles in μ -calpain activity. **Food Chemistry**, 252: 33-39.
- Du, M., Li, X., Li, Z., Shen, Q., Ren, C., Zhang, D., 2019. Calpastatin inhibits the activity of phosphorylated μ -calpain in vitro. **Food Chemistry**, 274: 743-749.
- Dura, M.A., Flores, M., Toldra, F., 2004. Effect of *Debaryomyces* spp. on the proteolysis of dry-fermented sausage. **Meat Science**, 68: 319-328.
- Dursun, A., Güler, Z., 2019. Effects of types of casing with the different materials on volatile compounds (VCs) of sausage (sucuks) during ripening. **Mustafa Kemal University Journal of Agricultural Sciences**, 24: 308-316.

- Dursun, A., Güler, Z., 2021. Internal or external standard techniques for quantification of free fatty acids (FFAs) in raw milk and kefir samples. **Scientific Study & Research, Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry**, 22(2): 125-139
- Dursun, A., Güler, Z., 2023. Elution condition for effective separation on an aged sulfonated polystyrene-divinylbenzene (SPD) column of organic acids from meat. **Food Analytical Method**, 10.1007/s12161-023-02448-x
- Elhadeif, K., Smaoui, S., Hlima, H.B., Ennouri, K., Fourati, M., Mtibaa, A.C., Ennouri, M., Mellouli, L., 2020. Effects of *Ephedra alata* extract on the quality of minced beef meat during refrigerated storage: A chemometric approach. **Meat Science**, 170: 108246.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V., 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. **Food Research International**, 64: 171-181.
- Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., Suman, S.P., 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, 86: 86-94.
- Flores, M., Toldra, F., 2011. Microbial enzymatic activities for improved fermented meats. **Trends in Food Science and Technology**, 22: 81-90.
- Fonseca, S., Cachaldora, A., Gomez, M., Franco, I., Carballo, J., 2013. Effect of different autochthonous starter cultures on the volatile compounds profile and sensory properties of Galician chorizo, a traditional Spanish dry fermented sausage. **Food Control**, 33: 6-14.
- Fushimi, T., Tayama, K., Fukaya, M., Kitakoshi, K., Nakai, N., Tsukamoto, Y., Sato, Y., 2001. Acetic acid feeding enhances glycogen repletion in liver and skeletal muscle of rats. **The Journal of Nutrition**, 131: 1973-1977.
- Gan, X., Li, H., Wang, Z., Emara, A.M., Zhang, D., He, Z., 2019. Does protein oxidation affect proteolysis in low sodium Chinese traditional bacon processing? **Meat Science**, 150: 14-22
- Gao, X., Li, X., Li, Z., Du, M., Zhang, D., 2017. Dephosphorylation of myosin regulatory light chain modulates actin-myosin interaction adverse to meat tenderness. **International Journal of Food Science and Technology**, 52: 1400-1407.
- Gardner, K., Legado, J.F., 2018. Volatile flavor compounds vary by beef product type and degree of doneness. **Journal of Animal Science**, 96: 4238-4250.
- Gheisari, H.R., Ranjbar, V.R., 2012. Antioxidative and antimicrobial effects of garlic in ground camel meat. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, 36: 13-20.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2011. **Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu**. Atatürk Üniversitesi, Yayın No:751. Ziraat Fakültesi Yayın No: 318. Ders Kitapları Serisi No: 69. Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 2012. **Et Ürünleri İşleme Mühendisliği**. Atatürk Üniversitesi, Yayın No:786. Ziraat Fakültesi Yayın No: 320. Ders Kitapları Serisi No: 70. Erzurum.
- Guerrero, A., Ferrero, S., Barahona, M., Boito, B., Lisbinski, E., Maggi, F., Sanudo, C., 2020. Effects of active edible coating based on thyme and garlic essential oils on

- lamb meat shelf life after long-term frozen storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 100: 656-664.
- Güler, Z., Uraz, T., 2003. Proteolytic and lipolytic composition of Tulum cheeses. **Milchwissenschaft**, 58: 502-505.
- Han, H., Li, M., Liu, Y., Yu, H., Cao, X., Zhao, H., Wang, B., Yue, X., Zheng, Y., 2022. Non-volatile metabolite changes in low-temperature sausage stored at room temperature. **Food Packaging and Shelf Life**, 31: 100805.
- Hierro, E., de La Hoz, L., Ordonez, J.A., 1997. Contribution of microbial and meat endogenous enzymes to the lypolysis of dry fermented sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45: 2989-2995.
- Huang, H. G., Larsen, M. R., Karlsson, A. H., Pomponio, L., Costa, L. N., Lametsch, R., 2011. Gel-based phosphoproteomics analysis of sarcoplasmic proteins in postmortem porcine muscle with pH decline rate and time differences. **Proteomics**, 11: 4063–4076.
- Huang, H., Larsen, M. R., Lametsch, R. 2012. Changes in phosphorylation of myofibrillar proteins during postmortem development of porcine muscle. **Food Chemistry**, 134: 1999-2006.
- Hughes, M.C., Kerry, J.P., Arendt, E.K., Kenneally, P.M., McSweeney, P.L.H., O'Neill, E.E., 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. **Meat Science**, 62: 205-216.
- Hussain, Z., Li, X., Ijaz, M., Xiao, X., Hou, C., Zheng, X., Ren, C., Zhang, D., 2020. Effect of Chinese cinnamon powder on the quality and storage properties of ground lamb meat during refrigerated storage. **Food Science of Animal Resources**, 40: 311-322.
- Hussain, Z., Li, X., Zhang, D., Hou, C., Ijaz, M., Bai, Y., Xiao, X., Zheng, X., 2021. Influence of adding cinnamon bark oil on meat quality of ground lamb during storage at 4°C. **Meat Science**, 171: 108269.
- Iacumin, L., Osualdini, M., Bovolenta, S., Boscolo, D., Chiesa, L., Panseri, S., Comi, G., 2020. Microbial, chemico-physical and volatile aromatic compounds characterization of *Pitina* PGI, a peculiar sausage-like product of North East Italy. **Meat Science**, 163: 108081.
- Ijaz, M., Li, X., Zhang, D., Bai, Y., Hou, C., Hussain, Z., Zheng, X., Huang, C., 2022a. Sarcoplasmic and myofibrillar phosphoproteins profile of beef *M.longissimus thoracis* with different pHu at different days postmortem. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 102: 2464-2471.
- Ikonic, P., Jokanovic, M., Petrovic, L., Tasic, T., Skaljic, S., Sojic, B., Dzinic, N., Tomovic, V., Tomic, J., Danilovic, B., Ikonic, B., 2016. Effect of starter culture addition and processing method on proteolysis and texture profile of traditional dry-fermented sausage *Petrovska klobasa*. **International Journal of Food Properties**, 19: 1924-1937.
- Ilıkkın, H., Ercoşkun, H., Vural, H., Şahin, E., 2009. The effect of addition hazelnut oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk). **Journal of Muscle Foods**, 20: 117-127.
- ISO, 1996. ISO 13730: **Meat and meat product-Determination of total phosphorus content-Spectrometric method**, Geneva.

- Izco, J.M., Irigoyen, A., Torre, P., Barcina, Y., 2000. Effect of the activity levels of the added proteolytic enzyme mixture on free amino acids in ripening Ossau-Iraty cheese. **Journal of Chromatography A**, 881: 69-79.
- Johansson, G, Berdague, J-L., Larsson, M., Tran, N., Borch, E., 1994. Lipolysis, proteolysis and formation of volatile components during ripening of a fermented sausage with *Pediococcus pentosaceus* and *Staphylococcus xylosus* as starter cultures. **Meat Science**, 38: 203-218.
- Kaban, G., Kaya, M., 2009. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the quality characteristics of dry fermented sausage “Sucuk”. **Journal of Food Science**, 74: 58-63.
- Kaban, G., Sallan, S., Çınar Topçu, K., Sayın Börekçi, B., Kaya, M., 2022. Assessment of technological attributes of autochthonous starter cultures in Turkish dry fermented sausage (sucuk). **International Journal of Food Science and Technology**, 57: 4392-4399.
- Kara, K., Özkaya, S., Erbaş, S., Baytok, E., 2018. Effect of dietary formic acid on the in vitro ruminal fermentation parameters of barley-based concentrated mix feed of beef cattle. **Journal of Applied Animal Research**, 46: 178-183.
- Karakaya, M., Sarıcoban, C., Yılmaz, M.T., 2005. The effect of mutton, goat, beef and rabbit-meat species and state of rigor on some technological parameters. **Journal of Muscle Food**, 17: 56-64.
- Kaur, L., Hui, S.X., Morton, J.D., Kaur, R., Chian, F.M., Boland, M., 2021. Endogenous proteolytic systems and meat tenderness: Influence of post-mortem storage and processing. **Food Science of Animal Resources**, 41: 589-607.
- Kılıç, B., Özer, C.O., 2017. Effects of replacement of beef fat with interesterified palm kernel oil on the quality characteristics of Turkish dry-fermented sausage. **Meat Science**, 131: 18-24.
- Kim, Y.J., Park, S.Y., Lee, H.C., Yoo, S.S., Oh, S.J., Kim, H.S., Chin, K.B., 2014. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics. **Korean Journal of Food Science of Animal Resources**, 34: 346-354.
- Korkmaz Mutlu, E., 2022. Soğukta muhafaza edilen sığır, tavuk ve hindi etlerinin raf ömrü ve kalitesi üzerine sarımsak (*Allium sativum*) ve soğanın (*Allium cepa*) etkisi. **Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya**
- Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D., Mottram, D.S., 2008a. Water-soluble precursors of beef flavor. Part II: Effect of diet and breed. **Meat Science**, 79: 124-130.
- Koutsidis, G., Elmore, J.S., Oruna-Concha, M.J., Campo, M.M., Wood, J.D., Mottram, D.S., 2008b. Water-soluble precursors of beef flavor. Part II: Effect of post-mortem conditioning. **Meat Science**, 79: 270-277.
- Kurt, Ş., Küçümköner, E., Zorba, Ö., 2005. Kesim sonrası sığır etinde meydana gelen biyokimyasal değişimler. **GIDA**, 30: 203-208.
- Laemmli, U.K., Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. **Nature**, 227: 680-685.

- Lawrie, R.A., Ledward, D.A., 2006. **Lawrie's Meat Science**. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Li, C.B., Li, J., Zhou, G.H., Lametsch, R., Ertbjerg, P., Brüggemann, D.A., Huang, H.G. Karlsson, A.H., Hviid, M., Lundström, K., 2012. Electrical stimulation affects metabolic enzyme phosphorylation, protease activation, and meat tenderization in beef. **Journal of Animal Science**, 90: 1638-1649.
- Li, C.B., Zhou, G.H., Xu, X.L., Lundström, K., Karlsson, A., Lametsch, R., 2015a. Phosphoproteome analysis of sarcoplasmic and myofibrillar proteins in bovine longissimus muscle in response to postmortem electrical stimulation. **Food Chemistry**, 175, 197–202.
- Li, X., Fang, T., Zong, M., Shi, X., Xu, X., Dai, C., Li, C., Zhou, G., 2015b. Phosphoproteome changes of myofibrillar proteins at early post-mortem time in relation to pork quality as affected by season. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 63: 10287-10294.
- Li, Z., Li, X., Gao, X., Shen, Q. W., Du, M., Zhang, D. 2017a. Phosphorylation prevents in vitro myofibrillar proteins degradation by μ -calpain. **Food Chemistry**, 218: 455-462.
- Li, M., Li, X., Xin, J., Li, Z., Li, G., Zhang, Y., Du, M., Shen, Q. W., Zhang, D. 2017b. Effects of protein phosphorylation on color stability of ground meat. **Food Chemistry**, 219: 304-310.
- Li, X, Chen, L., He, F., Li, M., Shen, Q., Zhang, D., 2017c. A comparative analysis of phosphoproteome in ovine muscle at early postmortem in relationship to tenderness. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, 97: 4571-4579.
- Li, Z., Li, M., Du, M., Shen, Q.W., Zhang, D., 2018a. Dephosphorylation enhances postmortem degradation of myofibrillar proteins. **Food Chemistry**, 245: 233-239.
- Li, X., Xia, A., Chen, L., Du, M., Chen, L., Kang, N., Zhang, D., 2018b. Effects of lairage after transport on post mortem muscle glycolysis, protein phosphorylation and lamb meat quality. **Journal of Integrative Agriculture**, 17: 2336-2344.
- Li, Z., Li, M., Li, X., Xin, J., Wang, Y., Shen, Q.W., Zhang, D., 2018c. Quantitative phosphoproteomic analysis among muscles of different color stability using tandem mass tag labeling. **Food Chemistry**, 249: 8-15.
- Li, M., Li, Z., Li, X., Xin, J., Wang, Y., Li, G., Wu, L., Shen, Q.W., Zhang, D., 2018d. Comparative profiling of sarcoplasmic phosphoproteins in ovine muscle with different color stability. **Food Chemistry**, 240: 104-111.
- Li, Y., Cao, Z., Yu, Z., Zhu, Y., Zhao, K., 2023. Effect of inoculating mixed starter cultures of *Lactobacillus* and *Staphylococcus* on bacterial communities and volatile flavor in fermented sausages. **Food Science and Human Wellness**, 12: 200-211.
- Liaros et al., 2009. Effect of the ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages. **Meat Science**, 83: 589-598.
- Liu, F., Xu, Q., Dai, R., Ni, Y., 2015. Effects of natural antioxidants on colour stability, lipid oxidation and metmyoglobin reducing activity in raw beef patties. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, 14: 37-44.

- Liu, M., Wei, Y., Li, X., Quek, S.Y., Zhao, J., Zhong, H., Zhang, D., Liu, Y., 2018. Quantitative phosphoproteomic analysis of caprine muscle with high and low meat quality. **Meat Science**, 141: 103-111.
- Lorenzo, J.M., Franco, D., 2012. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage: Lipolysis, proteolysis and sensorial properties. **Meat Science**, 92: 704-714.
- Lorenzo, J.M., Bedia, M., Banon, S., 2013. Relationship between flavour deterioration and the volatile compound profile of semi-ripened sausage. **Meat Science**, 93: 614-620.
- Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with Folin Phenol Reagent. **The Journal of Biological Chemistry**, 193: 265-275.
- Luan, X., Feng, M., Sun, J., 2021. Effect of *Lactobacillus plantarum* on antioxidant activity in fermented sausage. **Food Research International**, 144: 110351.
- Marco, A., Navarro, J.L., Flores, M., 2004. Volatile compounds of dry-fermented sausages as affected by solid-phase microextraction (SPME). **Food Chemistry**, 84: 633-641.
- Mariutti, L.R.B., Orlie, V., Bragagnolo, N., Skibsted, L.H., 2008. Effect of sage and garlic on lipid oxidation in high-pressure processed chicken meat. **European Food Research and Technology**, 227: 337-344.
- Mariutti, L.R.B., Nogueira, G.C., Bragagnolo, N., 2011. Lipid and cholesterol oxidation in chicken meat are inhibited by sage but not by garlic. **Journal of Food Science**, 76: 909-915.
- Marmulla, R., Harder, J., 2014. Microbial monoterpene transformations-A review. **Frontiers in Microbiology**, 5: 346.
- Mato, A., Rodriguez-Vazquez, R., Lopez-Pedrouso, M., Bravo, S., Freanco, D., Zapata, C., 2019. The first evidence of global meat phosphoproteome changes in response to pre-slaughter stress. **BMC Genomics**, 20: 590.
- Melgar, M.J., Sanchez-Monge, J.M., Bello, J., 1990. A Study of the changes in the chemical properties of fat during ripening of dry Spanish sausage. **Journal of Food Composition and Analysis**, 3: 73-80.
- Miller, M.S., Farmani G.P., Braddock, J.M., Soto-Adames, F.N., Irving, T.C., Vigoreaux, J.O., Maughan, D.W., 2011. Regulatory light chain phosphorylation and N-terminal extension increase cross-bridge binding and power output in drosophila at in vivo myofilament lattice spacing. **Biophysical Journal**, 100: 1737-1746.
- Moemeni, F., Yazdanpanah, S., 2020. Oxidative stability, color, and physicochemical and sensorial properties of raw stacked and ground meat treated with shahpouri orange juice. **Journal of Food Quality**, 2020: 8886527
- Montanari, C., Bargossi, E., Gardini, A., Lanciotti, R., Magnani, R., Gardini, F., Tabanelli, F., 2016. Correlation between volatile profiles of Italian fermented sausages and their size and starter culture. **Food Chemistry**, 192: 736-744.
- Muroya, S., Ohnishi-Kameyama, M., Oe, M., Nakajima, I., Shibata, M., Chikuni, K., 2007. Double phosphorylation of myosin regulatory light chain during rigor mortis of bovine longissimus muscle. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 55: 3998-4004.

- Nieto, G., Jongberg, S., Andersen, M.L., Skibsted, L.H., 2013. Thiol oxidation and protein cross-link formation during chill storage of pork patties added essential oil of oregano, rosemary, or garlic. **Meat Science**, 95: 177-184.
- Nollet, L.M.L., Toldra, F., 2009. **Handbook of Muscle Foods Analysis**. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Nurwantoro, Bintoro, V.P., Legowoi, A.M., Purnomoadi, A., Setiani, B.E., 2015. Garlic antioxidant (*Allium sativum* L.) to prevent meat rancidity. **Procedia Food Science**, 3: 137-141.
- Öztan, A., 2015. **Et Bilimi ve Teknolojisi**. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası Yayınları, Kitap Serisi, Yayın No: 1, Ankara.
- Öztürk, İ., Sağdıç, O., Yetim, H., 2021. Effects of autochthonous yeast cultures on some quality characteristics of traditional Turkish fermented sausage “Sucuk”. **Food Science and Animal Resources**, 41: 196-213.
- Özyürek, F.B., Karataş, N., Tapan, M., Var, G.B., Çakır, M., Özer, C.O., 2021. The effects of light sources and packaging types on the storage stability of fresh lean and chuck beef meat during refrigerated storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2021: 45: e14525
- Paczkowski, S., Schütz, S., 2011. Post-mortem volatiles of vertebrate tissue. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 91: 917-935
- Park, S.Y., Chin, K.B., 2014. Effect of fresh garlic on lipid oxidation and microbiological changes of pork patties during refrigerated storage. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, 34: 638-646.
- Pearson, A.M., Young, R.B., 1989. **Muscle and Meat Biochemistry**. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Puolanne, E.J., Pösö, A.R., Ruusunen, M.H., Sepponen, K.V., Kyla-Puhju, M.S., 2002. Lactic acid in muscle and its effects on meat quality. 55th Reciprocal Meat Conference, pp. 55-62.
- Rahman, M.H., Alam, M.S., Monir, M.M., Ahmed, K., 2021. Comprehensive effects of black cumin (*Nigella sativa*) and synthetic antioxidant on sensory and physicochemical quality of beef patties during refrigerant storage. **Journal of Agriculture and Food Research**, 4: 100145.
- Ren, C., Hou, C., Li, Z., Li, X., Bai, Y., Zhang, D., 2020. Effects of temperature on protein phosphorylation in postmortem muscle. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 100: 551-559.
- Ren, C., Hou, C., Zhang, D., Li, X., Xiao, X., Bai, Y., 2021. ATP regulates the phosphorylation and degradation of myofibrillar proteins in ground ovine muscle. **Journal of Integrative Agriculture**, 20: 311-318.
- Ren, C., Li, X., Bai, Y., Schroyen, M., Zhang, D., 2022. Phosphorylation and acetylation of glycolytic enzymes cooperatively regulate their activity and lamb meat quality. **Food Chemistry**, 397: 133739.
- Roca, M., Incze, K., 1990. Fermentes sausages. **Food Reviews International**, 6: 91-118.
- Sarıçoban, C., Ünal, K., 2022. Influence of pre-treated bitter orange albedo on physicochemical, textural, sensory properties of fermented sausages (sucuk). **Journal of Food Science and Technology**, 59: 1478-1486.

- Shahidi, F., Pegg, R.B., 1994. Hexanal as an indicator of the flavor deterioration of meat and meat product. **Lipids Food Flavors**, 558: 256-279.
- Shantha, N.C., Decker, E.A., 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. **Journal of AOAC International**, 77: 421-424.
- Sidira, M., Kandylis, P., Kanellaki, M., Kourkoutas, Y., 2015. Effect of immobilized *Lactobacillus casei* on the evolution of flavor compounds in probiotic dry-fermented sausages during ripening. **Meat Science**, 100: 41-51.
- Soyer, A., Ertaş, A.H., Üzümcüoğlu, Ü., 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausage (sucuks). **Meat Science**, 69: 135-141.
- Sucu, C., Yıldız Turp, G., 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. **Meat Science**, 140: 158-166.
- Sulejmani, E., Demiri, M., 2020. Volatile compounds of Macedonian fermented sausage as affected by ripening process using SPME/GC-MS. **Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly**, 26: 71-78.
- Suman, S.P., Joseph, P., 2013. Myoglobin chemistry and meat color. **Annual Review of Food Science and Technology**, 4: 79-99.
- Szczesniak, A.S., 1995. Texture profile analysis-Methodology interpretation clarified. **Journal of Food Science**, 60: viii.
- Tareq, M.H., Rahman, S.M.E., Hashem, M.A., 2018. Effect of clove powder and garlic paste on quality and safety of raw chicken meat at refrigerated storage. **World Journal of Nutrition and Food Science**, 1: 1002.
- Tekin, A., Güler, Z., 2019. Glycolysis, lipolysis and proteolysis in raw sheep milk Tulum cheese during production and ripening: Effect of ripening materials. **Food Chemistry**, 286: 160-169.
- TGK, 2012. **Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği** (2012/74). TC. Resmi Gazete, Sayı 28488, Ankara.
- TGK, 2019. **Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği** (2018/52). TC. Resmi Gazete, Sayı 30670, Ankara.
- Thelen, J., Harbinsib, J., Jansen, R., Straten, G.V., Posthumus, M.A., Woltering, E.J., Bouwmeester, H.J., 2005. The sesquiterpene α -copaene is induced in tomato leaves infected by *Botrytis cinerea*. **Journal of Plant Interaction**, 1: 163-170.
- Toldra, F., Flores, M., Aristoy, M-C., 1995. **Enzyme generation of free amino acids and its nutritional significance in processed pork meats** (G. Charalambous, Editör). In: Food Flavors: Generation, Analysis and Process Influence. Elsevier Science B.V., 1303-1322
- Toldra, F., 2010. **Handbook of meat processing**. John Wiley & Sons, Inc, USA.
- Toldra, F., 2012a. **Biochemistry of processing meat and poultry** (B. K. Simpson, Editör). In: Food Biochemistry and Food Processing. John Wiley & Sons, Inc, 2: 303-316.
- Toldra, F., 2012b. **Biochemistry of fermented meat** (B. K. Simpson, Editör). In: Food Biochemistry and Food Processing. John Wiley & Sons, Inc, 2: 331-343.

- Triki, M., Herrero, A.M., Jimenez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C., 2018. Quality assessment of fresh meat from several species based on free amino acid and biogenic amine contents during chilled storage. **Foods**, 7: 132.
- Ukhun, M.E., Izi, U., 1991. Effect of storage chemical indices of beef quality. **Food Chemistry**, 41: 55-62.
- Ünal Turhan, E., Erginkaya, Z., Selli, S., 2017. The effect of microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus* and storage period on aroma properties of Turkish dry-fermented sausage (sucuk). **Food Measure**, 11: 2131-2141.
- Wang, Z.Y., He, F., Rao, W.L., Ni, N., Shen, Q.W., Zhang, D., 2016. Proteomic analysis of goat *Longissimus dorsi* muscles with different drip loss values related to meat quality traits. **Food Science and Biotechnology**, 25: 425-431.
- Wang, Z., Zhang, C., Li, Z., Shen, Q., Zhang, D., 2017. Comparative analysis of muscle phosphoproteome induced by salt curing. **Meat Science**, 133: 19-25.
- Wang, Y., Li, X., Li, Z., Li, M., Zhu, J., Zhang, D., 2018. Changes in degradation and phosphorylation level of titin in three ovine muscle during postmortem. **International Journal of Food Science and Technology**, 53: 913-920.
- Wen, X., Zhang, D., Li, X., Ding, T., Liang, C., Zheng, X., Yang, W., Hou, C., 2022. Dynamic changes of bacteria and screening of potential spoilage markers of lamb in aerobic and vacuum packaging. **Food Microbiology**, 104: 103996.
- Wong, P.Y.Y., Kitts, D.D., 2002. The effects of herbal pre-seasoning on microbial and antioxidative changes in irradiated beef steaks. **Food Chemistry**, 76: 197-205.
- Xiang, C., Li, S., Liu, H., Liang, C., Fang, F., Zhang, D., Wang, Z., 2021. Impact of chilling rate on the evolution of volatile and non-volatile compounds in raw lamb meat during refrigeration. **Foods**, 10: 2792.
- Viallon, C., Berdague, J.L., Montel, M.C., Talon, R., Martin, J.F., Kondjoyan, N., Denoyer, C., 1996. The effects of stage of ripening and packaging on volatile content and flavour of dry sausage. **Food Research International**, 29: 667-674.
- Vierck, K.R., Legako, J.F., Kim, J.K., Johnson, B.J., Brooks, J.C., 2020. Determination of package and muscle-type influence on proteolysis, beef-flavor-contributing free amino acids, final beef flavor, and tenderness. **Meat and Muscle Biology**, 4: 26, 1-4.
- Villalobos, L.H., Delgado, L.H., Gonzalez-Mondragon, E.G., Ramirez-Andrade, J., Salazar-Govea, A.Y., Santiago-Castro, J.T., 2020. Oxidative stability in raw, cooked and frozen ground beef using Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.). **Meat Science**, 168: 108187.
- Yang, H.S., Lee, E.J., Moon, S.H., Paik, H.D., Nam, K., Ahn, D., 2011. Effect of garlic, onion, and their combination on the quality and sensory characteristics of irradiated raw ground beef. **Meat Science**, 89: 202-208.
- Yıldız Turp, G., Serdaroğlu, M., 2008. Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk-A Turkish fermented sausage. **Meat Science**, 78: 447-454.
- Yoo, S.K., Day, D.F., 2002. Bacterial metabolism of α - and β -pinene and related monoterpenes by *Pseudomonas* sp. strain PIN. **Process Biochemistry**, 37: 739-745.

- Yoo, S-A., Park, S-E., eo, S-H., Lee, H-J., Lee, K-I., son, H-S., 2016. A GC-MS based metabolic profiling of fermented sausage supplemented with pineapple. **Food Science and Biotechnology**, 25: 1657-1664.
- Yu, D., Feng, M., Sun, J., 2021. Influence of mixed starters on the degradation of proteins and the formation of peptides with antioxidant activities in dry fermented sausages. **Food Control**, 123: 107743.
- Zakrys, P.I., Hogan, S.A., O'Sullivan, M.G., Allen, P., Kerry, J.P., 2008. Effects of oxygen concentration on the sensory evaluation and quality indicators of beef muscle packed under modified atmosphere. **Meat Science**, 79: 648-655.
- Zareian, M., Tybussek, T., Silcock, P., Bremer, P., Beauchamp, J., Böhner, N., 2019. Interrelationship among myoglobin forms, lipid oxidation and protein carbonyl in minced pork packaged under modified atmosphere. **Food Packaging and Shelf Life**, 20: 100311.
- Zdolec, N., Hadziosmanovic, M., Kozacinski, L., Cvrtila, Z., Filipovic, I., Skrivanko, M., Leskovic, K., 2008. Microbial and physicochemical succession in fermented sausages produced with bacteriocinogenic culture of *Lactobacillus sakei* and semi-purified bacteriocin mesenterocin Y. **Meat Science**, 80: 480-487.
- Zhang, C., Wang, Z., Li, Z., Shen, Q., Chen, L., Gao, L., Zhang, D., 2016a. Phosphoproteomic profiling of myofibrillar and sarcoplasmic proteins of muscle in response to salting. **Food Science and Biotechnology**, 25: 993-1001.
- Zhang, X., Meng, Q., He, L., Zhao, L., Ren, L., 2016b. Effects of garlic extract on color, lipid oxidation and oxidative breakdown products in raw ground beef during refrigerated storage. **Italian Journal of Food Science**, 28: 139-147.
- Zhang, D., Li, X., Chen, L., Hou, C., Wang, Z., 2020. **Protein Phosphorylation and Meat Quality**. Springer, Singapore, USA.
- Zhang, Y., Li, X., Zhang, D., Bai, Y., Wang, X., 2021. Effects of acetylation on dissociation and phosphorylation of actomyosin in postmortem ovine muscle during incubation at 4°C *in vitro*. **Food Chemistry**, 356: 129696.
- Zhao, L., Jin, Y., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z., Xiao, S., 2011. Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. **Meat Science**, 88: 761-766.
- Zhou, H., Zhao, B., Zhang, S., Wu, Q., Zhu, N., Li, S., Pan, X., Wang, S., Qiao, X., 2021. Development of volatiles and odor-active compounds in Chinese dry sausage at different stages of process and storage. **Food Science and Human Wellness**, 10: 316-326.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar ilk, orta ve lise öğrenimini Konya’da tamamladı. 2007 yılında Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde yükseköğrenimine başladı. 2012 yılında Gıda Mühendisi unvanıyla mezun oldu ve aynı yıl Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aynı yıl Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2015 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl HMKÜ Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora öğrenimine başladı. Halen HMKÜ Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.

EKLER

EK 1. Et örneklerinin bileşimi

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Kurumadde (g/100g)	Protein (g/100g km*)	Yağ (g/100g km)	Kül (g/100g km)
0 (Kontrol)	6	29.5±2.51	59.8±4.37	30.5±2.66	2.76±0.18
	24	30.4±2.84	61.2±3.94	30.5±2.83	2.93±0.12
	48	31.3±1.98	63.2±5.70	30.9±2.97	2.72±0.52
	72	31.5±2.07	63.2±6.09	31.8±3.33	2.67±0.74
	96	32.6±2.33	61.9±5.72	29.3±3.00	2.52±0.09
	<i>P</i>	0.089	0.735	0.986	0.407
1	6	29.5±2.51	59.8±4.37	30.5±2.66	2.76±0.18
	24	31.1±2.13	60.6±5.27	30.6±3.11	2.65±0.14
	48	31.4±2.31	61.9±4.62	30.9±2.86	2.44±0.95
	72	31.3±2.01	60.7±5.95	30.4±3.61	2.73±0.34
	96	32.2±2.35	61.0±7.29	30.8±3.11	2.57±0.09
	<i>P</i>	0.089	0.971	1.000	0.717
2	6	29.5±2.51	59.8±4.37	30.5±2.66	2.76±0.18
	24	31.0±2.23	62.1±6.80	32.7±3.14	2.68±0.30
	48	32.0±2.84	61.0±7.86	31.1±3.23	2.66±0.42
	72	31.9±2.36	61.1±7.48	33.0±3.35	2.73±0.40
	96	31.8±1.79	61.6±5.10	29.9±2.61	2.55±0.14
	<i>P</i>	0.079	0.972	0.935	0.689

*km: Kurumadde

EK 2. Et örneklerinde titrasyon asitliği ve pH değeri

Sarımsak (%)	Süre (saat)	pH değeri	Titrasyon asitliği [§]
0 (Kontrol)	6	6.13±0.09a	0.63±0.06c
	24	5.58±0.08bc,Y	0.97±0.11ab
	48	5.48±0.07c,Z	1.06±0.10a,X
	72	5.56±0.11bc	1.00±0.10ab,X
	96	5.65±0.14b	0.90±0.05b
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
1	6	6.13±0.09a	0.63±0.06b
	24	5.65±0.09b,XY	0.93±0.11a
	48	5.56±0.03c,Y	0.96±0.08a,XY
	72	5.59±0.07bc	0.90±0.06a,Y
	96	5.62±0.10bc	0.90±0.06a
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
2	6	6.13±0.09a	0.63±0.06b
	24	5.73±0.05b,X	0.88±0.08a
	48	5.62±0.02c,X	0.92±0.08a,Y
	72	5.63±0.04c	0.89±0.04a,Y
	96	5.62±0.07c	0.91±0.03a
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>

[§]Titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (g/100g); a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelere ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 3. Et proteinlerinde fosfor miktarı ve fosforilasyon düzeyi

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fosfor miktarı [†]		Fosforilasyon düzeyi [‡]	
		Myofibriler	Sarkoplazmik	Myofibriler	Sarkoplazmik
0 (Kontrol)	6	684±88.4b	252±19.9a	0.79±0.01	2.41±0.26a
	24	869±69.4a	233±2.04ab,X	0.98±0.19	1.52±0.16b
	48	750±90.8ab	229±6.74b,X	0.87±0.22	1.58±0.06b,X
	72	724±161ab	221±11.1b	0.80±0.17	1.44±0.05b
	96	696±115b	226±9.73b	0.69±0.14	1.30±0.09b
	<i>P</i>	<i>0.007</i>	<i>0.001</i>	<i>0.338</i>	<i>0.000</i>
1	6	684±88.4c	252±19.9a	0.79±0.01	2.41±0.26a
	24	863±128a	223±6.53b,Y	0.88±0.20	1.47±0.25b
	48	814±144ab	221±12.4b,XY	0.81±0.15	1.37±0.20b,XY
	72	727±126bc	220±9.79b	0.74±0.18	1.29±0.26b
	96	657±135c	213±16.6b	0.70±0.15	1.33±0.24b
	<i>P</i>	<i>0.005</i>	<i>0.001</i>	<i>0.652</i>	<i>0.002</i>
2	6	684±88.4b	252±19.9a	0.79±0.01	2.41±0.26a
	24	812±119a	221±12.5b,Y	0.87±0.19	1.50±0.12b
	48	772±132ab	216±5.05b,Y	0.86±0.14	1.28±0.17b,Y
	72	733±120ab	218±13.8b	0.71±0.12	1.20±0.26b
	96	645±183ab	210±6.44b	0.68±0.13	1.17±0.36b
	<i>P</i>	<i>0.044</i>	<i>0.000</i>	<i>0.328</i>	<i>0.001</i>

[†]Et proteinlerinde spektrofotometrik olarak belirlenen toplam fosfor miktarı (mg/kg protein). [‡]Fosforilasyon düzeyin (P/S): İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 4. Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyi^ü

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
0 (Kontrol)	6	1.41±0.46	0.24±0.09	1.43±0.60	3.13±0.55	0.91±0.08ab	0.79±0.16	0.09±0.02
	24	1.36±0.09	0.24±0.09	1.39±0.45	3.31±1.35	1.08±0.06a,X	0.92±0.17	0.11±0.02
	48	1.31±0.05	0.22±0.08	1.02±0.44	3.05±1.02	1.09±0.05a,X	0.88±0.40	0.10±0.02
	72	1.06±0.14	0.24±0.06	0.89±0.33	2.60±0.46	0.89±0.27ab,X	0.79±0.28	0.10±0.02
	96	0.97±0.13	0.21±0.06	0.76±0.25	2.75±0.81	0.75±0.07b,X	0.77±0.25	0.10±0.02
	<i>P</i>	<i>0.138</i>	<i>0.977</i>	<i>0.278</i>	<i>0.864</i>	<i>0.048</i>	<i>0.942</i>	<i>0.750</i>
1	6	1.41±0.46	0.24±0.09	1.43±0.60	3.13±0.55	0.91±0.08a	0.79±0.16	0.09±0.02
	24	1.40±0.20	0.25±0.09	0.96±0.33	3.09±1.29	0.75±0.14ab,Y	0.90±0.38	0.11±0.02
	48	1.15±0.18	0.19±0.04	0.92±0.30	2.87±0.70	0.71±0.13ab,Y	0.81±0.28	0.11±0.03
	72	1.07±0.11	0.18±0.05	0.81±0.22	2.74±0.45	0.58±0.15b,XY	0.80±0.31	0.11±0.03
	96	1.07±0.10	0.21±0.03	0.76±0.22	2.57±0.32	0.65±0.03b,XY	0.73±0.20	0.11±0.02
	<i>P</i>	<i>0.281</i>	<i>0.558</i>	<i>0.240</i>	<i>0.870</i>	<i>0.045</i>	<i>0.954</i>	<i>0.850</i>
2	6	1.41±0.46	0.24±0.09	1.43±0.60	3.13±0.55	0.91±0.08a	0.79±0.16	0.09±0.02
	24	1.42±0.23	0.20±0.03	0.84±0.23	3.35±0.82	0.60±0.09bc,Y	0.88±0.32	0.11±0.03
	48	1.32±0.33	0.21±0.01	0.96±0.40	3.46±0.62	0.70±0.08b,Y	0.89±0.19	0.11±0.03
	72	1.22±0.25	0.21±0.03	0.79±0.25	2.92±0.43	0.51±0.06c,Y	0.70±0.26	0.11±0.02
	96	1.04±0.09	0.21±0.04	0.70±0.23	2.65±0.10	0.52±0.10c,Y	0.75±0.29	0.11±0.02
	<i>P</i>	<i>0.524</i>	<i>0.887</i>	<i>0.199</i>	<i>0.436</i>	<i>0.001</i>	<i>0.861</i>	<i>0.571</i>

^ü P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 4. (Devamı) Myofibriler proteinlerin fosforilasyon düzeyi^ü

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Band8	Band9	Band10	Band11	Band12	Band13	Band14
0 (Kontrol)	6	2.23±0.20	1.26±0.22a	7.32±2.63	2.03±0.05b	3.57±0.59b	1.24±0.13b	1.51±0.05
	24	2.39±0.73	1.16±0.04ab	10.3±3.44	3.20±0.42a	4.45±0.42a	2.37±0.80a	3.31±1.05
	48	2.26±0.71	1.01±0.03bc	8.43±3.76	3.29±0.55a	3.71±0.56ab	2.49±0.90a	2.70±1.07
	72	1.70±0.20	0.92±0.04cd	7.68±3.33	2.99±0.60a	3.13±0.25bc	2.10±0.68a	2.63±1.24
	96	1.70±0.36	0.74±0.04d	6.13±1.89	2.50±0.25ab	2.46±0.33c	1.78±0.39ab	2.26±0.83
	<i>P</i>	0.323	0.001	0.145	0.021	0.004	0.006	0.283
1	6	2.23±0.20	1.26±0.22a	7.32±2.63	2.03±0.05b	3.57±0.59b	1.24±0.13b	1.51±0.05
	24	2.74±0.37	0.99±0.01b	9.34±2.39	3.31±0.72a	4.23±0.36a	2.02±0.50a	2.84±1.51
	48	2.52±0.46	0.96±0.10b	8.82±3.29	3.08±0.68a	3.09±0.3bc	1.71±0.46ab	2.81±1.50
	72	2.33±0.62	0.86±0.03bc	6.82±1.36	2.81±0.49ab	3.06±0.27bc	1.61±0.58ab	2.52±1.32
	96	2.11±0.59	0.75±0.04c	7.08±1.70	2.47±0.32ab	2.72±0.05c	1.53±0.52ab	2.22±1.13
	<i>P</i>	0.533	0.002	0.147	0.047	0.004	0.047	0.673
2	6	2.23±0.20	1.26±0.22a	7.32±2.63ab	2.03±0.05bc	3.57±0.59a	1.24±0.13	1.51±0.05
	24	2.96±0.34	1.13±0.14a	8.55±1.37a	3.01±0.12a	3.95±0.09a	2.10±0.83	2.83±1.36
	48	2.35±0.42	1.06±0.11a	7.48±1.48ab	2.51±0.47ab	3.80±0.05a	2.06±0.69	2.54±1.10
	72	2.19±0.57	0.81±0.12b	6.10±1.59bc	2.27±0.31bc	2.86±0.11b	1.78±0.64	2.19±0.91
	96	2.12±0.56	0.70±0.01b	4.49±0.64c	1.93±0.29c	2.72±0.22b	1.69±0.57	2.21±0.91
	<i>P</i>	0.205	0.003	0.010	0.007	0.001	0.080	0.563

^ü P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 5. Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi[¶]

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band6	Band7
0	6	6.39±3.01	1.43±0.32	2.24±0.11a	2.26±0.71	4.89±3.46	11.6±1.38a	6.05±0.74a
	24	9.37±3.14	1.40±0.60	0.74±0.08b,Y	1.74±1.17	3.88±1.27	7.58±1.70b	2.98±1.05b
	48	8.71±1.56X	1.40±0.54	0.86±0.31b	1.40±0.71	4.30±2.52	4.54±0.78c,Y	3.62±0.16bX
	72	8.94±0.86X	1.52±0.58	0.78±0.44b	1.16±0.55	3.66±1.86	4.02±0.32c	3.24±0.16b
	96	8.04±0.53X	1.93±0.86	0.92±0.44b	1.09±0.70	2.68±1.05	3.28±0.18c	3.07±0.23b
	<i>P</i>	<i>0.089</i>	<i>0.791</i>	<i>0.001</i>	<i>0.052</i>	<i>0.797</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
1	6	6.39±3.01a	1.43±0.32bc	2.24±0.11a	2.26±0.71a	4.89±3.46	11.6±1.38a	6.05±0.74a
	24	6.34±0.53a	2.26±0.60a	1.00±0.03b,Y	1.40±0.94ab	4.81±2.18	7.36±1.51b	2.99±0.69b
	48	5.20±0.57ab,Y	1.89±0.53ab	1.12±0.24b	0.97±0.65b	4.23±1.96	5.60±0.10bc,XY	3.23±0.58b,XY
	72	4.62±1.11ab,Y	1.36±0.33bc	0.86±0.27b	1.01±0.77b	3.67±1.24	4.98±1.03c	2.89±1.06b
	96	4.20±1.48b,Y	0.77±0.09c	0.78±0.28b	1.10±0.79ab	3.13±0.63	3.78±0.42c	2.66±0.73b
	<i>P</i>	<i>0.047</i>	<i>0.012</i>	<i>0.000</i>	<i>0.019</i>	<i>0.817</i>	<i>0.000</i>	<i>0.002</i>
2	6	6.39±3.01ab	1.43±0.32c	2.24±0.11a	2.26±0.71a	4.89±3.46	11.6±1.38a	6.05±0.74a
	24	7.74±1.50a	2.29±0.33a	1.87±0.38ab,X	1.62±1.14ab	3.76±1.32	8.55±0.29b	3.16±0.35b
	48	4.86±0.63bc,Y	1.91±0.10ab	1.03±0.11bc	1.12±0.83b	3.46±1.04	6.03±0.07c,X	2.56±0.30b,Y
	72	3.69±0.71c,Y	1.73±0.17bc	0.90±0.21c	0.89±0.57b	4.48±2.39	5.30±1.19cd	2.38±1.10b
	96	3.77±0.63c,Y	0.93±0.17d	1.05±0.56bc	0.89±0.60b	3.75±1.01	3.79±0.78d	2.16±0.89b
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.001</i>	<i>0.011</i>	<i>0.905</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>

[¶] P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 5. (Devamı) Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi^ü

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Band8	Band9	Band10	Band11	Band12	Band13	Band14
0 (Kontrol)	6	7.09±0.81a	1.77±0.45	3.65±0.17	0.78±0.28	1.58±0.02a	1.22±0.07a	1.88±0.20
	24	3.94±1.89b	1.27±0.57	4.19±2.65	0.38±0.05	0.66±0.08c	0.62±0.16ab,Y	1.13±0.20
	48	4.06±0.48b	1.53±0.20	4.32±2.91	0.56±0.26	0.88±0.07b	0.90±0.35ab	1.69±0.02
	72	3.11±0.17b	1.47±0.44	3.93±2.76	0.50±0.15	0.83±0.04b	0.96±0.24ab	1.58±0.08
	96	3.07±0.72b	1.32±0.30	2.56±1.66	0.51±0.12	0.87±0.17b	0.83±0.05b	1.69±0.70
	<i>P</i>	<i>0.003</i>	<i>0.620</i>	<i>0.880</i>	<i>0.204</i>	<i>0.000</i>	<i>0.044</i>	<i>0.161</i>
1	6	7.09±0.81a	1.77±0.45	3.65±0.17	0.78±0.28	1.58±0.02a	1.22±0.07a	1.88±0.20
	24	3.78±1.56ab	1.44±0.48	3.99±2.61	0.51±0.12	0.60±0.28b	1.15±0.13a,X	1.13±0.64
	48	3.48±0.87b	1.24±0.34	3.17±1.85	0.45±0.08	0.80±0.17b	1.20±0.12a	1.23±0.71
	72	3.33±1.54b	1.12±0.39	2.45±1.23	0.42±0.08	0.76±0.23b	0.92±0.07b	1.42±0.70
	96	3.18±1.44b	1.23±0.44	2.96±1.82	0.43±0.02	0.89±0.03b	1.12±0.08a	1.59±0.71
	<i>P</i>	<i>0.019</i>	<i>0.406</i>	<i>0.833</i>	<i>0.055</i>	<i>0.000</i>	<i>0.020</i>	<i>0.615</i>
2	6	7.09±0.81a	1.77±0.45	3.65±0.17	0.78±0.28a	1.58±0.02a	1.22±0.07	1.88±0.20
	24	3.27±0.80b	1.24±0.36	3.11±1.94	0.45±0.08b	0.61±0.06c	1.26±0.09X	1.10±0.22
	48	3.08±0.89b	1.19±0.37	3.35±2.27	0.27±0.03b	0.66±0.10c	1.15±0.42	1.32±0.31
	72	3.00±1.52b	1.08±0.51	2.96±1.87	0.40±0.04b	0.85±0.19bc	0.94±0.27	1.50±0.46
	96	2.62±1.30b	1.05±0.56	1.70±0.74	0.38±0.08b	1.02±0.27b	0.89±0.29	2.05±1.05
	<i>P</i>	<i>0.003</i>	<i>0.349</i>	<i>0.640</i>	<i>0.008</i>	<i>0.000</i>	<i>0.361</i>	<i>0.265</i>

^ü P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 5. (Devamı) Sarkoplazmik proteinlerin fosforilasyon düzeyi^ü

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Band15	Band16	Band17	Band18	Band19	Band20
0 (Kontrol)	6	0.32±0.08	1.16±0.17a	1.54±0.34a	8.99±0.47a	3.05±0.82a	0.60±0.03c
	24	0.32±0.11	1.49±0.25ab,X	1.19±0.16ab,Y	8.28±0.23ab,X	2.55±0.09ab	0.71±0.02bc
	48	0.44±0.12	1.01±0.18b,X	0.81±0.20b,Y	6.88±1.85ab,X	2.03±0.09bc,X	0.81±0.13abc
	72	0.26±0.02	0.82±0.02bc,X	1.06±0.12ab	5.93±1.80b,X	1.85±0.2bc,X	1.02±0.09ab
	96	0.28±0.02	0.64±0.20c,X	1.18±0.03ab	5.52±2.02b,X	1.57±0.13c,X	0.88±0.51a
	<i>P</i>	<i>0.126</i>	<i>0.002</i>	<i>0.014</i>	<i>0.041</i>	<i>0.013</i>	<i>0.025</i>
1	6	0.32±0.08	1.16±0.17a	1.54±0.34	8.99±0.47a	3.05±0.82a	0.60±0.03d
	24	0.29±0.06	1.02±0.12a,XY	1.18±0.04Y	5.95±0.30b,Y	2.34±0.26ab	0.70±0.19cd
	48	0.38±0.09	0.79±0.02b,XY	1.00±0.35XY	5.37±0.29c,Y	1.75±0.09b,Y	0.95±0.00bc
	72	0.29±0.02	0.55±0.07c,Y	1.23±0.33	4.48±0.19d,Y	1.64±0.04b,XY	0.99±0.09c
	96	0.44±0.08	0.45±0.15c,Y	1.06±0.21	4.20±0.06d,XY	1.59±0.13b,X	1.39±0.23a
	<i>P</i>	<i>0.090</i>	<i>0.000</i>	<i>0.227</i>	<i>0.000</i>	<i>0.010</i>	<i>0.000</i>
2	6	0.32±0.08	1.16±0.17a	1.54±0.34	8.99±0.47a	3.05±0.82a	0.60±0.03b
	24	0.30±0.06	0.87±0.32ab,Y	1.84±0.23X	5.94±0.15b,Y	2.19±0.49ab	1.03±0.23a
	48	0.34±0.04	0.58±0.14bc,Y	1.44±0.11X	4.89±0.16c,Z	1.80±0.15bc,Y	0.94±0.17a
	72	0.31±0.09	0.36±0.12c,Z	1.17±0.28	3.41±0.30d,Z	1.53±0.19bc,Y	0.91±0.15a
	96	0.27±0.09	0.26±0.16c,Z	1.10±0.53	2.88±0.92d,Y	1.12±0.01c,Y	1.18±0.05a
	<i>P</i>	<i>0.822</i>	<i>0.001</i>	<i>0.106</i>	<i>0.000</i>	<i>0.007</i>	<i>0.008</i>

^ü P/S oranı: İlk olarak Pro-Q Diamond boya ile boyanan SDS-PAGE jelinden elde edilen toplam bant yoğunluğunun, SUPRO-Ruby ile boyama sonunda belirlenen toplam bant yoğunluğuna oranı. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem süreler için ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 6. Et örneklerinde glukoz ve organik asit miktarları

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Organik asitler (mg/kg)							Glukoz (mg/kg)
		Laktik	Asetik	Süksinik	Formik	Sitrik	Pürivik	Toplam	
0 (Kontrol)	6	3905±277c	1097±21.8a	790±4.73b	71.7±28.5b	15.6±0.49b	18.3±0.58b	5898±272c	1750±96.5c
	24	5894±53.0b,X	1083±45.7ab,Y	948±52.1ab,Y	337±35.5a,X	24.3±5.86b,Z	26.0±5.20ab,Y	8313±92.4b	1828±70.3bc,Y
	48	6161±47.5ab,X	1017±263ab,Y	1081±167a,Y	340±41.6a,X	29.7±7.77ab,Z	27.0±1.30ab,Y	8655±468ab	1948±45.8abc
	72	6409±115a,X	912±115ab	1105±40.5a,Z	299±36.5a,X	41.7±14.5ab,Y	24.7±2.08ab,Y	8793±264a	2066±124a
	96	6170±140ab,X	779±288b	1104±203a	362±48.5a,X	76.0±36.35a	34.3±7.09a	8525±355ab	1992±82.5ab
	P	0.000	0.030	0.039	0.000	0.017	0.047	0.000	0.009
1	6	3905±277c	1097±24.4ab	790±4.73d	71.7±28.5b	15.6±0.49c	18.3±0.58c	5898±272b	1750±96.5bc
	24	5648±227b,XY	1532±181a,X	1015±64.0c,XY	286±36.4a,XY	46.7±4.51bc,Y	25.7±4.16bc,Y	8553±384a	1921±73.1ab,XY
	48	6018±312ab,Y	1332±195ab,XY	1138±29.1b,XY	297±53.0a,XY	70.3±15.1ab,X	32.3±5.51ab,X	8889±481a	2026±63.8ab
	72	6109±30.9a,Y	1141±86.0bc	1188±20.5ab,Y	267±33.5a,XY	87.3±8.50ab,X	33.3±7.64ab,XY	8827±70.1a	2070±145a
	96	5969±213ab,XY	1024±132c	1202±6.43a	286±70.5a,XY	90.3±46.54a	36.3±5.69a	8607±227a	2064±142a
	P	0.000	0.007	0.000	0.001	0.011	0.012	0.000	0.024
2	6	3905±277c	1097±24.4b	790±4.73d	71.7±28.5b	15.6±0.49d	18.3±0.58c	5898±272d	1750±96.5b
	24	5571±84.0b,Y	1576±58.0a,X	1105±41.5c,X	263±58.0a,Y	80.0±10.0c,X	38.7±4.04ab,X	8633±63.7bc	2008±59.2ab,X
	48	5975±35.1a,Y	1493±384a,X	1205±28.1b,X	251±56.5a,Y	71.0±23.0bc,X	32.3±4.51b,X	9027±239a	2050±159ab
	72	6037±26.5a,Y	1134±94.1b	1265±12.3a,X	227±30.0a,Y	106±20.5ab,X	42.0±1.00a,X	8810±79.4ab	2122±141a
	96	5668±61.3b,Y	1019±146b	1280±6.43a	266±56.0a,Y	112±11.5a	39.0±2.05ab	8385±130c	2186±178a
	P	0.000	0.015	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.022

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 7. Et örneklerinde öjenik ve benzoik asit miktarları³

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Öjenik asit	Benzoik asit
0 (Kontrol)	6	-	3.13±1.18
	24	-	2.72±0.99
	48	-	3.39±1.60
	72	-	2.96±1.08
	96	-	3.15±0.85
	<i>P</i>		<i>0.745</i>
1	6	-	3.15±1.17
	24	2.40±1.01	3.18±1.21
	48	2.71±1.21Y	2.41±1.02
	72	2.24±0.69Y	3.16±1.50
	96	2.53±0.59Y	3.53±0.80
	<i>P</i>	<i>0.840</i>	<i>0.466</i>
2	6	-	3.13±1.18
	24	1.78±0.57	3.64±1.09
	48	4.24±2.05X	3.66±0.96
	72	3.35±1.84X	3.49±1.87
	96	3.78±0.98X	4.08±1.33
	<i>P</i>	<i>0.050</i>	<i>0.421</i>

³mg/100g yağ. X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 8. Et örneklerinde proteolitik nitelikler

Sarımsak (%)	Süre (saat)	NPN*	Proteoliz İndeksi ³	Toplam ⁴ FAAs
0 (Kontrol)	6	541±113	5.59±1.09	484±4.53
	24	719±172	7.33±1.53	489±41.5
	48	732±131	7.28±0.94	501±47.9
	72	794±184	7.88±1.32	511±52.6
	96	823±123	8.36±0.55	488±29.5Y
	<i>P</i>	<i>0.232</i>	<i>0.104</i>	<i>0.745</i>
1	6	541±113	5.59±1.09b	484±4.53
	24	677±104	6.91±0.53ab	497±26.7
	48	732±104	7.36±0.69a	501±49.3
	72	760±115	7.78±0.71a	511±40.0
	96	825±101	8.41±0.78a	493±23.3Y
	<i>P</i>	<i>0.074</i>	<i>0.013</i>	<i>0.681</i>
2	6	541±113c	5.59±1.09c	484±4.53
	24	643±65bc	6.44±0.14bc	533±48.1
	48	747±95b	7.72±1.04ab	503±59.5
	72	889±45a	9.21±1.36a	523±29.7
	96	908±30a	9.27±1.01a	530±12.7X
	<i>P</i>	<i>0.001</i>	<i>0.004</i>	<i>0.144</i>

³Protein olmayan azot (NPN, Non-protein nitrogen, mg/100g kurumadde); ⁴NPN miktarının toplam azot (TN) miktarına oranı (%); ⁵FAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100g kurumadde). a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 9. Et örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonu

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Serbest amino asitler (mg/100g)						
		Arg+Thr+Ala	Gly+Gln	Phe+Trp	His	Pro	Ile+Leu	Glu
0 (Kontrol)	6	193±3.20	62.4±4.72	41.4±2.07	33.8±9.51	34.6±3.94	18.2±0.78	25.2±2.26a
	24	209±26.7	59.7±4.93	38.3±4.70	32.8±5.39	31.2±4.96	21.4±5.34	22.9±4.76ab
	48	219±29.4	60.1±4.47	39.5±6.15	34.4±4.96	32.7±5.30	22.1±4.64	20.4±4.08bc
	72	219±35.4	63.8±2.63	40.3±6.29	35.8±6.06	35.3±6.51	23.6±3.49	18.3±4.03bc
	96	213±20.0Y	62.3±2.71	36.4±5.50	34.1±6.47	32.8±6.39	22.9±2.45	16.4±3.53c
	<i>P</i>	<i>0.420</i>	<i>0.703</i>	<i>0.521</i>	<i>0.987</i>	<i>0.899</i>	<i>0.148</i>	<i>0.004</i>
1	6	193±3.20	62.4±4.72	41.4±2.07	33.8±9.51	34.6±3.94	18.2±0.78	25.2±2.26a
	24	216±20.6	59.8±3.70	37.0±4.48	34.1±5.35	34.3±4.60	21.0±4.32	22.3±2.97ab
	48	216±29.5	60.6±5.94	38.7±5.99	34.8±3.76	34.4±6.03	20.9±4.70	20.5±3.38bc
	72	220±24.7	64.6±2.94	38.8±6.69	34.9±5.40	34.1±6.03	22.7±3.51	18.3±3.73cd
	96	216±16.7Y	63.2±3.02	36.5±4.74	33.1±7.17	35.3±5.75	21.6±2.97	16.2±2.8d
	<i>P</i>	<i>0.205</i>	<i>0.650</i>	<i>0.495</i>	<i>0.997</i>	<i>0.999</i>	<i>0.304</i>	<i>0.000</i>
2	6	193±3.20b	62.4±4.72	41.4±2.07	33.8±9.51	34.6±3.94	18.2±0.78	25.2±2.26a
	24	233±28.5a	64.2±4.14	40.9±6.53	35.1±6.74	34.9±7.09	21.6±4.30	22.3±3.12ab
	48	221±32.5a	60.6±2.42	39.6±8.12	32.3±8.44	32.0±7.42	21.3±5.23	19.3±3.64bc
	72	229±18.5a	65.1±3.11	41.0±5.71	35.1±7.54	34.7±4.21	22.0±3.84	18.2±3.86c
	96	237±11.6a,X	65.2±5.57	39.2±6.04	35.6±6.41	36.0±3.90	22.2±3.18	16.9±2.46c
	<i>P</i>	<i>0.014</i>	<i>0.614</i>	<i>0.959</i>	<i>0.984</i>	<i>0.922</i>	<i>0.369</i>	<i>0.001</i>

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 9. (Devamı) Et örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonu

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Serbest amino asitler (mg/100g)						
		Lys	Asp	Ser+Asn	Cys	Tyr	Val	Met
0 (Kontrol)	6	16.2±1.68	19.7±5.60	17.3±0.54	9.06±0.83	3.73±0.67	5.64±0.32	2.94±0.13b
	24	15.0±2.70	16.2±6.12	17.8±1.92Y	9.39±0.50X	5.55±2.70	6.07±0.82	3.29±0.21ab
	48	15.8±0.66	14.8±4.86	18.5±0.92	9.19±0.90	5.82±1.94	5.87±0.72	3.38±0.15a
	72	16.0±1.45	15.1±7.36	18.9±0.76	9.28±0.94	5.85±2.13	6.30±0.75	3.67±0.05a,X
	96	15.8±2.88	12.3±5.50	18.5±1.25	8.96±0.12X	5.95±1.20Y	5.70±0.35Y	3.41±0.38a,X
	P	0.952	0.319	0.505	0.844	0.582	0.698	0.026
1	6	16.2±1.68	19.7±5.60	17.3±0.54b	9.06±0.83	3.73±0.67	5.64±0.32	2.94±0.13
	24	16.1±2.14	15.3±5.85	17.3±0.73b,Y	8.89±0.11XY	6.82±2.31	5.76±0.43	2.80±0.37
	48	17.9±1.39	13.7±4.93	18.4±1.00ab	8.61±0.51	7.58±1.73	5.98±0.60	2.78±0.38
	72	17.4±1.41	14.7±7.79	19.6±0.56a	8.81±0.66	6.95±1.80	6.42±0.65	3.31±0.28XY
	96	17.8±2.32	10.8±3.67	19.0±0.75a	8.48±0.36Y	6.94±1.09Y	5.66±0.53Y	2.80±0.30XY
	P	0.616	0.142	0.010	0.420	0.098	0.379	0.229
2	6	16.2±1.68	19.7±5.60a	17.3±0.54b	9.06±0.83	3.73±0.67b	5.64±0.32	2.94±0.13
	24	19.4±2.28	13.6±3.58b	20.4±1.29a,X	8.67±0.62Y	9.47±1.46a	6.39±0.68	2.73±0.40
	48	18.0±3.99	12.4±3.12b	20.2±1.18a	8.44±0.37	8.93±1.94a	6.05±0.87	2.72±0.61
	72	19.7±2.93	11.7±3.73b	19.6±1.27a	8.39±0.43	8.64±1.59a	6.70±0.84	2.88±0.34Y
	96	20.6±2.43	10.9±3.10b	19.9±0.84a	8.32±0.49Y	9.01±0.37a,X	6.78±0.54X	2.59±0.24Y
	P	0.388	0.005	0.030	0.190	0.002	0.293	0.801

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 10. Et örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Doymuş Serbest yağ asitleri (SFAs, mg/100g yağ)									Toplam
		C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	
0 (Kontrol)	6	9.14±3.19	2.32±0.36c	2.67±1.02	1.94±0.59	19.7±5.86	3.39±0.76	318±76.4	6.46±2.35b	348±63.6	712±100
	24	11.1±3.20	3.33±1.58bc	2.84±1.19	2.49±0.87	23.4±5.66	4.88±1.97	349±68.8	6.13±1.73b	404±61.8	807±105
	48	13.0±2.61	3.47±0.47bc	2.64±0.85	2.41±0.79	26.8±5.57	5.59±2.40	378±96.5	7.02±3.15ab	435±84.2	874±131
	72	15.4±6.14	4.64±1.82ab	2.80±1.14	2.64±1.18	29.6±7.55	6.23±3.15	403±115	8.41±2.21ab	456±89.3	929±147
	96	14.6±5.30Y	5.67±1.76a	2.96±1.18	2.45±0.80	27.1±9.12	6.21±3.00Y	384±123Y	10.5±4.75a	450±121Y	904±180
	P	0.076	0.002	0.968	0.626	0.087	0.195	0.112	0.049	0.565	0.442
1	6	9.14±3.19c	2.32±0.36c	2.67±1.02	1.94±0.59	19.7±5.86b	3.39±0.76c	318±76.4b	6.46±2.35b	348±63.6b	712±100b
	24	12.5±5.76bc	2.29±0.57bc	1.90±0.63	2.06±0.66	20.2±3.81b	4.91±2.18bc	325±94.5b	6.52±1.93b	365±80.1b	740±124b
	48	16.2±5.41abc	3.27±0.68b	2.45±0.48	2.32±0.48	26.3±5.12ab	5.98±2.26b	397±107ab	7.01±3.43b	427±91.7ab	888±144ab
	72	18.6±4.12ab	2.98±0.41b	2.46±1.06	2.36±1.07	27.8±5.96ab	6.04±1.88b	416±124ab	9.76±3.41ab	494±103ab	980±164ab
	96	20.5±3.79a,XY	5.62±0.59a	2.78±1.03	2.88±0.63	32.3±3.18a	8.26±1.52a,XY	508±82.4a,X	11.2±2.44a	561±70.4a,X	1153±108a
	P	0.025	0.000	0.477	0.266	0.001	0.002	0.023	0.018	0.050	0.040
2	6	9.14±3.19b	2.32±0.36c	2.67±1.02	1.94±0.59	19.7±5.86c	3.39±0.76c	318±76.4c	6.46±2.35b	348±63.6b	712±100c
	24	15.7±3.14ab	3.85±1.51bc	2.68±0.66	2.16±0.37	24.5±1.51bc	6.78±1.41b	371±41.6bc	7.99±1.86b	417±64.5ab	852±85.0bc
	48	21.3±9.65a	3.14±0.90bc	3.29±1.30	2.58±0.65	26.4±3.48b	8.26±3.38ab	420±84.6abc	9.77±3.19b	476±101ab	972±145ab
	72	20.6±4.51a	3.37±0.67b	3.33±1.65	2.21±1.25	26.9±5.23b	8.44±2.48ab	452±113ab	13.5±4.44a	530±93.3a	1060±151ab
	96	21.3±4.10a,X	5.86±1.03a	3.29±0.92	2.62±0.84	32.8±3.88a	10.5±2.83a,X	515±71.4a,X	14.7±2.25a	561±63.6a,X	1167±98.0a
	P	0.026	0.000	0.717	0.583	0.000	0.000	0.005	0.000	0.046	0.020

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 11. Et örneklerinde tekli doymamış serbest yağ asitleri

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Tekli doymamış serbest yağ asitleri (MUFAs, mg/100g yağ)			
		C14:1	C16:1	C18:1	Toplam
0 (Kontrol)	6	1.94±0.88	20.1±4.41c	188±26.4b	210±28.3b
	24	2.23±0.65	27.8±6.16bc	241±18.5ab	271±23.3ab
	48	2.53±0.79	32.9±8.42abc	277±29.1ab	312±31.8ab
	72	2.98±1.52	37.0±8.16ab	332±41.0a	372±44.0a
	96	3.20±1.72	43.1±9.57a	338±67.5a	385±77.5a
	<i>P</i>	0.283	0.014	0.036	0.049
1	6	1.94±0.88	20.1±4.44d	188±26.4c	210±28.3c
	24	2.31±1.15	25.4±5.79cd	242±35.6bc	269±38.1bc
	48	2.75±0.84	37.2±6.45bc	281±47.2bc	321±53.4bc
	72	2.24±0.52	35.8±7.89bc	346±55.4ab	384±56.3ab
	96	3.18±0.74	49.8±8.92a	429±35.8a	482±39.0a
	<i>P</i>	0.134	0.000	0.004	0.002
2	6	1.94±0.88	20.1±4.44c	188±26.4c	210±28.3d
	24	2.08±0.49	28.6±4.67b	262±32.8bc	293±33.3cd
	48	2.18±0.41	31.9±4.39b	299±49.7ab	333±51.1bc
	72	3.14±1.09	41.0±7.03a	354±26.5ab	398±28.5ab
	96	3.28±1.68	43.5±4.73a	398±18.2a	445±21.3a
	<i>P</i>	0.084	0.000	0.001	0.001

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 12. Et örneklerinde lipolitik nitelikler

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Toplam [†] FFAs	Peroksit değeri [‡]	TBARS [§]
0 (Kontrol)	6	922±125	1.16±0.54d	0.42±0.04b
	24	1078±109	2.60±0.52c	0.48±0.14b,Z
	48	1186±155	3.52±0.96bc	0.55±0.18b,Z
	72	1301±190	4.68±1.59b	0.71±0.19a
	96	1288±256	7.63±0.70a,Y	0.74±0.01a,Y
	<i>P</i>	<i>0.132</i>	<i>0.000</i>	<i>0.001</i>
1	6	922±125	1.16±0.54c	0.42±0.04d
	24	1010±162	2.00±0.62c	0.61±0.07c,Y
	48	1208±196	4.90±1.30b	0.72±0.12bc,Y
	72	1365±220	5.21±0.48b	0.81±0.19ab
	96	1636±147	6.78±0.67a,Y	0.96±0.17a,X
	<i>P</i>	<i>0.053</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
2	6	922±125b	1.16±0.54d	0.42±0.04c
	24	1145±115ab	1.98±0.91cd	0.90±0.08b,X
	48	1304±194ab	3.84±1.75bc	0.88±0.06b,X
	72	1458±179a	5.84±2.57b	0.83±0.05b
	96	1612±114a	12.44±2.06a,X	1.00±0.11a.X
	<i>P</i>	<i>0.028</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>

[§]TBARS: Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler (Thiobarbutyric acid reactive substrates, mg MDA/kg); [‡]Peroksit değeri (meq O₂/kg yağ); [†]FFAs: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids, mg/100g yağ). a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (*P*<0.05). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (*P*<0.05).

EK 13. Et örneklerinde uçucu aldehit bileşenler (Pik alanı x 10⁻⁶)

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Hekzanal	Heptenal	Oktanal	Nonanal	Benzaldehit	2-Metil bütenal	3-Metil bütenal
0 (Kontrol)	6	2.69±0.81	0.59±0.24	0.33±0.10	0.78±0.23	0.36±0.20b	0.59±0.88	-
	24	3.61±1.09Y	0.77±0.28	0.31±0.08	0.76±0.25	0.32±0.10b,Y	0.63±0.95	0.19±0.06a
	48	3.17±0.88Y	0.70±0.25	0.28±0.10	0.77±0.25	0.32±0.16b,Y	0.80±0.63	0.20±0.05a
	72	3.49±0.70Z	0.75±0.20	0.28±0.03	0.61±0.13	0.47±0.06ab,Y	1.15±0.91	0.18±0.06a
	96	3.39±1.55Y	0.63±0.38	0.27±0.10	0.62±0.31	0.55±0.20a,Y	1.50±1.19Y	0.22±0.17a
	P	0.386	0.598	0.467	0.356	0.008	0.202	0.000
1	6	2.69±0.81b	0.59±0.24	0.33±0.10	0.78±0.23	0.36±0.20b	0.59±0.88	-
	24	5.58±1.63a,X	0.71±0.35	0.34±0.09	0.94±0.41	0.73±0.19a,X	0.78±1.17	0.27±0.10a
	48	4.60±2.81a,X	0.72±0.56	0.30±0.14	0.72±0.37	0.72±0.20a,X	0.75±0.74	0.24±0.23a
	72	5.03±1.11a,Y	0.67±0.31	0.31±0.08	0.67±0.20	0.74±0.24a,X	1.92±2.88	0.25±0.06a
	96	6.13±0.63a,X	0.76±0.30	0.39±0.06	0.87±0.16	0.84±0.04a,X	1.43±1.82Y	0.34±0.09a
	P	0.001	0.893	0.392	0.281	0.000	0.418	0.000
2	6	2.69±0.81c	0.59±0.24	0.33±0.10	0.78±0.23	0.36±0.20b	0.59±0.88b	-
	24	5.95±1.49ab,X	0.69±0.38	0.33±0.07	0.75±0.29	0.77±0.22a,X	0.42±0.40b	0.27±0.11ab
	48	4.65±2.49b,X	0.56±0.39	0.28±0.09	0.69±0.34	0.84±0.26a,X	1.58±2.49ab	0.21±0.12b
	72	6.17±1.04ab,X	0.85±0.46	0.35±0.13	0.92±0.44	0.84±0.27a,X	2.82±3.47ab	0.30±0.12ab
	96	7.40±2.38a,X	0.69±0.53	0.38±0.21	0.82±0.35	0.71±0.20a,XY	3.73±3.42a,X	0.35±0.14a
	P	0.000	0.620	0.629	0.681	0.000	0.030	0.000

E: *trans* izomeri. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

EK 13. (Devamı) Et örneklerinde uçucu aldehit bileşenler (Pik alanı x 10⁻⁶)

Sarımsak (%)	Süre (saat)	<i>E</i> -2-Heptenal	<i>E</i> -2-Octenal	<i>E</i> -2-Nonenal	<i>E</i> -2-Dekanal	<i>E</i> -2-Dodekanal	<i>E,E</i> ,2,4-Nonadienal	<i>E,Z</i> ,2,4-Dekadienal	<i>E,E</i> ,2,4-Decadienal	Toplam
0	6	-	0.31±0.06	0.90±0.28	-	0.13±0.20	-	-	0.62±0.15	7.29±1.69
(Kontrol)	24	-	0.37±0.07Y	0.98±0.32	0.29±0.23b	0.22±0.33	0.18±0.15a,Y	-	0.72±0.21Y	9.34±2.49
	48	-	0.29±0.05Y	0.68±0.31	0.61±0.34a,X	0.17±0.26	0.17±0.15a,Y	-	0.61±0.14	8.78±2.44
	72	-	0.34±0.10Y	1.00±0.30	0.63±0.21a,X	0.17±0.25	0.18±0.13a,Y	-	0.71±0.20Y	9.95±0.61Y
	96	0.14±0.21	0.42±0.24Y	1.17±0.80	0.67±0.13a,X	0.33±0.49	0.30±0.26a,Y	0.16±0.25	0.74±0.42Y	11.1±5.50Y
	<i>P</i>		0.206	0.246	0.000	0.747	0.009		0.692	0.117
1	6	-	0.31±0.06b	0.90±0.28	-	0.13±0.20	-	-	0.62±0.15b	7.29±1.69b
	24	-	0.49±0.16a,X	1.26±0.60	0.21±0.32	0.27±0.41	0.25±0.41bc,Y	0.18±0.28	1.18±0.55a,X	13.2±4.71a
	48	-	0.45±0.21ab,XY	1.23±0.79	0.26±0.39Y	0.26±0.39	0.30±0.45abc,X	0.19±0.29	1.01±0.54ab	11.7±7.12ab
	72	-	0.45±0.17ab,XY	1.10±0.54	0.23±0.35Y	0.26±0.39	0.35±0.29ab,XY	0.14±0.21	0.99±0.41ab,X	13.1±6.02a,XY
	96	0.14±0.22	0.61±0.15a,XY	1.37±0.59	0.26±0.39Y	0.37±0.56	0.60±0.22a,X	0.18±0.27	1.19±0.27a,X	15.5±2.96a,XY
	<i>P</i>		0.006	0.490	0.409	0.821	0.007	0.410	0.038	0.017
2	6	-	0.31±0.06b	0.90±0.28	-	0.13±0.20	-	-	0.62±0.15c	7.29±1.69c
	24	-	0.53±0.12a,X	1.18±0.41	0.19±0.29b	0.26±0.39	0.63±0.25ab,X	0.17±0.27	1.21±0.43a,X	13.4±3.90b
	48	-	0.48±0.21ab,X	1.05±0.53	0.17±0.25b,Y	0.22±0.33	0.42±0.18c,X	0.18±0.27	0.87±0.40bc	12.2±6.31bc
	72	0.14±0.21	0.61±0.23a,X	1.40±0.72	0.22±0.34ab,Y	0.30±0.49	0.52±0.12b,X	0.18±0.27	1.14±0.20ab,X	16.8±7.64ab,X
	96	0.13±0.19	0.65±0.22a,X	1.44±0.88	0.49±0.39a,XY	0.38±0.56	0.71±0.17a,X	0.12±0.18	1.31±0.32a,X	19.3±7.66a,X
	<i>P</i>		0.003	0.277	0.017	0.790	0.000	0.390	0.000	0.001

E: *trans* izomeri; *Z*: *sis* izomeri. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

EK 14. Et örneklerinde uçucu sülfürlü bileşenler (Pik alanı x 10⁻⁶)

Sarımsak (%)	Süre (Saat)	Allil merkaptan	Allil sülfid	Metil allil disülfid	Diallil disülfid	Z-1-(Metiltiyo)-1-propene	4-Metil tiyazol	Toplam
0 (Kontrol)	6	-	-	-	-	0.30±0.17a	0.37±0.56	0.68±0.64
	24	-	-	-	-	0.41±0.18a,Y	0.54±0.51	0.95±0.65Z
	48	-	-	-	-	-	0.68±0.39	0.68±0.39Z
	72	-	-	-	-	-	0.76±0.24	0.76±0.24Z
	96	-	-	-	-	-	0.71±0.22	0.71±0.22Z
	<i>P</i>						0.275	0.728
1	6	-	-	-	-	0.30±0.17bc	0.37±0.56	0.68±0.64c
	24	4.18±1.94a,Y	1.13±0.66a	1.98±0.87a,Y	14.7±6.73a,Y	0.90±0.43a,X	0.69±0.44	23.5±10.1a,Y
	48	3.47±1.31ab,Y	0.84±0.40ab,Y	1.34±0.45b,Y	12.1±3.89ab,Y	0.52±0.21b	0.74±0.38	19.0±4.42ab,Y
	72	3.14±0.83ab,Y	0.67±0.44bc,Y	1.06±0.32bc,Y	10.6±5.02ab,Y	0.32±0.27bc	0.77±0.32	16.6±6.85b,Y
	96	2.29±0.94b,Y	0.35±0.27cd,Y	0.82±0.19c,Y	8.71±3.12b,Y	0.17±0.13c	0.97±0.36	13.3±4.62b,Y
	<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.069	0.000
2	6	-	-	-	-	0.30±0.17cd	0.37±0.56b	0.68±0.64c
	24	7.69±1.37a,X	1.48±0.69a	2.95±0.78a,X	22.3±7.45a,X	0.83±0.25a,X	0.46±0.18b	35.7±10.3a,X
	48	7.53±2.81a,X	1.53±0.91a,X	3.00±1.18a,X	25.0±9.74a,X	0.72±0.42ab	0.47±0.14b	38.3±14.8a,X
	72	7.81±1.46a,X	1.19±0.69ab,X	2.06±0.29b,X	20.5±5.04a,X	0.54±0.28bc	0.65±0.14ab	32.7±7.61ab,X
	96	6.31±2.40a,X	0.69±0.35b,X	1.49±0.39b,X	14.3±3.88b,X	0.26±0.19d	0.86±0.07a	23.9±7.02b,X
	<i>P</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000

Z: *sis* izomeri. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 15. Et örneklerinde uçucu alkol ve keton bileşenler (Pik alanı x 10⁻⁶)

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Hekzanol	Oktanol	1-Okten-3-ol	<i>E</i> -2-Oktenol	3-Metil bütanol	Toplam	2,3-Oktrandion
0 (Kontrol)	6	0.63±0.40	0.28±0.24	1.77±0.83	0.67±0.27	0.64±0.20	3.99±1.84	1.34±0.64
	24	1.32±0.77	0.29±0.22	1.85±0.76	0.67±0.27	0.54±0.25	4.67±2.02	1.53±0.75
	48	1.19±0.56	0.22±0.17	1.75±0.68	0.67±0.25	0.52±0.20	4.35±1.63	1.15±0.39
	72	1.21±0.37	0.25±0.19	1.61±0.41	0.61±0.15	0.50±0.09	4.18±0.68	1.01±0.13
	96	2.08±2.01	0.23±0.21	1.41±0.25Y	0.52±0.04	0.53±0.28	4.77±2.59	0.90±0.23
	<i>P</i>	0.076	0.940	0.617	0.503	0.681	0.892	0.066
1	6	0.63±0.40	0.28±0.24	1.77±0.83	0.67±0.27	0.64±0.20	3.99±1.84	1.34±0.64
	24	2.17±1.58	0.31±0.26	1.81±0.72	0.68±0.21	0.67±0.27	5.64±2.53	1.67±0.94
	48	2.48±2.43	0.32±0.25	1.50±0.52	0.60±0.19	0.53±0.50	5.42±3.76	1.27±0.85
	72	2.32±1.88	0.26±0.20	1.53±0.23	0.59±0.09	0.58±0.25	5.28±2.08	1.09±0.18
	96	3.47±2.55	0.30±0.24	1.77±0.29XY	0.74±0.13	0.73±0.17	7.01±2.73	1.27±0.28
	<i>P</i>	0.056	0.986	0.656	0.435	0.684	0.233	0.437
2	6	0.63±0.40c	0.28±0.24	1.77±0.83	0.67±0.27	0.64±0.20	3.99±1.84	1.34±0.64
	24	1.98±1.35bc	0.22±0.17	1.40±0.51	0.55±0.12	0.54±0.18	4.69±2.07	1.02±0.36
	48	2.92±3.48abc	0.23±0.18	1.38±0.38	0.53±0.15	0.61±0.35	5.67±4.10	0.78±0.44
	72	3.53±3.06ab	0.30±0.24	1.71±0.20	0.63±0.03	0.62±0.28	6.78±3.73	1.04±0.38
	96	4.89±3.87a	0.33±0.31	2.09±0.67X	0.64±0.18	0.85±0.43	8.80±5.07	1.11±0.34
	<i>P</i>	0.029	0.838	0.061	0.308	0.275	0.056	0.140

E: *trans* izomeri. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 16. Et örneklerinde renk değerleri

Sarımsak (%)	Süre (saat)	L*	a*	b*
0 (Kontrol)	6	40.4±3.19b	16.4±1.96a	17.9±1.56
	24	44.6±1.41a	16.4±1.34a,X	17.9±0.88
	48	44.4±2.65a	16.7±0.43a,X	17.9±0.59X
	72	44.7±3.67a	15.9±0.78a,X	17.7±0.41X
	96	45.1±2.39a	14.2±1.39b,X	17.1±1.03
	<i>P</i>	<i>0.003</i>	<i>0.015</i>	<i>0.498</i>
1	6	40.4±3.19b	16.4±1.96a	17.9±1.56
	24	44.6±1.08a	13.2±1.07b,Y	17.8±0.55
	48	43.7±3.49a	13.3±1.12b,Y	17.4±0.51XY
	72	41.7±3.56ab	12.3±1.62b,Y	17.3±0.34X
	96	44.8±1.96a	9.07±1.72c,Y	16.5±1.53
	<i>P</i>	<i>0.009</i>	<i>0.000</i>	<i>0.139</i>
2	6	40.4±3.19	16.4±1.96a	17.9±1.56a
	24	43.7±2.51	10.1±1.02bc,Z	17.4±0.50ab
	48	41.6±4.03	10.7±1.40b,Z	16.8±1.06ab,Y
	72	42.7±2.36	8.81±0.98cd,Z	16.5±1.04ab,Y
	96	43.1±1.77	7.34±1.36d,Z	16.3±1.09b
	<i>P</i>	<i>0.130</i>	<i>0.000</i>	<i>0.044</i>

L*, a* ve b* sırasıyla aydınlığı, kırmızılığı ve sarılığı temsil etmektedir a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 17. Et örneklerinde myoglobin formları

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Deoksi-Mb ^b	Oksi-Mb	Met-Mb	Renk Stabilitesi
0 (Kontrol)	6	0.63±0.07a	0.72±0.04b	0.64±0.08c	4.05±0.67a
	24	0.55±0.02b,X	0.76±0.03a,X	0.75±0.05b,Z	3.47±0.45b,X
	48	0.55±0.02b,X	0.76±0.01a,X	0.79±0.05b,Z	3.27±0.20b,X
	72	0.53±0.04b,X	0.76±0.01a,X	0.85±0.08a,Z	3.16±0.25bc,X
	96	0.54±0.03b,X	0.73±0.02b,X	0.88±0.04a,Z	2.80±0.45c,X
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
1	6	0.63±0.07a	0.72±0.04a	0.64±0.08d	4.05±0.67a
	24	0.52±0.01bc,Y	0.71±0.02ab,Y	0.83±0.05c,Y	2.90±0.31b,Y
	48	0.53±0.01b,Y	0.7±0.01ab,Y	0.87±0.05c,Y	2.73±0.26b,Y
	72	0.51±0.02bc,X	0.68±0.02b,Y	0.93±0.02b,Y	2.48±0.21b,Y
	96	0.48±0.04c,Y	0.62±0.05c,Y	1.07±0.08a,Y	1.90±0.44c,Y
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>
2	6	0.63±0.07a	0.72±0.04a	0.64±0.08d	4.05±0.67a
	24	0.47±0.02b,Z	0.62±0.02b,Z	0.95±0.05c,X	2.12±0.23b,Z
	48	0.49±0.03b,Z	0.62±0.02b,Z	0.98±0.04c,X	2.11±0.24b,Z
	72	0.47±0.03b,Y	0.59±0.03b,Z	1.05±0.06b,X	1.90±0.27b,Z
	96	0.45±0.05b,Y	0.54±0.05c,Z	1.16±0.09a,X	1.52±0.27c,Z
	<i>P</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>	<i>0.000</i>

^bMb: Myoglobin. a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 18. Et örneklerinde tekstürel nitelikler

Sarımsak (%)	Süre (saat)	Sertlik (g)	Penetrasyon işi (g.sn)
0 (Kontrol)	6	3415±905ab	9620±3823a
	24	3554±827ab,X	8016±2223b,X
	48	3675±747a,X	7839±1664b
	72	3090±611bc	6897±1464bc
	96	2783±770c	6073±1594c
	<i>P</i>	<i>0.003</i>	<i>0.000</i>
1	6	3415±905	9620±3823a
	24	2940±1272XY	6395±2851bc,Y
	48	3397±1036XY	7504±2386b
	72	3100±608	6487±1411bc
	96	2766±991	5844±1928c
	<i>P</i>	<i>0.115</i>	<i>0.000</i>
2	6	3415±905	9620±3823a
	24	2671±1306Y	5428±2572b,Y
	48	2896±915Y	6236±2420b
	72	2793±462	5791±1092b
	96	2667±1177	5966±2825b
	<i>P</i>	<i>0.121</i>	<i>0.000</i>

a,b,c: Her bir sarımsak oranında post-mortem sürelerle ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). X,Y,Z: Her bir post-mortem sürede sarımsak oranlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 19. Sucuk örneklerinin bileşimi

Kimyasal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Rutubet (g/100g)	0	24	56.6±3.33a	49.9±3.86b	39.9±2.47c	38.2±3.61c	37.8±4.17c	37.5±2.52c	0.000
		48	56.7±4.18a	52.1±2.77b	38.1±2.15c	38.7±2.35c	37.6±2.88c	38.3±2.77c	0.000
		P1	0.856	0.020	0.026	0.352	0.925	0.141	
	1	24	58.5±3.47a	51.6±3.11b	37.2±3.72c	37.1±4.07c	36.3±4.13c	36.8±3.27c	0.000
		48	58.7±4.52a	50.4±2.91b	36.1±2.79c	37.2±2.53c	36.6±2.21c	37.1±2.70c	0.000
		P1	0.923	0.039	0.081	0.952	0.691	0.471	
	2	24	58.2±4.13a	49.6±2.59b	36.0±3.41c	36.8±4.16c	36.6±3.44c	37.4±2.44c	0.000
		48	56.4±4.96a	49.5±5.08b	36.3±3.36c	36.7±3.94c	37.0±4.56c	36.7±3.43c	0.000
		P1	0.158	0.955	0.420	0.648	0.446	0.129	
Protein*	0	24	37.7±3.83	38.0±1.34	42.3±0.08	39.7±9.25	39.3±8.43	39.6±5.57	0.898
		48	41.0±4.01	42.3±3.16	42.1±3.53	41.1±7.20	39.2±8.18	40.1±7.89	0.980
		P1	0.059	0.110	0.940	0.366	0.683	0.768	
	1	24	43.4±5.38	43.3±8.38	42.1±4.92	41.0±8.24	39±9.22	38.7±9.33	0.950
		48	42.7±9.12	39.5±4.70	40.8±4.69	39.9±7.83	40±6.40	38.4±7.20	0.979
		P1	0.829	0.211	0.244	0.053	0.814	0.858	
	2	24	42.6±8.54	36.9±2.47	38.8±3.59	39.6±5.67	41.4±3.15	37.5±6.55	0.869
		48	41.8±6.28	41.1±6.00	35.4±3.42	38.7±7.02	39.4±6.56	40.7±7.29	0.828
		P1	0.610	0.181	0.268	0.506	0.596	0.125	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. *g/100g kurumadde. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05).

EK 19. (Devamı) Sucuk örneklerinin bileşimi

Kimyasal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Yağ*	0	24	53.5±3.01	47.5±5.43	49.3±2.71	52.7±3.67	53.6±5.05	49.9±1.04	0.316
		48	55.0±5.74	50.7±1.61	54.9±2.96	48.9±1.89	51.7±4.89	49.0±2.82	0.217
		P1	0.627	0.347	0.002	0.108	0.213	0.517	
	1	24	49.2±1.00	52.5±0.17	51.1±4.27	51.7±3.46	52.3±3.59	53.3±1.49	0.567
		48	47.0±7.58	50.7±2.31	53.0±2.56	50.6±2.98	51.1±4.41	54.9±1.25	0.328
		P1	0.616	0.282	0.479	0.802	0.385	0.417	
	2	24	48.9±8.36	46.2±2.31	52.4±1.78	52.6±4.74	50.5±1.32	51.4±3.09	0.475
		48	51.9±6.69	49.6±4.37	51.0±3.40	50.4±1.63	47.3±2.26	50.6±3.02	0.780
		P1	0.093	0.413	0.480	0.609	0.028	0.448	
Kül*	0	24	5.31±0.91	5.69±0.45	5.77±1.11	5.82±0.91	5.69±0.80	5.69±0.52	0.867
		48	5.11±0.53	5.71±0.55	5.58±0.97	5.62±0.83	5.30±0.69	5.52±1.06	0.701
		P1	0.045	0.878	0.299	0.334	0.048	0.527	
	1	24	5.57±0.51	5.49±0.54	5.40±1.11	5.46±0.99	5.44±0.80	5.62±0.96	0.995
		48	5.34±0.51	5.59±0.67	5.63±0.92	5.34±0.76	5.31±0.54	5.43±1.10	0.930
		P1	0.289	0.324	0.096	0.383	0.276	0.396	
	2	24	5.33±0.53	5.42±0.32	5.64±0.69	5.55±0.87	5.34±0.53	5.63±0.41	0.798
		48	5.31±0.78	5.62±0.92	5.65±0.82	5.38±0.84	5.42±0.83	5.44±0.95	0.959
		P1	0.937	0.381	0.913	0.133	0.708	0.383	

#1: İnkübasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. *g/100g kurumadde. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 20. Sucuk örneklerinde titrasyon asitliği ve pH değeri

	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
pH	0	24	5.82±0.02a	4.80±0.03b,Z	4.63±0.06c,Y	4.64±0.15c	4.67±0.05c	4.71±0.04c	0.000
		48	5.81±0.03a	4.82±0.01b,y	4.65±0.07d,y	4.71±0.12cd	4.70±0.04cd	4.75±0.02bc	0.000
		P1	0.497	0.100	0.122	0.000	0.001	0.000	
	1	24	5.93±0.17a	4.88±0.06b,Y	4.72±0.10c,XY	4.72±0.04c	4.71±0.08c	4.72±0.02c	0.000
		48	5.92±0.10a	4.91±0.04b,x	4.74±0.08c,xy	4.73±0.07c	4.73±0.08c	4.76±0.05c	0.000
		P1	0.557	0.054	0.052	0.444	0.180	0.007	
	2	24	5.89±0.12a	4.94±0.02b,X	4.74±0.07c,X	4.72±0.03c	4.72±0.05c	4.75±0.03c	0.000
		48	5.85±0.05a	4.94±0.01b,x	4.73±0.06c,x	4.73±0.05c	4.74±0.04c	4.77±0.03c	0.000
		P1	0.243	0.415	0.169	0.529	0.060	0.067	
TA [§]	0	24	0.52±0.07d	0.82±0.02c,X	1.09±0.12b	1.16±0.07ab	1.25±0.07a	1.23±0.13a	0.000
		48	0.48±0.01e	0.81±0.06d,x	1.11±0.07c,x	1.16±0.04bc	1.21±0.07ab	1.25±0.05a	0.000
		P1	0.189	0.676	0.528	0.862	0.018	0.654	
	1	24	0.53±0.07d	0.78±0.04c,XY	1.07±0.03b	1.10±0.09ab	1.19±0.06a	1.20±0.15a	0.000
		48	0.49±0.06d	0.76±0.03c,xy	1.07±0.04b,xy	1.10±0.07b	1.17±0.09ab	1.23±0.18a	0.000
		P1	0.058	0.175	0.945	0.765	0.044	0.305	
	2	24	0.50±0.09d	0.75±0.04c,Y	1.07±0.04b	1.10±0.10ab	1.19±0.08a	1.19±0.14a	0.000
		48	0.51±0.07d	0.75±0.03c,y	1.04±0.03ab,y	0.96±0.23bc	1.16±0.10ab	1.20±0.14a	0.000
		P1	0.262	0.656	0.026	0.029	0.020	0.611	

[§]TA: Titrasyon asitliği (%; laktik asit); #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 21. Sucuk örneklerinde karbonhidrat konsantrasyonları

Karbonhidratlar	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Sükroz (mg/kg)	0	24	2588±575a	408±25.9b,Y	156±26.2c	-	-	-	0.000
		48	2420±563a	408±20.7b,y	127±7.78c	-	-	-	0.000
		P1	0.171	0.992	0.006				
	1	24	2515±623a	471±57.7b,XY	159±28.7c	-	-	-	0.000
		48	2457±740a	544±110b,x	141±32.9c	-	-	-	0.000
		P1	0.488	0.087	0.051				
	2	24	2254±643a	579±105b,X	156±26.1c	-	-	-	0.000
		48	2310±642a	536±55.9b,x	126±29.7c	-	-	-	0.000
		P1	0.321	0.269	0.001				
Glukoz (mg/kg)	0	24	1989±189a	1208±67.0c	1728±188c	1607±256c	1603±270c	1626±262c	0.000
		48	1934±229a	1305±128c	1717±302ab	1686±240ab	1617±215b	1646±226ab	0.013
		P1	0.547	0.318	0.852	0.051	0.668	0.454	
	1	24	1992±181a	1287±174c	1647±274b	1660±236b	1595±243bc	1514±304bc	0.004
		48	2011±256a	1371±127b	1646±312b	1625±231b	1571±253b	1613±264b	0.013
		P1	0.658	0.150	0.992	0.375	0.296	0.175	
	2	24	2005±149a	1380±160b	1544±232b	1512±183b	1607±216b	1630±204b	0.000
		48	2090±130a	1383±152b	1610±246b	1509±200b	1557±234b	1608±213b	0.000
		P1	0.221	0.920	0.386	0.778	0.100	0.294	
Fruktoz (mg/kg)	0	24	688±69.0abc	725±162abc,Y	421±367c	653±336bc	918±255ab	1023±197a	0.006
		48	660±171cd	805±86.0bc,y	395±319d	751±291bc	998±216ab	1114±135a	0.000
		P1	0.634	0.244	0.401	0.015	0.080	0.167	
	1	24	685±44.0bc	886±36.0ab,XY	471±352c	646±286bc	985±283ab	1083±275a	0.003
		48	684±76.0bc	1005±81ab,xy	431±318c	804±295b	977±263ab	1183±254a	0.000
		P1	0.989	0.081	0.488	0.048	0.563	0.170	
	2	24	760±73.0b	1081±59.0ab,X	390±304c	760±271b	1014±333ab	1210±367a	0.000
		48	754±51.0bc	1094±38.0ab,x	427±336c	789±299b	1030±350ab	1278±285a	0.000
		P1	0.834	0.614	0.361	0.278	0.813	0.191	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen üre fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi

EK 22. Sucuk örneklerinde organik asit konsantrasyonları

OAs [†]	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Laktik	0	24	376±38.3c	837±35.3b	1163±177a	1227±130a	1249±148a	1255±114a	0.000
		48	364±20.7d	856±61.5c,x	1149±192b	1243±119ab	1243±128ab	1267±125a	0.000
		P1	0.175	0.092	0.322	0.080	0.614	0.270	
	1	24	373±38.6c	804±49.8b	1197±172a	1254±147a	1232±147a	1232±196a	0.000
		48	373±44.2d	795±55.5c,y	1104±244b	1180±128ab	1197±132ab	1239±143a	0.000
		P1	0.927	0.032	0.007	0.042	0.040	0.706	
	2	24	365±33.5d	801±50.5c	1147±181b	1176±121ab	1233±140ab	1258±128a	0.000
		48	381±32.3c	770±25.2b,y	1115±208a	1154±137a	1177±147a	1215±133a	0.000
		P1	0.016	0.002	0.048	0.007	0.000	0.001	
Asetik	0	24	29.4±8.37c	92.7±15.9a,X	74.2±23.0b	85.0±6.51ab	81.0±8.09ab	79.0±7.96ab	0.000
		48	34.1±6.65b	96.3±17.7a,x	93.2±30.7a	100±14.3a	90.9±8.62a	86.6±6.28a	0.000
		P1	0.081	0.636	0.030	0.006	0.002	0.004	
	1	24	24.7±5.28c	56.5±9.07b,Y	83.7±21.1a	79.9±12.0a	79.6±7.48a	75.7±9.74a	0.000
		48	34.5±8.16c	55.9±6.51b,y	85.5±26.2a	99.5±9.66a	94.3±6.44a	86.0±4.36a	0.000
		P1	0.001	0.899	0.871	0.011	0.000	0.007	
	2	24	23.2±4.83c	45.1±3.59b,Y	78.9±26.9a	73.1±9.39a	79.9±5.18a	77.7±5.13a	0.000
		48	31.6±4.94c	58.1±6.15b,y	82.2±27.4a	91.4±3.94a	90.5±3.87a	85.5±3.24a	0.000
		P1	0.000	0.000	0.736	0.004	0.017	0.028	

†OAs: Organik asitler (mg/100g); #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 22. (Devamı) Sucuk örneklerinde organik asit konsantrasyonları

OAs [†]	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Propiyonik0		24	1.15±0.58d	3.26±2.29c,X	10.7±1.95b	13.0±1.65a	13.6±1.37a	14.1±2.08a	0.000
		48	1.16±0.55d	3.46±2.55c,x	9.30±2.60b	13.4±2.97a	14.7±3.16a	15.4±3.23a	0.000
		P1	0.861	0.326	0.107	0.594	0.204	0.049	
	1	24	0.85±0.35c	1.06±0.42c,Y	11.3±1.45b	11.3±2.02b	13.8±2.04a	14.7±1.87a	0.000
		48	1.11±0.47d	1.09±0.39d,y	8.58±1.35c	11.7±2.42b	13.3±3.10ab	14.6±2.37a	0.000
		P1	0.004	0.263	0.004	0.577	0.305	0.602	
	2	24	0.70±0.28d	0.54±0.11d,Y	9.27±1.01c	11.1±2.03b	13.6±2.19a	14.2±2.24a	0.000
		48	0.74±0.31c	0.64±0.10c,y	8.66±1.47b	11.6±2.45a	12.9±2.71a	13.5±2.98a	0.000
		P1	0.100	0.064	0.042	0.058	0.086	0.083	
Bütirik	0	24	3.00±1.19d,X	7.23±4.40d,X	21.6±3.17c	32.4±4.77b	39.2±6.03a	40.7±6.13a	0.000
		48	7.81±3.13d,x	10.3±5.84d,x	38.8±3.33c,x	45.8±6.43b,x	51.4±6.88ab,x	53.9±6.19a,x	0.000
		P1	0.003	0.008	0.001	0.000	0.001	0.000	
	1	24	1.91±0.88c,XY	3.38±1.92c,Y	22.8±3.46b	25.9±6.54b	34.1±3.75a	36.0±2.57a	0.000
		48	2.85±1.14d,y	4.73±2.98d,y	28.6±6.71c,y	34.7±3.34b,y	39.5±3.63a,y	42.2±4.26a,y	0.000
		P1	0.013	0.032	0.002	0.004	0.001	0.000	
	2	24	1.19±0.62d,Y	2.52±0.96d,Y	19.3±1.44c	28.0±2.83b	33.0±3.13a	34.8±3.22a	0.000
		48	2.60±1.04d,y	3.75±1.83d,y	22.1±0.72c,z	33.7±4.66b,y	38.3±4.73a,y	41.4±4.83a,y	0.000
		P1	0.006	0.022	0.007	0.001	0.002	0.000	

†OAs: Organik asitler (mg/100 g); #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 22. (Devamı) Sucuk örneklerinde organik asit konsantrasyonları

OAs [†]	Sarımsak (%)	Süre (Sa)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Formik	0	24	24.2±10.1	14.7±11.4	24.7±4.86X	25.5±4.47X	25.1±4.29X	23.6±3.26X	0.106
		48	21.7±9.39	14.9±11.9	24.2±5.29x	26.2±5.45x	24.6±4.40x	24.0±2.52x	0.133
		P1	0.218	0.518	0.178	0.321	0.321	0.455	
	1	24	23.8±9.83	13.5±9.68	20.4±3.56XY	20.7±5.40Y	20.6±3.25XY	19.3±1.39Y	0.168
		48	22.8±9.43a	12.5±8.57b	21.5±2.43a,xy	22.7±3.21a,xy	21.4±2.00a,xy	20.3±0.99a,y	0.027
		P1	0.071	0.116	0.156	0.248	0.446	0.136	
	2	24	20.9±8.33a	10.5±7.54b	17.7±0.85a,Y	19.4±3.05a,Y	18.6±2.64a,Y	17.5±2.25a,Y	0.021
		48	21.6±8.85a	11.4±8.49b	17.5±3.13ab,y	19.2±1.85ab,y	18.2±1.54ab,y	16.5±0.90ab,z	0.044
		P1	0.044	0.064	0.898	0.670	0.526	0.220	
Pürivik	0	24	4.13±3.16X	1.65±0.36X	3.51±0.97	3.06±0.81	3.31±0.92	2.79±1.26	0.050
		48	4.68±2.78x	1.80±0.37x	4.02±1.17	3.16±1.06	3.10±1.54	2.71±1.56	0.059
		P1	0.510	0.048	0.074	0.491	0.504	0.633	
	1	24	2.67±1.44a,XY	1.05±0.60b,XY	3.39±1.21a	3.09±0.66a	3.24±1.10a	3.13±1.50a	0.013
		48	3.62±1.27a,xy	1.15±0.60b,xy	3.34±1.02a	2.92±0.63a	3.00±1.17a	2.68±1.11a	0.004
		P1	0.001	0.172	0.824	0.385	0.350	0.260	
	2	24	1.12±0.37b,Y	0.96±0.56b,Y	2.83±0.92a	2.50±0.50a	2.88±1.12a	3.03±1.03a	0.000
		48	1.56±0.23bc,y	1.03±0.64c,y	2.69±1.03a	2.18±0.82ab	2.37±0.89ab	2.52±1.13ab	0.014
		P1	0.033	0.224	0.243	0.072	0.004	0.001	

†OAs: Organik asitler (mg/100 g); #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 22. (Devamı) Sucuk örneklerinde organik asit konsantrasyonları

OAs [†]	Sarımsak (%)	Süre (Sa)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Sitrik	0	24	34.5±4.09a	19.7±4.62b,Y	7.96±2.64c	4.11±2.33d	2.64±1.55d	2.30±1.51d	0.000
		48	36.1±1.72a	20.7±6.46b	7.65±3.97c	3.62±3.05cd	2.39±2.48d	1.99±1.96d	0.000
		P1	0.277	0.803	0.799	0.713	0.786	0.436	
	1	24	34.3±7.48a	24.8±4.63b,X	5.71±1.81c	3.23±1.49c	2.24±1.50c	1.51±0.98c	0.000
		48	37.2±4.84a	24.5±2.58b	5.19±2.67c	2.00±0.87d	1.32±0.56d	1.14±0.70d	0.000
		P1	0.081	0.847	0.768	0.162	0.163	0.491	
	2	24	29.3±5.48a	25.7±2.26a,X	6.05±2.37b	4.20±3.39b	3.49±3.10b	2.44±2.19b	0.000
		48	33.8±6.21a	22.6±2.34b	4.73±1.62c	2.10±1.65c	1.42±1.21c	1.28±1.16c	0.000
		P1	0.012	0.003	0.050	0.035	0.047	0.046	
Süksinik	0	24	90.2±17.4a	32.2±5.25c	55.2±7.76b,X	51.4±9.94b	50.7±9.45b	51.0±8.21b	0.000
		48	89.6±13.3a	33.6±8.58c	50.4±10.4b	46.4±8.72bc,x	44.9±9.47bc	42.3±9.01bc	0.000
		P1	0.836	0.760	0.177	0.002	0.028	0.001	
	1	24	93.2±16.2a	37.1±10.6c	48.6±3.66bc,XY	56.8±8.45b	50.8±12.8b	48.8±4.75bc	0.000
		48	92.1±17.8a	33.4±9.31b	47.9±8.99b	44.3±4.60b,x	44.6±12.7b	40.4±9.08b	0.000
		P1	0.496	0.031	0.816	0.002	0.000	0.042	
	2	24	90.8±12.5a	34.9±9.39c	44.9±4.64bc,Y	47.9±9.76b	48.2±10.1b	48.4±9.09b	0.000
		48	93.9±14.0a	27.9±5.19c	44.3±10.9b	35.6±4.97bc,y	35.8±5.05bc	35.8±8.71bc	0.000
		P1	0.214	0.012	0.849	0.002	0.037	0.010	
Toplam	0	24	0.56±0.07c	1.01±0.03b,X	1.36±0.21a	1.44±0.14a	1.47±0.16a	1.47±0.12a	0.000
		48	0.56±0.05c	1.04±0.04b,x	1.38±0.21a	1.49±0.12a	1.47±0.13a	1.50±0.13a	0.000
		P1	0.915	0.183	0.456	0.057	0.827	0.022	
	1	24	0.55±0.07c	0.94±0.05b,Y	1.40±0.19a	1.46±0.15a	1.44±0.16a	1.43±0.21a	0.000
		48	0.57±0.08c	0.93±0.05b,y	1.30±0.28a	1.40±0.12a	1.41±0.15a	1.45±0.15a	0.000
		P1	0.091	0.239	0.128	0.300	0.206	0.557	
	2	24	0.53±0.06c	0.92±0.06b,Y	1.33±0.21a	1.36±0.13a	1.43±0.15a	1.46±0.14a	0.000
		48	0.57±0.07c	0.90±0.02b,y	1.30±0.23a	1.35±0.13a	1.38±0.14a	1.41±0.13a	0.000
		P1	0.055	0.175	0.303	0.191	0.014	0.058	

†OAs: Organik asitler (mg/100 g); #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 23. Sucuk örneklerinde öjenik, benzoik ve kumin asitler

FFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Öjenik asit (mg/100g yağ)	0	24	4.74±1.88	5.26±1.69	5.20±0.90	4.56±1.04	4.88±1.12	5.56±0.64	0.765
		48	5.94±1.94	4.54±1.49	4.24±0.76	4.91±1.43	4.85±0.76	4.31±0.87	0.249
		P1	0.419	0.086	0.008	0.599	0.859	0.031	
	1	24	5.72±1.28	5.58±2.44	4.85±1.33	4.53±1.76	4.23±0.81	4.16±0.31	0.300
		48	4.80±1.42	5.96±1.46	5.22±2.19	4.55±1.05	4.79±0.92	5.08±1.10	0.506
		P1	0.564	0.286	0.117	0.563	0.048	0.014	
	2	24	5.52±1.72	5.65±1.54	4.90±1.18	5.48±0.90	4.93±1.05	5.09±0.48	0.838
		48	6.68±1.34	5.85±1.70	5.83±1.82	5.47±1.43	5.09±1.14	4.82±0.53	0.261
		P1	0.059	0.858	0.289	0.972	0.656	0.006	
Benzoik asit (mg/100g yağ)	0	24	6.18±1.52a	4.32±0.98b	3.00±0.63b	3.27±1.27b	3.43±0.70b	3.29±0.13b	0.002
		48	6.40±1.78a	4.05±0.54b	3.50±0.84b	3.50±0.46b	3.60±0.86b	3.49±0.91b	0.003
		P1	0.781	0.372	0.338	0.676	0.658	0.728	
	1	24	5.00±1.01a	4.27±0.36ab	3.17±0.72bc	3.06±0.66c	3.29±0.70bc	3.32±0.82bc	0.008
		48	5.58±2.07	4.25±1.32	3.42±1.13	3.59±0.20	3.69±0.70	4.21±2.10	0.342
		P1	0.544	0.986	0.577	0.143	0.390	0.368	
	2	24	4.30±1.19	4.79±1.39	4.07±1.65	3.10±0.64	3.27±0.68	3.26±0.52	0.221
		48	4.86±1.92	4.57±0.96	3.22±0.27	3.52±0.36	3.28±0.78	4.80±3.34	0.511
		P1	0.319	0.860	0.435	0.436	0.968	0.372	
Kumin asit (mg/100g yağ)	0	24	3.31±1.56	4.70±0.70	5.49±2.07	4.87±0.85	4.57±0.44	5.34±0.88	0.069
		48	3.85±1.06	5.72±0.93	4.88±2.11	5.53±0.62	4.52±0.82	4.45±1.05	0.147
		P1	0.591	0.016	0.472	0.071	0.870	0.281	
	1	24	4.78±1.19	4.37±0.66	5.68±1.92	5.53±1.10	4.98±0.61	4.38±0.85	0.309
		48	5.17±1.83	4.42±0.73	5.08±2.21	4.77±0.86	5.77±0.36	5.47±1.11	0.681
		P1	0.346	0.942	0.387	0.196	0.039	0.084	
	2	24	4.68±1.75	4.40±1.37	5.74±2.34	5.88±0.27	5.02±0.44	5.24±0.56	0.451
		48	5.03±1.46	5.18±0.92	5.43±2.82	5.57±1.24	5.47±1.19	5.69±1.51	0.986
		P1	0.457	0.416	0.631	0.566	0.364	0.465	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 24. Sucuk örneklerinde proteolitik nitelikler

Proteolitik Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
NPN [¥]	0	24	477±13.0c	644±16.6b,X	723±120ab	742±125ab	786±141a	787±99.5a	0.000
		48	507±41.5c	671±4.50b,x	702±125ab	755±100ab	773±87.8ab	797±103a	0.000
		P1	0.221	0.025	0.001	0.262	0.620	0.116	
	1	24	518±50.9b	647±9.00ab,X	680±124ab	726±127a	742±113a	773±131a	0.003
		48	519±51.9c	638±15.2b,y	650±119b	711±94.6ab	755±61.7a	763±104a	0.000
		P1	0.948	0.017	0.040	0.363	0.654	0.427	
	2	24	520±34.9c	574±10.7bc,Y	641±109ab	706±117a	718±115a	754±109a	0.001
		48	509±13.8c	598±18.8bc,z	631±125ab	676±115ab	709±120ab	748±118a	0.003
		P1	0.344	0.001	0.262	0.000	0.348	0.204	
Proteoliz İndeksi ³	0	24	7.98±1.00c	11.0±0.50b	10.7±1.76b	11.8±0.88ab	12.5±0.60a	12.4±0.61a	0.000
		48	7.50±0.41c	10.0±0.94b	10.4±1.40b	11.5±0.46a	12.5±1.01a,x	12.5±0.67a,x	0.000
		P1	0.158	0.050	0.359	0.168	0.918	0.845	
	1	24	7.50±0.75d	9.75±2.34c	10.1±1.01c	11.1±0.34bc	12.1±1.10ab	12.6±0.89a	0.000
		48	7.72±0.90e	10.3±1.71cd	9.90±1.03d	11.2±0.53bc	11.9±0.70ab,xy	12.5±0.84a,x	0.000
		P1	0.072	0.200	0.115	0.512	0.685	0.496	
	2	24	7.81±1.26e	9.66±0.48d	10.3±0.93cd	11.1±0.46bc	11.8±0.17ab	12.6±0.53a	0.000
		48	7.71±0.90c	9.22±1.18b	11.1±1.78a	10.9±0.34a	11.2±0.36ay	11.5±0.17a,y	0.000
		P1	0.636	0.3	0.108	0.428	0.033	0.010	
Toplam FAAs ^Ψ	0	24	164±9.79d	295±64.7c	304±28.6c	353±41.4b	415±47.9a	434±23.6a	0.000
		48	164±6.59d	296±75.7c	299±32.6c	358±30.0b	413±46.8a	449±8.09a,x	0.000
		P1	0.983	0.807	0.452	0.462	0.826	0.175	
	1	24	173±23.6d	284±73.5c	291±41.4c	336±40.0bc	391±63.9ab	421±39.7a	0.000
		48	170±8.42d	272±65.4c	269±27.0c	332±23.2b	378±25.2a	408±15.5a,y	0.000
		P1	0.666	0.012	0.029	0.598	0.510	0.330	
	2	24	175±14.6d	261±66.3c	261±31.2c	323±41.1b	380±49.7a	414±45.3a	0.000
		48	177±19.0c	258±68.4b	278±42.5b	318±43.3b	378±60.8a	403±40.4a,y	0.000
		P1	0.565	0.632	0.018	0.049	0.630	0.045	

[#]1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. [¥]NPN: Protein olmayan azot miktarı (Non-protein nitrogen, mg/100 g kurumadde). ³NPN miktarının toplam azot miktarına oranı (%). ^ΨFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) P1: Sarımsak ile olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 25. Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Arg+Thr+Ala	0	24	62.6±2.52c	88.9±9.09b	84.4±8.36b	92.7±10.0ab	103±13.9a	100±4.02a	0.000
		48	63.4±5.22c	90.2±12.7b	83.9±9.04b	95.3±7.36ab	106±14.3a	105±3.44a,x	0.000
		P1	0.788	0.402	0.728	0.078	0.058	0.004	
	1	24	66.1±6.32b	88.7±10.4a	82.4±12.2a	87.6±12.2a	96.0±16.1a	94.8±12.7a	0.002
		48	67.7±6.02c	84.9±11.0ab	81.5±10.1b	87.0±8.49ab	95.3±10.2a	93.6±5.18a,y	0.000
		P1	0.381	0.055	0.359	0.717	0.798	0.727	
	2	24	68.7±3.97c	81.0±11.1b	75.5±8.37bc	84.0±9.77b	95.6±12.2a	95.9±8.92a	0.000
		48	72.1±2.81c	83.3±11.4bc	81.9±11.9bc	85.5±12.6abc	97.6±14.7a	95.6±6.97a,y	0.003
		P1	0.077	0.424	0.008	0.300	0.163	0.779	
Phe+Trp	0	24	16.4±1.84c	49.3±8.43b	51.4±5.48b	58.0±6.17ab	64.0±5.81a	66.2±5.76a	0.000
		48	17.2±0.96d	52.7±7.95bc	50.8±4.47c	58.0±4.76abc	62.0±7.87ab	67.2±0.24a	0.000
		P1	0.188	0.003	0.678	0.989	0.272	0.679	
	1	24	16.5±6.06c	45.1±12.9b	49.5±9.17ab	55.9±8.81ab	61.2±10.3ab	65.9±5.27a	0.000
		48	15.1±1.34d	44.3±8.39bc	39.4±7.66c	52.2±6.17ab	55.7±7.73ab	59.9±6.83a	0.000
		P1	0.604	0.664	0.057	0.105	0.165	0.039	
	2	24	18.6±4.70c	40.4±13.0b	43.8±7.89b	53.6±10.9ab	58.5±10.9ab	63.9±11.4a	0.002
		48	18.6±4.60c	41.2±12.7a	46.9±10.9a	49.2±10.7a	53.8±11.3a	56.6±10.0a	0.009
		P1	0.887	0.590	0.080	0.016	0.007	0.006	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Glu	0	24	18.4±2.81d	31.2±7.70c	34.0±1.95bc,X	39.2±3.78b	45.9±4.40a	48.3±6.11a	0.000
		48	17.9±1.67c	31.2±9.87d	33.7±3.06d	40.1±2.39c	45.9±4.18b	52.2±1.21a,x	0.000
		P1	0.631	0.997	0.731	0.167	0.996	0.143	
	1	24	20.0±3.65c	30.8±9.48b	32.7±2.36b,X	37.4±3.81b	43.7±6.38a	48.5±2.89a	0.000
		48	18.6±1.90c	29.4±8.97d	31.0±1.38d	37.8±2.58c	43.1±2.38b	49.1±0.88a,y	0.000
		P1	0.127	0.053	0.119	0.577	0.771	0.684	
	2	24	19.0±2.29e	28.7±8.33d	29.1±1.33d,Y	35.9±3.47c	42.7±4.55b	48.9±3.67a	0.000
		48	18.5±2.91d	27.6±8.98c	30.8±2.17bc	35.9±4.79b	43.5±6.08a	48.5±3.52a,y	0.000
		P1	0.286	0.194	0.104	0.982	0.291	0.106	
İle+Leu	0	24	7.01±0.84d	26.2±10.4c	33.6±4.24b	39.9±6.50b	47.8±6.62a	49.2±1.24a	0.000
		48	6.46±0.21e	25.0±11.9d	32.0±4.56c	40.2±4.40b	46.6±4.93ab	51.1±2.01a	0.000
		P1	0.128	0.147	0.089	0.786	0.496	0.006	
	1	24	7.26±1.19e	25.2±11.5d	31.4±6.32cd	38.3±5.81bc	44.9±8.15ab	49.3±5.63a	0.000
		48	6.64±0.64e	22.9±10.7d	29.2±4.49c	36.8±3.69b	43.0±2.61ab	47.1±3.77a	0.000
		P1	0.065	0.001	0.030	0.189	0.456	0.051	
	2	24	6.55±0.73d	23.0±10.1c	28.2±4.76c	36.7±5.51b	43.9±6.15ab	47.4±5.99a	0.000
		48	6.86±0.77e	21.6±10.5d	29.4±6.07c	35.4±5.21bc	42.6±7.32ab	46.1±5.28a	0.000
		P1	0.055	0.015	0.085	0.085	0.070	0.068	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Lys	0	24	5.40±0.82d	15.7±7.20c	19.1±3.27c	25.8±5.00b	32.6±5.06a	36.2±4.53a	0.000
		48	5.53±0.35d	16.4±8.95c	19.5±2.38c	26.6±4.96b	33.0±6.07a	38.4±1.72a	0.000
		P1	0.543	0.393	0.600	0.013	0.666	0.288	
	1	24	5.55±1.52d	15.6±8.49c	18.1±3.73c	24.6±5.05b	30.8±6.75ab	35.9±4.12a	0.000
		48	5.99±0.44d	14.8±7.83c	17.1±2.70c	24.2±3.91b	29.9±4.29a	35.1±3.63a	0.000
		P1	0.403	0.034	0.088	0.468	0.558	0.133	
	2	24	5.80±0.43d	14.1±7.28c	16.0±2.96c	22.9±4.97b	29.0±5.63a	34.1±5.68a	0.000
		48	5.99±0.78d	13.9±7.61c	16.9±3.56bc	23.0±5.65b	29.5±6.47a	33.6±5.77a	0.000
		P1	0.352	0.661	0.021	0.765	0.218	0.014	
Asp	0	24	11.2±2.60d	13.2±5.09d	13.7±0.36d,X	18.4±2.32c	24.1±2.96b	28.7±3.04a	0.000
		48	10.3±1.35d	13.6±6.71d	13.9±1.92d,x	19.0±1.16c	25.5±3.22b	30.6±1.72a,x	0.000
		P1	0.195	0.553	0.789	0.327	0.010	0.234	
	1	24	11.0±2.55d	12.7±6.06d	12.7±0.89d,Y	17.1±2.48c	22.3±4.25b	26.9±2.70a	0.000
		48	10.8±1.68d	12.3±5.95d	12.1±0.36d,xy	18.0±2.20c	22.4±1.83b	27.9±0.91a,xy	0.000
		P1	0.742	0.050	0.070	0.100	0.953	0.409	
	2	24	10.2±1.55d	11.4±5.31d	10.9±0.81d,Z	15.9±2.84c	21.6±3.98b	26.4±3.70a	0.000
		48	10.3±2.11c	11.4±5.80c	11.9±1.04bc,y	16.4±3.43b	22.8±4.84a	26.8±3.32a,y	0.000
		P1	0.721	0.990	0.026	0.088	0.018	0.071	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Pro	0	24	11.7±0.47b	19.1±5.44a,X	16.2±2.64a	17.4±3.94a	19.7±4.47a	18.4±2.57a	0.008
		48	9.90±0.87b	16.2±4.14a,x	17.3±3.95a	18.1±3.17a	17.5±3.03a	19.5±2.34a	0.000
		P1	0.001	0.003	0.235	0.197	0.076	0.001	
	1	24	10.3±1.29c	13.3±3.57bc,Y	15.5±3.43ab	16.2±3.19ab	17.9±5.11a	17.0±3.42a	0.009
		48	9.90±1.07c	13.8±2.84b,y	15.0±2.86ab	16.7±2.25ab	17.9±2.79a	17.3±2.11a	0.000
		P1	0.457	0.221	0.132	0.242	0.976	0.643	
	2	24	10.9±0.76b	13.6±2.71ab,Y	14.5±3.58ab	16.3±3.20a	17.4±4.66a	17.7±3.14a	0.008
		48	11.4±1.63c	12.4±3.55bc,y	14.9±3.67abc	15.3±4.18abc	18.9±6.07a	17.3±3.30ab	0.023
		P1	0.217	0.058	0.060	0.079	0.069	0.097	
Gly+Gln	0	24	10.0±0.66c	11.9±3.52c	11.4±1.66c	14.3±2.35bc	17.7±2.96ab	18.9±2.13a	0.003
		48	9.50±1.39d	12.1±3.69cd	10.7±2.03cd	14.2±1.79bc	17.1±2.63ab	19.8±1.30a	0.001
		P1	0.457	0.377	0.251	0.799	0.627	0.428	
	1	24	11.1±1.69b	11.8±3.32b	10.9±2.11b	11.3±3.49b	16.6±3.93ab	18.3±3.40a	0.041
		48	10.3±1.27c	11.7±3.17c	9.80±1.61c	13.3±1.54bc	16.4±2.17ab	18.4±2.14a	0.001
		P1	0.296	0.748	0.112	0.372	0.840	0.926	
	2	24	10.9±1.16bc	11.4±3.08bc	9.70±1.83c	13.0±2.43bc	16.0±3.45ab	18.7±3.69a	0.014
		48	10.1±1.43c	11.1±3.33bc	10.3±2.35c	12.8±3.06abc	16.9±4.39ab	18.1±3.47a	0.030
		P1	0.107	0.311	0.217	0.645	0.278	0.078	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
His	0	24	5.46±3.62c	11.7±0.67ab	10.1±2.35b	11.3±2.54ab	12.5±2.46ab	15.2±2.39a	0.011
		48	7.49±1.58c	12.0±1.19ab	9.58±2.01bc	11.1±2.61abc	12.5±2.94ab	15.0±1.65a	0.015
		P1	0.329	0.484	0.259	0.732	0.993	0.870	
	1	24	8.67±1.54	11.9±0.94	9.64±2.12	10.6±2.73	11.7±3.38	13.8±3.05	0.219
		48	8.10±1.71bc	11.7±0.35ab	7.26±1.25c	10.7±2.35abc	11.6±2.65ab	13.4±2.62a	0.021
		P1	0.446	0.734	0.242	0.773	0.913	0.494	
	2	24	8.69±1.94	11.3±0.84	8.47±2.62	10.2±2.66	11.1±2.85	13.4±3.77	0.264
		48	7.02±1.84	11.2±1.24	8.93±2.98	9.99±3.46	11.8±4.37	13.2±3.94	0.280
		P1	0.278	0.570	0.220	0.754	0.499	0.567	
Met	0	24	1.00±0.11d	6.84±4.12c	10.1±0.36b,X	11.6±2.08b	14.8±1.72a	15.4±0.26a	0.000
		48	0.96±0.06d	6.92±4.08c	9.04±1.26c	12.1±0.91b	15.4±0.56a	16.0±0.30a	0.000
		P1	0.303	0.229	0.052	0.408	0.533	0.005	
	1	24	1.16±0.22c	7.00±4.60b	9.18±0.89b,X	14.0±2.47a	14.5±1.33a	15.7±0.96a	0.000
		48	1.06±0.04c	6.57±4.34b	8.96±0.73b	12.9±2.66a	14.9±2.90a	15.3±1.23a	0.000
		P1	0.268	0.011	0.636	0.001	0.799	0.546	
	2	24	1.06±0.13d	6.42±4.17c	7.73±0.91c,Y	12.7±1.65b	15.6±1.86a	15.4±0.31a	0.000
		48	1.07±0.12c	6.25±4.21b	8.61±0.83b	13.4±3.71a	14.7±0.77a	16.5±2.46a	0.000
		P1	0.765	0.305	0.000	0.419	0.089	0.304	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs [¶]	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Val	0	24	1.98±0.21d	7.80±3.84c	10.1±1.42bc	12.0±2.26ab	14.5±2.51a	15.5±1.43a	0.000
		48	1.98±0.11d	7.80±4.17c	9.67±1.51bc	12.4±1.59ab	14.8±2.63a	16.2±1.60a	0.000
		P1	0.969	0.988	0.260	0.602	0.761	0.445	
	1	24	2.08±0.27d	7.69±4.09c	9.64±1.64bc	11.7±1.91abc	13.9±2.92ab	15.4±2.10a	0.000
		48	1.97±0.04e	7.17±3.92d	9.26±0.97cd	11.6±0.63bc	13.7±1.00ab	15.5±1.21a	0.000
		P1	0.485	0.053	0.427	0.874	0.905	0.921	
	2	24	1.91±0.22d	6.99±3.66c	8.73±1.19bc	11.2±1.61ab	13.6±2.10a	15.1±2.48a	0.000
		48	1.93±0.17d	6.83±3.89c	9.23±1.44bc	11.2±1.63ab	13.9±2.54a	15.3±2.05a	0.000
		P1	0.765	0.576	0.073	0.949	0.505	0.491	
Ser+Asn	0	24	8.03±1.23c	8.67±0.99bc	6.50±0.46c,X	7.50±1.36c	10.9±1.34b	13.6±1.99a	0.000
		48	8.57±0.13b	8.47±2.00b	5.55±0.81b,x	7.10±1.06b	11.5±0.37a	12.9±3.04a	0.001
		P1	0.487	0.761	0.065	0.199	0.558	0.550	
	1	24	8.70±1.64bc	9.25±1.19b	5.77±0.24d,XY	6.92±1.63cd	10.2±0.76ab	11.7±1.03a	0.001
		48	8.62±0.81ab	7.87±1.04abc	5.32±0.46c,xy	6.62±1.11bc	9.26±1.16ab	10.4±3.00a	0.015
		P1	0.888	0.055	0.125	0.575	0.488	0.382	
	2	24	7.65±0.78ab	7.46±0.72ab	4.77±0.86c,Y	5.94±1.31bc	8.44±1.31ab	9.21±2.23a	0.014
		48	8.12±0.81ab	7.03±0.46bc	4.17±0.51d,y	4.97±1.17cd	6.99±0.97bc	9.26±2.13a	0.001
		P1	0.217	0.349	0.095	0.010	0.018	0.949	

[¶]FAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 25. (Devamı) Sucuk örneklerinde serbest amino asit konsantrasyonları

FAAs ^ψ	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Cys	0	24	2.63±0.70b	2.52±1.07b	2.02±0.29b	3.16±0.30b	4.49±0.41a	4.71±0.56a	0.001
		48	2.75±0.55	2.41±0.69	2.01±0.33	2.77±0.34	3.46±1.09	3.04±0.06	0.143
		P1	0.378	0.654	0.977	0.218	0.272	0.042	
	1	24	2.97±0.96b	2.55±1.04b	1.78±0.19b	2.56±0.57b	4.47±0.58a	4.62±0.70a	0.002
		48	2.83±0.55	2.27±0.64	2.08±0.42	2.90±1.52	2.91±1.82	2.37±0.70	0.878
		P1	0.617	0.343	0.471	0.745	0.168	0.090	
	2	24	2.84±0.57bc	2.40±0.76c	1.93±0.08c	2.57±0.50c	3.67±0.69ab	4.05±0.56a	0.005
		48	2.79±0.71	2.25±0.60	1.89±0.11	3.05±1.92	2.71±0.91	3.09±1.11	0.697
		P1	0.643	0.292	0.652	0.730	0.337	0.099	
Tyr	0	24	1.84±0.14b	2.16±0.77b	1.89±0.65b	1.94±0.71b	2.61±0.55ab	3.10±0.87a	0.013
		48	1.80±0.19ab	1.31±0.41cd,z	1.01±0.42d,y	0.98±0.34d	1.58±0.16bc	2.12±0.16a	0.000
		P1	0.563	0.006	0.006	0.007	0.013	0.060	
	1	24	1.84±0.08b	2.82±0.54b	1.94±0.62b	1.96±0.29a	2.87±0.57a	3.34±0.65a	0.000
		48	1.85±0.08b	1.87±0.18b,y	1.33±0.19b,xy	1.40±0.29b	1.83±0.85b	2.50±0.81a	0.006
		P1	0.844	0.002	0.043	0.000	0.008	0.019	
	2	24	1.74±0.08d	2.96±0.29abc	2.06±0.63cd	2.56±0.64bcd	3.09±0.89ab	3.75±1.22a	0.001
		48	1.70±0.14bc	2.28±0.10ab,x	1.87±0.08bc,x	1.56±0.57c	1.98±0.46bc	2.61±0.94a	0.010
		P1	0.475	0.001	0.051	0.000	0.003	0.002	

^ψFAAs: Serbest amino asitler (Free amino acids, mg/100 g kurumadde) #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 26. Sucuk örneklerinde lipolitik nitelikler

Lipolitik nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Toplam [†] FFAs	0	24	1891±220d	1972±562d	3211±140c	3364±358bc	3727±359ab	3803±147a,X	0.000
		48	1811±477d	1857±317d	2881±385c	3311±355bc	3856±471a,x	3771±385ab,x	0.000
		P1	0.566	0.499	0.022	0.216	0.407	0.850	
	1	24	1933±325c	1839±387c	2968±331b	3075±389b	3702±263a	3786±207a,X	0.000
		48	1994±393d	1937±386d	2936±376c	3466±133ab	3789±147a,x	3330±364b,y	0.000
		P1	0.760	0.188	0.624	0.033	0.485	0.089	
	2	24	1944±296c	2115±593c	3053±425b	2867±166b	3412±286a	3306±289a,y	0.000
		48	2030±395c	2251±619c	2834±196b	3171±193ab	3301±181a,y	3406±279a,y	0.000
		P1	0.655	0.719	0.199	0.084	0.097	0.489	
PD [‡]	0	24	2.13±0.63c	2.96±0.5bc	4.04±1.71ab	3.19±0.82abc	4.91±2.46a	4.25±1.96ab	0.013
		48	1.89±1.24b	3.00±0.95ab	3.28±1.07ab	3.62±1.12a	3.95±2.34a	4.50±0.63a	0.028
		P1	0.389	0.944	0.037	0.056	0.096	0.658	
	1	24	2.02±0.96b	2.61±0.89ab	3.85±1.28ab	3.64±1.66ab	4.44±2.43a	3.38±1.07ab	0.038
		48	1.39±0.32b	2.95±1.02ab	3.05±1.06ab	3.47±1.14a	3.86±2.60a	3.70±0.85a	0.025
		P1	0.051	0.063	0.052	0.522	0.167	0.553	
	2	24	2.38±1.15	2.41±1.05	3.75±1.24	4.05±1.98	4.04±2.20	2.77±1.20	0.106
		48	1.45±0.34b	2.45±0.83ab	2.67±0.69ab	3.83±1.85a	3.30±1.59a	3.65±1.10a	0.005
		P1	0.047	0.911	0.005	0.308	0.054	0.006	
TBARS [§]	0	24	0.22±0.00c,Y	0.45±0.00ab,X	0.52±0.16a,X	0.52±0.16a	0.45±0.12ab	0.36±0.05b	0.000
		48	0.26±0.01b,z	0.42±0.00ab,x	0.57±0.20a,x	0.51±0.19a	0.47±0.13a	0.40±0.01ab,z	0.008
		P1	0.020	0.013	0.659	0.901	0.756	0.081	
	1	24	0.24±0.02b,XY	0.48±0.00a,X	0.38±0.06ab,Y	0.44±0.13a	0.53±0.26a	0.39±0.07ab	0.012
		48	0.28±0.01b,y	0.46±0.00ab,x	0.38±0.06ab,y	0.46±0.14ab	0.49±0.28a	0.44±0.00ab,x	0.048
		P1	0.085	0.006	0.904	0.810	0.780	0.130	
	2	24	0.27±0.04b,X	0.34±0.04ab,Y	0.40±0.01a,Y	0.42±0.07a	0.38±0.04a	0.36±0.10ab	0.001
		48	0.31±0.01c,x	0.30±0.00c,y	0.44±0.05a,xy	0.45±0.04a	0.39±0.04b	0.42±0.00ab,y	0.000
		P1	0.219	0.016	0.075	0.249	0.600	0.155	

[†]TBARS: Tiyoabütirik asit reaktif maddeler (Thiobarbutyric acid reactive substrates, mg MDA/kg); [‡]PD: Peroksit değeri (meq O₂/kg yağ); [§]FFAs: Serbest yağ asitleri (Free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 27. Sucuk örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

τ SFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C6:0	0	24	4.17±2.14	4.75±1.71	5.67±1.75	5.17±2.40	4.67±1.51	4.67±1.03	0.791
		48	4.67±2.58	5.00±2.31	4.17±2.48	4.33±1.51	4.50±1.23	3.83±2.23	0.964
		P1	0.203	0.718	0.215	0.363	0.793	0.383	
	1	24	3.83±1.33	4.75±2.06	6.33±1.37	5.83±0.75	4.67±2.34	4.33±1.51	0.102
		48	5.83±2.56	4.00±1.41	4.67±1.37	6.17±0.98	5.33±2.42	5.67±2.50	0.564
		P1	0.058	0.444	0.080	0.363	0.465	0.408	
	2	24	5.00±1.10	5.50±1.92	4.83±0.75	5.50±1.05	5.00±2.37	4.00±1.79	0.635
		48	5.67±0.82	5.50±1.73	5.17±1.17	6.33±1.51	4.50±1.52	5.17±0.98	0.277
		P1	0.102	1.000	0.576	0.224	0.415	0.272	
C8:0	0	24	3.83±1.94	3.75±0.96	4.50±1.05	3.50±1.38	4.17±1.84	4.67±1.21	0.736
		48	4.33±1.75	3.75±1.50	4.00±2.10	3.33±1.51	4.67±1.63	3.67±1.21	0.769
		P1	0.542	1.000	0.562	0.611	0.076	0.229	
	1	24	3.17±1.33	3.75±1.50	4.33±1.03	3.50±1.23	3.33±1.03	3.33±0.52	0.529
		48	3.83±1.17	3.75±2.22	3.17±1.47	4.00±1.55	4.00±1.27	3.83±1.17	0.925
		P1	0.394	1.000	0.110	0.456	0.102	0.415	
	2	24	3.00±1.10	4.25±2.06	3.50±1.23	3.00±0.01	3.67±0.82	3.17±0.41	0.417
		48	3.50±1.87	4.25±1.89	3.50±0.84	3.83±0.41	3.50±0.84	4.17±0.98	0.818
		P1	0.296	1.000	1.000	0.004	0.363	0.041	

^τSFAs: Doymuş serbest yağ asitleri (Saturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 27. (Devamı) Sucuk örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

τ SFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C10:0	0	24	1.87±0.63c	2.00±0.55bc	3.05±0.59ab	3.20±0.50a	3.20±0.83a	3.32±0.47a	0.001
		48	2.38±0.50b	1.85±0.19b	2.87±1.28ab	2.72±0.48ab	3.73±1.31a	3.92±1.26a	0.016
		P1	0.196	0.795	0.734	0.012	0.435	0.293	
	1	24	2.47±0.18	2.28±0.74	3.57±1.24	3.10±0.73	3.40±0.89	3.62±0.74	0.051
		48	3.12±1.24	2.35±0.59	3.20±1.27	3.12±0.45	3.43±0.98	3.93±1.17	0.322
		P1	0.235	0.608	0.624	0.914	0.906	0.679	
	2	24	2.75±0.95	2.52±0.79	3.27±1.19	2.75±0.46	3.35±0.96	2.97±0.79	0.630
		48	2.62±0.70	2.80±0.96	2.93±0.58	3.08±0.91	2.87±0.52	3.45±0.69	0.488
		P1	0.795	0.351	0.496	0.538	0.277	0.106	
C12:0	0	24	1.90±1.11b	1.95±0.34b	3.12±0.53ab	2.95±0.75ab	3.78±0.88a	3.07±0.89a	0.004
		48	2.75±1.54	1.98±0.39	2.52±1.03	2.53±1.02	3.13±1.51	3.80±0.84	0.214
		P1	0.348	0.867	0.233	0.245	0.313	0.103	
	1	24	2.50±0.74	2.45±1.02	2.93±1.49	2.57±0.97	3.02±1.12	2.98±1.16	0.906
		48	2.72±1.18	2.23±0.51	2.82±1.39	2.98±0.52	2.88±1.84	3.53±1.32	0.722
		P1	0.650	0.541	0.875	0.195	0.720	0.321	
	2	24	2.43±1.12	2.75±0.90	3.70±2.91	2.08±0.60	3.28±0.55	3.53±1.18	0.371
		48	2.50±0.54	2.43±0.62	2.37±0.62	3.38±1.37	3.33±1.04	3.23±1.49	0.316
		P1	0.895	0.630	0.304	0.042	0.872	0.706	

^τSFAs: Doymuş serbest yağ asitleri (Saturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 27. (Devamı) Sucuk örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

τ SFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C14:0	0	24	35.2±21.9b	50.8±14.2ab	56.5±14.9ab	56.2±10.9ab	61.8±15.7a	63.7±20.6a	0.042
		48	41.7±22.0b	44.5±11.4b	55.5±20.1ab	60.8±7.17ab	68.2±10.1a	73.3±11.6a	0.008
		P1	0.390	0.103	0.749	0.110	0.139	0.262	
	1	24	44.0±16.2c	48.3±12.1bc	59.5±13.8abc	60.5±9.77abc	63.0±11.8ab	69.7±11.4a	0.021
		48	49.2±22.1	53.0±14.4	55.7±10.0	62.5±6.38	68.7±12.3	67.3±14.2	0.136
		P1	0.471	0.051	0.355	0.442	0.079	0.755	
	2	24	47.2±14.2	54.8±18.8	56.5±7.74	57.3±9.03	62.8±14.8	66.5±7.58	0.147
		48	50.5±26.4	58.0±17.5	53.5±11.3	64.7±14.3	59.3±9.61	68.3±11.6	0.414
		P1	0.536	0.720	0.129	0.056	0.222	0.761	
C15:0	0	24	6.50±3.73c	7.50±2.08bc	10.7±3.20bc	10.3±2.81bc	11.2±2.14b	15.7±5.01a	0.002
		48	6.17±2.64b	7.00±1.41a	11.5±4.09a	12.5±3.08a	12.2±1.94a	14.0±2.97a	0.000
		P1	0.758	0.391	0.317	0.093	0.253	0.383	
	1	24	6.83±2.56b	7.50±1.92b	11.8±1.84a	11.2±3.76a	11.3±1.86a	13.2±1.84a	0.001
		48	8.67±2.88b	8.25±2.22b	10.5±2.88ab	11.7±3.33ab	12.8±1.47a	13.0±3.10a	0.029
		P1	0.150	0.519	0.140	0.713	0.060	0.889	
	2	24	7.83±2.32	9.00±2.94	11.3±3.98	10.8±3.31	10.7±3.39	12.0±2.37	0.245
		48	8.00±4.52	9.00±2.16	9.20±1.72	11.7±4.03	10.7±2.25	13.3±2.94	0.076
		P1	0.876	1.000	0.206	0.317	1.000	0.191	

^τSFAs: Doymuş serbest yağ asitleri (Saturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 27. (Devamı) Sucuk örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

τ SFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C16:0	0	24	573±78.9c	608±171bc	741±52.0abc	772±167ab	872±102a	863±26.9a,X	0.005
		48	525±153b	569±109b	690±129ab	799±70.3a	893±155a	900±179a	0.003
		P1	0.445	0.443	0.481	0.637	0.653	0.676	
	1	24	625±166b	574±123b	740±98.7ab	745±108ab	861±94.9a	875±44.5a,X	0.006
		48	611±148b	609±144b	693±154ab	820±52.1a	854±87.3a	840±115a	0.022
		P1	0.883	0.219	0.263	0.101	0.923	0.539	
	2	24	579±119	661±193	715±104	678±31.6	797±109	762±60.3Y	0.158
		48	635±130	694±199	659±64.6	747±68.5	767±82.6	804±148	0.391
		P1	0.386	0.773	0.112	0.252	0.200	0.612	
C17:0	0	24	16.0±4.08b	16.5±5.92b	23.8±2.75a	24.0±2.45a	25.3±3.50a	25.0±2.45a	0.004
		48	14.8±7.81b	14.3±2.22b	21.0±3.92ab	23.0±4.40a	26.3±2.75a	27.8±6.13a	0.004
		P1	0.692	0.328	0.140	0.546	0.604	0.322	
	1	24	17.3±4.92b	14.5±3.32b	21.8±3.10ab	22.3±2.87ab	26.5±2.38a	27.0±4.40a	0.001
		48	20.0±8.04	17.8±4.27	20.8±2.22	24.8±2.06	29.0±2.94	23.0±6.93	0.064
		P1	0.386	0.051	0.252	0.287	0.348	0.523	
	2	24	19.5±4.44	20.5±6.81	23.8±7.27	19.5±1.73	23.3±2.75	22.3±3.30	0.698
		48	24.3±7.59	20.5±5.80	18.8±1.71	22.5±1.73	24.8±1.50	27.3±6.99	0.230
		P1	0.113	1.000	0.185	0.103	0.339	0.182	

^τSFAs: Doymuş serbest yağ asitleri (Saturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P_2 < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 27. (Devamı) Sucuk örneklerinde doymuş serbest yağ asitleri

τ SFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C18:0	0	24	548±144b	568±164b	712±59.5ab	765±113a	792±105a	798±39.1a,X	0.014
		48	542±243b	534±86.2b	666±129ab	720±126ab	822±131a,x	798±120a	0.048
		P1	0.923	0.534	0.544	0.163	0.578	0.993	
	1	24	595±115b	551±110b	653±85.3ab	671±71.7ab	775±78.2a	796±87.5a,X	0.009
		48	626±185	564±121	644±90.1	741±15.8	864±91.4x	654±234	0.096
		P1	0.737	0.549	0.797	0.171	0.285	0.438	
	2	24	596±136	626±142	713±191	602±71.8	687±92.0	685±57.3Y	0.670
		48	569±151	674±189	624±52.1	668±45.1	685±68.1y	722±118	0.537
		P1	0.833	0.675	0.364	0.279	0.883	0.579	
Toplam SFAs	0	24	1209±223b	1263±353b	1555±122ab	1646±283a	1787±229a	1790±61a,X	0.006
		48	1150±427c	1181±207bc	1453±271abc	1627±207ab	1843±300a	1831±308a,x	0.010
		P1	0.667	0.451	0.504	0.704	0.602	0.777	
	1	24	1309±296b	1208±252b	1497±192ab	1522±193ab	1759±176a	1795±114a,X	0.005
		48	1338±362b	1265±288b	1438±251b	1675±63ab	1851±164a	1614±290ab,y	0.037
		P1	0.887	0.284	0.171	0.140	0.523	0.428	
	2	24	1270±266	1386±361	1531±295	1372±106	1597±208	1559±130Y	0.394
		48	1316±275	1471±415	1374±127	1517±121	1562±152	1651±245y	0.444
		P1	0.805	0.728	0.256	0.262	0.384	0.502	

[#]SFAs: Doymuş serbest yağ asitleri (Saturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 28. Sucuk örneklerinde tekli doymamış serbest yağ asitleri

MUFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			1	3	7	37	67	97	
C14:1	0	24	5.50±1.00b	5.75±2.50b	6.25±1.26b	7.75±1.26ab	9.00±1.41a	10.0±1.41a	0.003
		48	4.75±2.87c	5.25±1.50bc	6.50±1.29bc	7.75±0.96ab	9.75±1.26a	10.3±1.71a	0.001
		P1	0.608	0.638	0.391	1.000	0.058	0.718	
	1	24	5.25±1.71b	5.25±0.96b	7.25±0.50ab	7.50±0.58a	9.00±0.04a	8.75±0.96a	0.000
		48	5.75±1.71b	5.75±1.50b	6.75±1.89ab	8.50±0.58ab	10.5±1.92a	8.75±2.06ab	0.004
		P1	0.391	0.182	0.604	0.092	0.215	1.000	
	2	24	5.75±1.50bc	4.75±1.50c	6.75±0.96abc	7.00±0.82abc	8.25±0.96ab	8.75±1.71a	0.003
		48	6.50±2.08b	5.75±1.71b	6.50±1.00b	7.50±0.58ab	8.00±0.82ab	9.25±1.71a	0.032
		P1	0.215	0.092	0.638	0.391	0.638	0.638	
C16:1	0	24	54.3±11.6c	53.8±14.0c	106±38.9ab	90.8±15.6b	127±15.9a	131±9.60a	0.000
		48	44.8±23.0c	40.8±22.6c	82.3±18.1b	104±5.90ab	128±21.0a	121±22.2a	0.000
		P1	0.260	0.132	0.352	0.179	0.847	0.395	
	1	24	52.8±11.4c	49.0±10.2c	90.5±9.00b	103±13.9b	125±6.30a	126±13.4a	0.000
		48	55.5±17.1c	51.0±10.0c	87.8±19.1ab	111±8.10a	111±18.0a	110±19.6a	0.000
		P1	0.697	0.704	0.667	0.170	0.227	0.315	
	2	24	49.5±5.90b	53.3±15.3b	104±24.8a	92.8±3.00a	116±8.50a	116±18.9a	0.000
		48	55.0±15.5b	59.3±19.8b	90.0±13.0a	102±8.50a	108±8.80a	106±24.5a	0.000
		P1	0.396	0.603	0.400	0.152	0.135	0.511	

[#]MUFAs: Tekli doymamış erbest yağ asitleri (Monounsaturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 28. (Devamı) Sucuk örneklerinde tekli doymamış serbest yağ asitleri

MUFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C18:1	0	24	592±56.5c	613±188c	1373±107b	1420±126b	1577±144a	1610±86.8a,X	0.000
		48	507±116c	594±91.5c	1183±140b	1378±176b	1643±237a	1597±160a,x	0.000
		P1	0.080	0.765	0.004	0.145	0.456	0.890	
	1	24	539±101c	541±131c	1208±204b	1266±224b	1606±109a	1624±106a,X	0.000
		48	568±112c	581±90.0c	1242±174b	1486±61.4a	1579±133a	1432±74.2a,y	0.000
		P1	0.672	0.383	0.486	0.059	0.599	0.026	
	2	24	595±107c	636±212c	1252±168b	1226±88.8b	1480±134a	1417±129a,Y	0.000
		48	624±136c	675±177c	1215±102b	1370±87.8ab	1433±69.2a	1455±48.1a,y	0.000
		P1	0.525	0.737	0.602	0.078	0.196	0.481	
Toplam MUFAs	0	24	651±63c	672±205c	1486±165b	1519±176ab	1713±201ab	1751±109a	0.000
		48	556±157c	640±108c	1272±193b	1490±226ab	1780±276a	1727±204a	0.000
		P1	0.238	0.601	0.066	0.451	0.595	0.866	
	1	24	597±133c	596±143c	1305±232b	1377±263b	1740±128a	1759±143a	0.000
		48	629±138c	638±100c	1336±205b	1605±87a	1700±166a	1551±91a	0.000
		P1	0.765	0.408	0.687	0.169	0.658	0.133	
	2	24	650±122b	695±228b	1363±241a	1325±100a	1604±158a	1541±166a	0.000
		48	686±176c	740±198c	1311±125b	1480±116ab	1549±81a	1570±84a	0.000
		P1	0.659	0.724	0.685	0.205	0.302	0.736	

[#]MUFAs: Tekli doymamış erbest yağ asitleri (Monounsaturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 29. Sucuk örneklerinde çoklu doymamış serbest yağ asitleri

PUFAs	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
C18:2	0	24	29.5±3.70e	35.3±8.34e	163±12.2d	193±14.5c	222±19.7b	256±22.2a	0.000
		48	19.5±6.25d	34.3±4.86d	151±10.8c	187±27.0b	225±23.5a	207±25.9ab	0.000
		P1	0.037	0.769	0.098	0.537	0.861	0.129	
	1	24	24.3±4.11d	33.3±7.14d	161±13.5c	173±32.4bc	197±30.2ab	226±20.0a	0.000
		48	24.3±5.38c	32.3±4.03c	157±30.7b	179±13.6b	232±33.2a	159±68.1b	0.000
		P1	1.000	0.825	0.680	0.604	0.186	0.168	
	2	24	24.0±0.82c	33.5±5.69c	154±17.0b	165±19.8ab	205±22.7a	199±61.4a	0.000
		48	26.3±3.69b	36.8±6.08b	143±15.9a	168±17.3a	185±28.3a	179±60.7a	0.000
		P1	0.215	0.370	0.354	0.732	0.085	0.439	
C18:3	0	24	2.05±1.58b	2.43±0.91b	7.18±2.48a	6.50±1.72a	5.90±1.76a	6.98±1.26a	0.001
		48	2.47±1.54b	2.38±0.56b	5.98±2.05a	6.90±1.76a	7.45±1.69a	6.77±1.45a	0.000
		P1	0.539	0.827	0.031	0.596	0.062	0.858	
	1	24	2.7±0.23c	2.20±0.38c	5.20±1.34b	4.43±2.22b	6.93±0.19a	7.25±0.99a	0.000
		48	3.2±0.63bc	2.00±0.29c	4.73±1.42ab	6.50±1.38a	6.43±2.93a	7.13±1.13a	0.001
		P1	0.262	0.161	0.603	0.205	0.747	0.893	
	2	24	1.05±0.30b	1.48±0.75b	5.55±1.31a	4.75±2.01a	6.45±0.55a	5.75±1.10a	0.000
		48	2.68±2.34b	3.13±1.17b	5.72±0.61a	6.30±1.06a	5.48±0.53a	6.18±1.76a	0.004
		P1	0.306	0.115	0.864	0.367	0.125	0.770	
PUFA	0	24	31.3±3.30e,X	37.3±9.29e	170±11.3d	200±13.9c	227±19.9b	263±22.7a	0.000
		48	22.0±6.78d	36.8±5.38d	157±11.3c	194±28.9b	233±25.0a	214±27.0ab	0.000
		P1	0.075	0.887	0.079	0.599	0.793	0.135	
	1	24	27.0±4.08d,XY	35.5±7.59d	167±12.1c	177±33.5bc	204±30.4ab	233±20.3a	0.000
		48	27.8±5.85c	34.5±3.87c	161±31.2b	186±14.3b	239±32.8a	166±69.0b	0.000
		P1	0.764	0.825	0.668	0.487	0.200	0.177	
	2	24	25.0±0.82c,Y	35.3±6.29c	160±18.6b	169±20.0ab	211±22.3a	205±60.6a	0.000
		48	28.5±5.69b	39.8±7.23b	149±15.6a	174±17.3a	191±28.5a	185±61.6a	0.000
		P1	0.251	0.326	0.374	0.608	0.085	0.472	

[#]PUFAs: Çoklu doymamış serbest yağ asitleri (Poliunsaturated free fatty acids, mg/100g yağ). #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05).

EK 30. Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Monoterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
p-Simen	0	24	6.68±1.51b	10.2±1.80a	11.6±3.87a	12.9±3.33a	12.0±1.72a	9.50±1.89ab	0.004
		48	8.33±2.09b	10.4±1.72ab	11.9±2.38ab	14.0±3.89a	11.0±0.72ab	10.7±3.96ab	0.041
		P1	0.005	0.807	0.673	0.044	0.105	0.233	
	1	24	6.90±1.10c	10.7±1.44ab	13.7±3.80a	13.8±2.35a	11.7±1.49ab	10.2±3.15b	0.000
		48	7.41±1.42b	11.7±1.74a	13.3±4.30a	10.9±2.17ab	12.0±2.84a	10.0±3.40ab	0.030
		P1	0.538	0.403	0.456	0.009	0.719	0.795	
	2	24	6.66±0.69d	10.6±1.21c	15.0±3.67a	14.2±2.87ab	11.4±0.84bc	11.4±2.18bc	0.000
		48	6.72±0.94c	11.1±2.41b	14.7±3.56a	10.7±1.61b	11.7±1.95b	11.3±1.81b	0.000
		P1	0.851	0.476	0.532	0.010	0.561	0.700	
Limonen	0	24	4.88±0.88c	6.40±1.49bc	8.71±2.98ab	10.3±2.70a	10.5±1.54a	8.59±1.07ab	0.000
		48	5.93±1.30d	6.41±1.18cd	8.56±1.64bc	11.2±2.77a	9.53±0.44ab	9.10±2.27ab	0.000
		P1	0.011	0.963	0.853	0.057	0.144	0.370	
	1	24	4.77±0.68c	6.50±1.19bc	9.86±2.73a	10.4±2.17a	9.60±1.55a	8.92±2.95ab	0.000
		48	5.22±1.17c	7.03±1.64bc	9.20±2.92ab	9.31±1.00ab	10.0±2.47a	8.50±2.27ab	0.005
		P1	0.477	0.562	0.210	0.214	0.553	0.475	
	2	24	4.63±0.51b	6.40±0.98b	11.2±2.73a	11.0±2.38a	9.77±0.84a	9.58±2.57a	0.000
		48	4.63±0.56c	6.86±1.91c	10.9±2.32a	9.22±0.55a	9.31±1.55a	9.79±1.62a	0.000
		P1	0.991	0.468	0.481	0.174	0.218	0.740	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Monoterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) #				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
β -Mirsen	0	24	2.00±0.43c	2.70±0.59bc	3.84±1.18ab	4.57±1.10a	4.66±0.55a	3.98±0.62ab	0.000
		48	2.44±0.52c	2.81±0.50c	3.89±0.70b	5.02±1.10a,x	4.38±0.31ab	3.97±0.97b	0.000
		P1	0.003	0.543	0.864	0.006	0.322	0.969	
	1	24	2.05±0.28c	2.88±0.44bc	4.48±1.00a	4.80±0.86a	4.33±0.52a	3.87±1.20ab	0.000
		48	2.21±0.42c	2.99±0.45bc	4.40±1.21a	4.15±0.38a,xy	4.49±0.81a	3.75±0.71ab	0.000
		P1	0.5225	0.785	0.684	0.127	0.576	0.670	
	2	24	2.13±0.20b	2.70±0.26b	4.86±0.99a	4.88±0.78a	4.49±0.32a	4.26±1.10a	0.000
		48	2.01±0.22b	2.88±0.57b	4.79±0.86a	3.94±0.18a,y	4.07±0.36a	4.39±0.48a	0.000
		P1	0.296	0.338	0.661	0.046	0.134	0.740	
α -Fellandiren	0	24	1.21±0.35b	1.49±0.40b	2.39±0.64a	2.87±0.61a	2.99±0.31a	2.65±0.34ab	0.000
		48	1.48±0.34c	1.48±0.33c	2.32±0.37b	3.13±0.51a,x	2.82±0.31ab	2.54±0.49b	0.000
		P1	0.015	0.934	0.714	0.021	0.252	0.444	
	1	24	1.28±0.13b	1.61±0.33b	2.69±0.54a	2.93±0.50a	2.74±0.35a	2.47±0.67a	0.000
		48	1.39±0.33b	1.69±0.42b	2.75±0.67a	2.35±0.33a,y	2.87±0.48a	2.48±0.40a	0.000
		P1	0.449	0.724	0.521	0.008	0.457	0.896	
	2	24	1.41±0.27b	1.58±0.19b	3.13±0.56a	3.12±0.50a	2.57±0.57a	2.87±0.68a	0.000
		48	1.26±0.10c	1.72±0.51b	3.00±0.53a	2.59±0.19a,y	2.68±0.30a	2.76±0.24a	0.000
		P1	0.206	0.439	0.217	0.050	0.456	0.734	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Monoterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
α -Pinen	0	24	0.87±0.31c	1.21±0.35bc	1.77±1.19abc	3.13±1.83a	2.61±1.26ab	2.22±1.32abc	0.036
		48	0.90±0.26c	1.05±0.25c	1.55±0.43bc	2.80±1.29a	2.07±0.63abc	2.27±1.38ab	0.007
		P1	0.772	0.562	0.682	0.352	0.176	0.812	
	1	24	0.63±0.17b	0.81±0.07b	2.06±1.01a	2.36±0.88a	2.01±1.01a	2.42±1.34a	0.007
		48	0.77±0.28b	0.89±0.28b	2.11±0.99a	1.91±0.94ab	2.15±1.06a	2.34±1.23a	0.025
		P1	0.314	0.666	0.845	0.356	0.675	0.442	
	2	24	0.79±0.21b	1.03±0.13b	2.12±1.17ab	2.64±1.31a	1.97±1.09ab	2.67±1.34a	0.020
		48	0.82±0.23b	1.16±0.50ab	2.16±0.86a	1.77±0.64ab	2.04±1.18a	2.17±1.13a	0.052
		P1	0.771	0.693	0.918	0.073	0.675	0.156	
β -Pinen	0	24	5.55±1.41c	7.90±2.30bc	11.5±4.26ab	13.6±3.76a	13.4±2.13a	11.7±2.16ab	0.000
		48	6.76±1.64c	7.83±2.22bc	11.2±2.86abc	14.7±3.89a	12.3±0.62ab	11.8±3.63ab	0.000
		P1	0.012	0.365	0.752	0.035	0.159	0.906	
	1	24	5.45±0.88c	8.15±1.62bc	12.9±3.29ab	13.5±2.97a	12.4±2.28ab	12.0±4.40ab	0.000
		48	5.92±1.32c	8.53±2.23bc	12.6±4.07a	11.0±2.54a	12.2±2.44ab	10.8±2.95ab	0.002
		P1	0.503	0.720	0.615	0.015	0.813	0.171	
	2	24	5.27±0.85c	7.89±1.26bc	14.2±3.67a	14.1±3.19a	11.2±2.92ab	13.2±3.54a	0.000
		48	5.26±0.74c	8.40±2.68b	13.6±3.34a	11.0±2.22ab	11.5±2.12a	12.8±2.29a	0.000
		P1	0.989	0.569	0.209	0.011	0.576	0.619	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Monoterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Δ -3-Carene	0	24	5.12±1.17b	7.04±1.75b	9.86±3.29a	11.6±3.05a	11.7±1.55a	10.4±1.91a	0.000
		48	6.33±1.41b	7.03±1.44b	9.86±2.14a	12.5±3.14a	10.8±0.33a	10.1±3.02a	0.000
		P1	0.004	0.991	0.997	0.053	0.158	0.686	
	1	24	5.01±0.55b	7.11±1.29b	11.1±2.93a	11.5±2.34a	10.9±1.73a	10.1±3.96a	0.000
		48	5.46±1.24b	7.68±1.81ab	10.3±3.35a	9.53±2.02a	9.60±1.37a	9.53±2.53a	0.007
		P1	0.471	0.572	0.137	0.035	0.065	0.420	
	2	24	4.89±0.70b	7.06±1.03b	12.7±3.05a	12.6±2.68a	11.7±0.42a	11.6±3.44a	0.000
		48	4.86±0.68c	7.46±2.01b	12.3±2.74a	10.5±0.52a	10.3±1.47a	11.4±1.90a	0.000
		P1	0.952	0.521	0.233	0.021	0.068	0.883	
Sabinen	0	24	0.53±0.11c	0.73±0.22bc	1.04±0.38ab	1.21±0.31a	1.18±0.18a	1.02±0.19ab	0.000
		48	0.60±0.14d	0.74±0.20cd	1.04±0.24ab	1.34±0.34a	1.07±0.07ab	1.01±0.29bc	0.000
		P1	0.118	0.818	0.987	0.001	0.196	0.839	
	1	24	0.54±0.08b	0.70±0.12b	1.15±0.26a	1.19±0.26a	1.08±0.15a	1.00±0.35a	0.000
		48	0.54±0.11b	0.79±0.24b	1.17±0.35a	1.08±0.12a	1.14±0.27a	1.10±0.16a	0.000
		P1	0.989	0.477	0.770	0.286	0.522	0.521	
	2	24	0.51±0.07b	0.72±0.10b	1.34±0.37a	1.26±0.26a	0.98±0.25a	1.11±0.31a	0.000
		48	0.52±0.09c	0.77±0.25d	1.24±0.26a	1.02±0.17a	1.06±0.17a	1.10±0.17a	0.000
		P1	0.806	0.575	0.237	0.018	0.301	0.925	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Sesquiterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) #				
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	P2
α -Karyofilen	0	24	1.00±0.21c	1.23±0.23bc	1.65±0.56ab	1.89±0.38a	1.87±0.31a	1.66±0.27ab	0.001
		48	1.21±0.22b	1.17±0.21b	1.59±0.37ab	2.04±0.53a	1.73±0.14ab	1.70±0.48ab	0.003
		P1	0.018	0.421	0.588	0.122	0.253	0.642	
	1	24	1.05±0.16b	1.16±0.23b	1.80±0.50ab	2.02±0.48a	1.97±0.14a	1.81±0.67ab	0.001
		48	1.10±0.23c	1.26±0.32bc	1.73±0.48a	1.87±0.13a	1.88±0.35a	1.66±0.47ab	0.003
		P1	0.729	0.475	0.032	0.517	0.584	0.299	
	2	24	1.10±0.16b	1.26±0.13b	1.95±0.38a	1.97±0.47a	1.92±0.09a	1.76±0.46a	0.000
		48	1.04±0.07b	1.20±0.27b	1.98±0.47a	1.87±0.11a	1.80±0.30a	1.82±0.23a	0.000
		P1	0.374	0.552	0.506	0.644	0.434	0.649	
β -Elemen	0	24	1.32±0.45a	0.48±0.12b,Y	0.55±0.04b	0.57±0.09b	0.53±0.09b	0.45±0.08b	0.000
		48	1.87±1.01a	0.44±0.07b,y	0.46±0.07b	0.59±0.16b	0.49±0.04b	0.51±0.15b	0.000
		P1	0.122	0.239	0.032	0.522	0.396	0.230	
	1	24	1.36±0.43a	0.48±0.20b,Y	0.52±0.15b	0.55±0.15b	0.49±0.09b	0.57±0.06b	0.000
		48	1.63±0.57a	0.63±0.19b,xy	0.44±0.18b	0.46±0.11b	0.54±0.10b	0.52±0.16b	0.000
		P1	0.410	0.366	0.003	0.011	0.076	0.589	
	2	24	1.46±0.33a	0.85±0.06b,X	0.55±0.12c	0.53±0.14c	0.46±0.09c	0.53±0.15c	0.000
		48	1.28±0.37a	0.72±0.11b,x	0.54±0.13c	0.52±0.06c	0.54±0.05c	0.54±0.09c	0.000
		P1	0.088	0.021	0.832	0.753	0.165	0.857	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P_2 < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Sesquiterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) #				
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	P2
Δ -Kadinen	0	24	0.44±0.05c	0.47±0.04bc	0.60±0.18abc	0.75±0.14a	0.68±0.17a	0.63±0.09ab	0.002
		48	0.48±0.05c	0.43±0.07c,y	0.63±0.12ab	0.77±0.16a	0.62±0.14ab	0.68±0.17a	0.002
		P1	0.137	0.450	0.607	0.572	0.515	0.327	
	1	24	0.44±0.11c	0.41±0.04c	0.63±0.17abc	0.74±0.19a	0.64±0.18abc	0.66±0.30ab	0.046
		48	0.49±0.08	0.45±0.10y	0.60±0.18	0.64±0.13	0.66±0.14	0.68±0.19	0.076
		P1	0.531	0.255	0.619	0.071	0.785	0.806	
	2	24	0.51±0.13	0.49±0.09	0.71±0.09	0.68±0.22	0.66±0.12	0.63±0.17	0.103
		48	0.49±0.05	0.57±0.01x	0.60±0.18	0.66±0.10	0.60±0.14	0.66±0.08	0.132
		P1	0.764	0.209	0.173	0.873	0.183	0.495	
α -Kopen	0	24	2.15±0.92b	2.93±1.29ab	4.64±2.33a	4.93±1.76a	4.65±1.37a	4.00±1.40ab	0.036
		48	2.98±1.31x	3.82±0.13x	4.42±1.88x	5.29±2.18x	4.13±0.95x	3.48±1.88	0.230
		P1	0.062	0.259	0.337	0.240	0.109	0.263	
	1	24	1.96±0.52b	2.25±0.87b	4.31±1.69a	4.25±1.76a	3.74±1.21ab	3.63±1.62ab	0.031
		48	2.07±0.57xy	2.63±1.11xy	3.97±1.67xy	3.43±0.78y	3.42±0.92xy	3.22±1.03	0.070
		P1	0.683	0.347	0.050	0.339	0.475	0.292	
	2	24	1.72±0.38c	2.11±0.66bc	3.64±1.25a	3.66±1.22a	2.93±0.98abc	3.19±1.27ab	0.017
		48	1.57±0.26c,y	2.08±0.88bc,y	3.22±0.95a,y	2.58±0.31ab,y	2.77±0.74ab,y	2.73±0.57ab	0.004
		P1	0.182	0.934	0.287	0.065	0.473	0.291	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Sesquiterpenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Δ -Elemen	0	24	0.70±0.19b	0.75±0.29b	1.28±0.53ab	1.79±0.60a	1.42±0.23ab	1.30±0.37ab	0.001
		48	0.83±0.19c	0.87±0.07bc	1.19±0.38abc	1.59±0.48a	1.28±0.14ab	1.31±0.41a	0.006
		P1	0.107	0.369	0.426	0.562	0.131	0.875	
	1	24	0.69±0.18b	0.66±0.19b	1.33±0.46a	1.44±0.43a	1.41±0.14a	1.30±0.53a	0.002
		48	0.73±0.21c	0.80±0.38bc	1.27±0.46a	1.22±0.27ab	1.35±0.32a	1.20±0.36ab	0.019
		P1	0.787	0.418	0.091	0.050	0.642	0.308	
	2	24	0.73±0.18b	0.74±0.18b	1.43±0.35a	1.41±0.42a	1.39±0.06a	1.34±0.41a	0.000
		48	0.66±0.09b	0.69±0.28b	1.37±0.38a	1.31±0.10a	1.33±0.10a	1.37±0.31a	0.000
		P1	0.249	0.597	0.149	0.550	0.362	0.748	
β -Farnesen	0	24	0.38±0.03b	0.39±0.06b	0.58±0.04a	0.68±0.10a	0.66±0.11a	0.68±0.14a	0.000
		48	0.39±0.04b	0.35±0.05b	0.58±0.21a	0.68±0.18a	0.66±0.16a	0.63±0.14a	0.003
		P1	0.761	0.085	0.966	0.948	0.938	0.523	
	1	24	0.34±0.04b	0.35±0.03b	0.56±0.09a	0.67±0.03a	0.59±0.05a	0.65±0.26a	0.000
		48	0.40±0.02b	0.39±0.10b	0.61±0.10a	0.66±0.13a	0.71±0.15a	0.70±0.12a	0.000
		P1	0.026	0.333	0.129	0.706	0.054	0.658	
	2	24	0.37±0.06b	0.39±0.08b	0.60±0.04a	0.61±0.13a	0.63±0.12a	0.67±0.17a	0.000
		48	0.38±0.05c	0.47±0.19bc	0.66±0.14ab	0.63±0.11ab	0.69±0.20a	0.76±0.14a	0.001
		P1	0.629	0.535	0.366	0.814	0.292	0.160	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 30. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu terpen bileşenler

Uçucu Terpen bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Monoterpenler	0	24	26.8±6.00c	37.7±8.75bc	50.6±17.5ab	60.2±16.5a	59.1±8.88a	50.0±9.20ab	0.000
		48	32.8±7.42c	37.7±7.15bc	50.3±10.4ab	64.7±16.9a	54.0±2.58a	51.5±15.8ab	0.001
		P1	0.007	0.976	0.938	0.025	0.147	0.631	
	1	24	26.6±3.68c	38.5±6.34bc	57.9±15.4a	60.6±12.0a	54.7±8.52a	51.1±17.9ab	0.000
		48	28.9±6.09b	41.3±8.76ab	55.9±17.1a	50.2±8.95a	54.5±10.9a	48.6±13.2a	0.004
		P1	0.488	0.568	0.116	0.030	0.957	0.442	
	2	24	26.3±3.05b	38.0±4.88b	64.5±16.0a	63.9±13.9a	54.3±5.62a	56.6±14.8a	0.000
		48	26.1±3.14c	40.4±10.6b	62.8±14.2a	50.8±4.41ab	52.7±8.50a	55.7±9.10a	0.000
		P1	0.906	0.492	0.372	0.038	0.385	0.797	
Sesquiterpenler	0	24	6.00±1.76c	6.25±1.74bc	9.30±3.64ab	10.6±2.44a	9.81±2.21a	8.72±2.25abc	0.019
		48	7.76±2.67	7.07±0.40	8.87±2.93	11.0±3.52x	8.93±1.45	8.31±3.08	0.275
		P1	0.048	0.343	0.335	0.594	0.184	0.493	
	1	24	5.85±1.35bc	5.31±1.23c	9.14±3.04a	9.67±3.02a	8.83±1.61ab	8.63±3.09ab	0.029
		48	6.42±1.57	6.16±2.01	8.61±3.01	8.28±1.16y	8.55±1.71	7.99±2.23	0.222
		P1	0.539	0.334	0.017	0.255	0.447	0.271	
	2	24	5.89±1.18b	5.84±1.16b	8.87±2.20a	8.86±2.58a	7.98±1.21ab	8.13±2.58ab	0.045
		48	5.42±0.73b	5.73±1.45b	8.38±1.99a	7.57±0.54a,y	7.74±1.39a	7.87±1.19a	0.002
		P1	0.183	0.828	0.201	0.227	0.439	0.711	
Toplam	0	24	32.8±7.56c	43.9±10.5bc	59.9±21.1ab	70.8±18.9a	68.9±10.9a	58.8±11.2ab	0.001
		48	40.5±9.87c	44.8±7.48bc	59.2±13.3ab	75.6±20.4a	63.0±3.35ab	59.8±18.8ab	0.003
		P1	0.012	0.733	0.863	0.037	0.141	0.763	
	1	24	32.5±4.92c	43.8±7.51bc	67.0±18.4a	70.2±14.9a	63.5±10.1a	59.7±20.9ab	0.001
		48	35.3±7.56b	47.4±10.8ab	64.5±20.1a	58.5±9.95ab	63.1±12.5a	56.5±15.3ab	0.008
		P1	0.496	0.527	0.052	0.040	0.892	0.401	
	2	24	32.2±4.07b	43.8±5.92b	73.4±18.2a	72.7±16.3a	62.3±6.82a	64.8±17.2a	0.000
		48	31.5±3.50c	46.1±12.1b	71.1±16.1a	58.4±4.70ab	60.5±9.72a	63.6±10.2a	0.000
		P1	0.721	0.559	0.315	0.046	0.334	0.767	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05).

EK 31. Sucuk örneklerinde uçucu alkol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Kumin alkol	0	24	2.03±0.41c	13.8±3.75b	17.6±5.12ab	23.5±6.45a	21.7±7.55a	20.4±6.24ab	0.000
		48	2.77±0.80c	13.4±2.36b	16.7±2.36bc	24.2±4.83a	20.8±4.99ab	19.4±5.09ab	0.000
		P1	0.011	0.706	0.532	0.578	0.485	0.317	
	1	24	1.97±0.92c	11.4±3.25b	19.9±5.15a	23.5±7.49a	20.4±5.10a	20.6±7.11a	0.000
		48	2.53±0.96c	13.1±2.85b	20.6±4.43a	22.9±5.96a	22.3±4.72a	20.3±5.49a	0.000
		P1	0.001	0.097	0.697	0.625	0.043	0.845	
	2	24	2.05±0.90c	11.6±3.03b	21.1±3.60a	21.7±6.66a	21.9±6.52a	20.6±6.08a	0.000
		48	2.28±0.78c	11.1±1.48b	21.6±5.49a	25.0±7.78a	20.3±6.43a	21.5±7.34a	0.000
		P1	0.195	0.677	0.731	0.003	0.129	0.474	
1-Fenil-1-bütanol	0	24	11.7±1.53c	14.5±1.80ab	16.2±3.99a	17.0±1.68a	15.0±1.90a	12.2±0.66bc	0.001
		48	13.7±2.00b	13.1±2.73b	14.9±2.45ab,y	17.9±2.10a,x	14.3±2.29ab	12.7±1.50b	0.005
		P1	0.007	0.247	0.238	0.113	0.182	0.355	
	1	24	13.4±2.05c	14.0±1.83bc	17.5±2.25a	16.7±2.06ab	13.5±2.08c	11.4±2.69c	0.000
		48	13.9±1.80b	13.8±2.71b	16.5±2.11a,xy	13.8±0.64b,y	14.6±1.94ab	10.5±1.17c	0.000
		P1	0.657	0.931	0.080	0.009	0.093	0.339	
	2	24	13.8±1.79cd	14.7±1.11bc	19.2±1.53a	16.7±1.89b	12.8±1.90cd	11.9±1.79d	0.000
		48	12.7±1.07b	13.4±2.49b	18.6±1.96a,x	14.4±2.52b,y	13.3±2.05b	12.4±1.68b	0.000
		P1	0.165	0.173	0.117	0.036	0.509	0.410	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. P1: Sarımsak ile olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 31. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu alkol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Benzen etanol	0	24	-	-	0.41±0.27	0.31±0.35	0.37±0.41	0.38±0.36	0.983
		48	-	-	0.69±0.05a,x	0.24±0.05b,y	0.18±0.02b,y	0.42±0.37ab	0.011
		P1			0.156	0.734	0.448	0.902	
	1	24	-	-	0.41±0.19	0.41±0.28	0.56±0.22	0.40±0.33	0.568
		48	-	-	0.57±0.07,xy	0.44±0.24xy	0.55±0.26x	0.56±0.24	0.813
		P1			0.195	0.335	0.976	0.447	
	2	24	-	-	0.51±0.11	0.45±0.11	0.57±0.19	0.53±0.12	0.675
		48	-	-	0.42±0.11y	0.68±0.11x	0.60±0.03x	0.63±0.28	0.145
		P1			0.123	0.010	0.778	0.599	
Benzen metanol	0	24	-	0.68±0.24	0.47±0.06	0.77±0.33	0.60±0.10	0.55±0.07	0.170
		48	-	0.47±0.26	0.50±0.09	0.60±0.05	0.57±0.10	0.54±0.04	0.342
		P1		0.744	0.174	0.292	0.485	0.787	
	1	24	-	0.73±0.04a	0.56±0.07b	0.54±0.07b	0.55±0.04b	0.50±0.10b	0.001
		48	-	0.69±0.28	0.49±0.07	0.58±0.08	0.55±0.07	0.49±0.07	0.137
		P1		0.828	0.069	0.094	0.947	0.857	
	2	24	-	0.72±0.08a	0.50±0.06b	0.51±0.08b	0.58±0.09b	0.54±0.09b	0.007
		48	-	0.74±0.03a	0.54±0.07b	0.62±0.05ab	0.53±0.02b	0.54±0.05b	0.000
		P1		0.680	0.334	0.005	0.282	0.985	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37: 30 gün depolama; 67: 60 gün depolama; 97: 90 gün depolama. P1: Sarımsak ile olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 31. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu alkol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Etanol	0	24	-	3.39±0.13b,X	3.52±0.61b	4.16±0.55a,X	3.44±0.17b,X	2.36±0.66c	0.000
		48	-	3.72±0.26b,x	3.33±0.00c	4.59±0.04a,x	3.34±0.01c,y	3.00±0.04d,x	0.000
		P1		0.009	0.081	0.171	0.261	0.099	
	1	24	-	2.49±0.06c,Y	3.41±0.20a	3.32±0.24ab,Y	3.12±0.18b,Y	2.63±0.10c	0.000
		48	-	3.60±0.51ab,x	3.30±0.89b	3.85±0.13ab,y	3.99±0.05a,x	2.68±0.16c,y	0.002
		P1		0.009	0.711	0.046	0.003	0.671	
	2	24	-	2.10±0.26c,X	3.06±0.15a	2.67±0.14b,Z	2.27±0.23c,Z	2.77±0.04b	0.000
		48	-	2.93±0.11b,y	3.23±0.01a	3.41±0.09a,z	2.62±0.24c,z	2.38±0.13d,z	0.000
		P1		0.011	0.061	0.001	0.000	0.090	
3-Metil-2-bütanol	0	24	-	-	1.63±0.16bc,Y	2.77±0.16a,Y	1.70±0.16b,Y	1.29±0.05c,Y	0.002
		48	-	-	2.30±0.07b,x	4.09±0.36a,x	2.44±0.34b,x	3.07±0.39b,x	0.015
		P1			0.006	0.001	0.002	0.001	
	1	24	-	-	3.14±0.38ab,X	3.59±0.25a,X	2.51±0.27bc,X	2.17±0.10c,X	0.021
		48	-	-	2.08±0.07a,y	1.84±0.02ab,y	1.76±0.16b,x	1.50±0.030c,y	0.013
		P1			0.004	0.001	0.000	0.000	
	2	24	-	-	3.23±0.13a,X	2.34±0.15b,Y	1.53±0.04c,Y	1.39±0.19c,Y	0.001
		48	-	-	1.76±0.06a,z	0.89±0.01b,z	0.89±0.02b,y	1.04±0.13b,y	0.001
		P1			0.000	0.000	0.000	0.079	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 31. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu alkol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Hekzanol	0	24	0.15±0.09c	0.49±0.28a	0.39±0.13ab	0.48±0.07a	0.30±0.16bc	0.26±0.04bc	0.001
		48	0.15±0.04c	0.52±0.29a	0.43±0.10ab	0.59±0.06a,x	0.43±0.13ab	0.27±0.07bc	0.000
		P1	0.967	0.482	0.640	0.031	0.227	0.546	
	1	24	0.17±0.07c	0.59±0.37a	0.54±0.24a	0.48±0.21ab	0.41±0.14abc	0.28±0.08bc	0.009
		48	0.16±0.07b	0.45±0.22a	0.39±0.07a	0.37±0.07a,y	0.42±0.07a	0.25±0.05b	0.000
		P1	0.983	0.366	0.173	0.232	0.867	0.431	
	2	24	0.17±0.10b	0.53±0.26a	0.48±0.10a	0.47±0.15a	0.29±0.06b	0.24±0.04b	0.000
		48	0.21±0.10c	0.52±0.20a	0.54±0.16a	0.39±0.11ab,y	0.39±0.05ab	0.31±0.05bc	0.001
		P1	0.430	0.645	0.142	0.108	0.078	0.129	
Alkoller	0	24	13.8±1.80c	31.2±6.94b	36.5±10.4ab	44.3±7.71a	39.6±8.01ab	34.8±7.53ab	0.000
		48	16.7±2.72d	29.6±6.49c	34.7±5.95bc	46.4±8.36a	38.1±4.93b	35.2±7.67bc	0.000
		P1	0.006	0.396	0.432	0.097	0.393	0.837	
	1	24	15.5±2.89c	28.0±5.88b	40.8±9.04a	43.7±10.5a	37.2±7.08ab	34.7±10.5ab	0.000
		48	16.6±2.22c	29.9±7.13b	39.9±7.24a	39.8±7.50a	40.1±7.54a	33.4±7.73ab	0.000
		P1	0.390	0.342	0.678	0.041	0.032	0.501	
	2	24	16.0±2.29c	28.6±4.94b	43.5±7.05a	41.3±9.10a	37.3±8.00ab	35.1±7.11ab	0.000
		48	15.2±1.57c	27.3±5.31b	43.0±8.36a	42.3±9.65a	36.1±7.77ab	36.3±7.45ab	0.000
		P1	0.312	0.165	0.734	0.451	0.396	0.258	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 32. Sucuk örneklerinde uçucu fenol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Metil Öjenol	0	24	27.0±3.61	36.0±2.70	33.1±8.70	39.7±5.77	37.1±8.53	37.7±7.17	0.051
		48	30.5±9.05	32.4±0.12	30.4±4.49	40.6±6.47	34.5±5.53	33.0±4.47	0.076
		P1	0.202	0.324	0.238	0.673	0.231	0.084	
	1	24	30.9±8.48	29.4±3.36	34.0±7.60	38.5±10.2	33.2±6.03	36.1±11.1	0.661
		48	32.3±8.05	34.9±2.79	35.6±6.25	36.6±6.64	35.2±3.69	35.2±7.86	0.915
		P1	0.694	0.427	0.418	0.533	0.164	0.770	
	2	24	31.0±8.65	32.0±3.81	36.9±4.22	33.7±8.22	35.5±6.05	35.2±7.52	0.743
		48	29.1±4.84	31.9±6.74	35.0±6.90	37.6±7.75	36.7±2.73	37.6±4.84	0.113
		P1	0.576	1.000	0.360	0.056	0.708	0.391	
Öjenol	0	24	8.56±0.78b	8.79±1.02b	9.71±2.58ab	11.7±2.31ab	11.6±2.99ab	12.4±2.24a	0.042
		48	8.28±2.82b	9.25±0.17ab	8.39±1.52b	11.9±1.89a	11.1±1.77ab	11.2±1.66ab	0.010
		P1	0.816	0.687	0.073	0.750	0.512	0.093	
	1	24	7.92±3.49	7.54±0.51	9.83±2.74	11.0±4.13	10.1±2.57	11.5±3.81	0.424
		48	8.75±2.70	8.54±0.64	10.2±2.02	10.9±2.03	11.2±1.63	11.6±3.02	0.253
		P1	0.415	0.433	0.573	0.908	0.161	0.898	
	2	24	8.47±3.12	7.98±0.53	10.4±1.50	10.1±2.82	11.2±2.32	11.3±2.27	0.544
		48	8.26±1.59	8.49±0.04	9.65±2.30	10.6±2.93	9.79±2.17	11.9±1.90	0.102
		P1	0.781	0.837	0.241	0.704	0.108	0.347	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 32. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu fenol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) #				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Terpinen-4-ol	0	24	9.30±2.31c	11.4±3.22bc	15.7±6.62ab	19.1±3.87a	18.2±2.93a	15.3±3.34ab	0.002
		48	11.1±2.57b	11.3±2.31b	15.5±4.67ab	20.3±6.02a	16.9±1.75ab	17.6±6.62ab	0.013
		P1	0.076	0.886	0.846	0.348	0.221	0.169	
	1	24	9.73±1.67b	10.8±2.24b	18.0±5.66a	19.5±5.07a	17.0±3.39a	18.3±7.95a	0.009
		48	10.0±2.35c	11.8±3.59bc	16.3±5.65ab	16.1±3.54ab	18.3±3.87a	17.3±5.23ab	0.016
		P1	0.834	0.536	0.005	0.011	0.117	0.544	
	2	24	9.83±2.28c	12.1±2.00bc	19.1±4.06a	19.6±5.51a	15.9±3.63ab	17.3±4.94ab	0.002
		48	9.42±1.22b	11.5±3.51b	19.4±4.85a	16.3±3.38a	17.0±3.63a	17.8±3.14a	0.000
		P1	0.632	0.673	0.550	0.045	0.288	0.680	
Linalool	0	24	4.58±1.01b	5.41±0.90ab	6.64±2.34a	7.35±1.55a	7.35±0.98a	6.14±1.12ab	0.016
		48	5.94±1.66	5.24±1.08	6.59±1.61	8.03±2.14	6.56±0.54	6.84±2.38	0.212
		P1	0.005	0.605	0.924	0.088	0.074	0.265	
	1	24	5.09±1.18b	5.34±1.04b	7.84±1.71a	7.91±1.60a	7.04±1.30ab	6.96±2.34ab	0.024
		48	5.52±0.90	5.66±1.10	7.11±2.00	6.19±1.09	7.51±1.63	6.05±1.38	0.144
		P1	0.439	0.642	0.018	0.012	0.361	0.214	
	2	24	5.19±0.79b	6.07±1.16b	8.48±1.83a	8.36±1.63a	6.32±1.49ab	7.08±2.31ab	0.010
		48	4.81±0.64c	5.34±1.30c	8.43±1.87a	6.28±1.22bc	7.05±1.26ab	7.11±1.09ab	0.001
		P1	0.243	0.016	0.795	0.011	0.132	0.971	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 32. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu fenol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Ökalyptol	0	24	0.87±0.15b	1.30±0.02a,X	1.41±0.46a	1.61±0.43a	1.64±0.24a	1.37±0.16a	0.002
		48	1.09±0.28b	1.26±0.06b	1.37±0.29ab	1.76±0.45a	1.48±0.13ab	1.46±0.36ab	0.020
		P1	0.014	0.341	0.710	0.020	0.059	0.354	
	1	24	0.87±0.23c	1.17±0.04bc,Y	1.61±0.42ab	1.69±0.34a	1.52±0.24ab	1.47±0.54ab	0.004
		48	1.00±0.18b	1.37±0.02ab	1.54±0.46a	1.37±0.29ab	1.58±0.35a	1.38±0.39ab	0.043
		P1	0.246	0.008	0.128	0.026	0.573	0.391	
	2	24	0.74±0.34c	1.23±0.03b,Y	1.78±0.43a	1.76±0.37a	1.40±0.36ab	1.53±0.40ab	0.001
		48	0.89±0.13c	1.37±0.09b	1.75±0.38a	1.32±0.20b	1.52±0.24ab	1.58±0.23ab	0.000
		P1	0.259	0.017	0.501	0.014	0.128	0.706	
α -Terpineol	0	24	0.70±0.10b	0.93±0.36b	1.51±0.68a	1.68±0.59a	1.83±0.31a	1.55±0.42a	0.001
		48	0.88±0.23b	0.81±0.21b	1.40±0.50a	1.91±0.63a	1.66±0.16a	1.55±0.57a	0.001
		P1	0.030	0.527	0.470	0.034	0.152	0.983	
	1	24	0.78±0.17b	0.77±0.17b	1.62±0.65a	1.75±0.65a	1.65±0.44a	1.71±0.84a	0.011
		48	0.86±0.15c	1.05±0.44bc	1.25±0.59bc	1.44±0.49abc	1.85±0.39a	1.52±0.52b	0.013
		P1	0.342	0.206	0.171	0.011	0.054	0.392	
	2	24	0.85±0.17b	0.92±0.28b	1.81±0.42a	1.78±0.68a	1.57±0.50a	1.62±0.67a	0.008
		48	0.77±0.10b	0.84±0.31b	1.77±0.56a	1.55±0.44a	1.66±0.48a	1.80±0.28a	0.000
		P1	0.258	0.688	0.681	0.051	0.382	0.329	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P_2 < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 32. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu fenol bileşenler

Uçucu Alkol Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				<i>P2</i>
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Karotol	0	24	0.54±0.11c	0.56±0.14c	0.63±0.12bc	0.98±0.21a	0.83±0.18ab	0.73±0.21bc	0.001
		48	0.57±0.20b	0.60±0.05b	0.58±0.16b	0.90±0.12a	0.81±0.18a	0.74±0.18ab	0.005
		<i>P1</i>	0.796	0.560	0.329	0.475	0.834	0.822	
	1	24	0.45±0.07	0.57±0.13	0.63±0.09	0.74±0.34	0.62±0.25	0.76±0.22	0.182
		48	0.53±0.17bc	0.49±0.16c	0.66±0.13abc	0.78±0.27a	0.74±0.11ab	0.76±0.17ab	0.046
		<i>P1</i>	0.342	0.376	0.504	0.810	0.352	0.986	
	2	24	0.65±0.25	0.63±0.21	0.67±0.14	0.64±0.29	0.82±0.22	0.71±0.14	0.684
		48	0.53±0.10bc	0.50±0.09c	0.66±0.19abc	0.81±0.22a	0.71±0.11ab	0.77±0.05b	0.006
		<i>P1</i>	0.346	0.252	0.855	0.025	0.372	0.288	
Fenoller	0	24	51.5±6.91bc	42.0±30.3c	68.7±21.0ab	82.1±14.1a	78.6±14.8a	75.2±12.6a	0.004
		48	58.3±15.20bc	40.0±27.1c	64.2±12.7ab	85.5±16.4a	73.0±9.10ab	72.4±15.7ab	0.004
		<i>P1</i>	0.172	0.507	0.305	0.337	0.165	0.492	
	1	24	55.7±15.1ab	37.2±24.1b	73.5±17.7a	81.1±21.5a	71.2±13.6a	76.7±25.9a	0.019
		48	58.9±13.1ab	42.1±30.3b	72.7±15.9a	73.3±13.4a	76.3±10.6a	73.8±16.0a	0.027
		<i>P1</i>	0.612	0.323	0.769	0.133	0.070	0.580	
	2	24	56.7±15.1ab	46.2±27.2b	79.1±11.7a	75.9±19.3a	72.7±13.6a	74.7±16.2a	0.033
		48	53.7±7.22b	44.0±21.5b	76.6±16.7a	74.4±15.2a	74.5±8.90a	78.5±10.1a	0.001
		<i>P1</i>	0.554	0.503	0.368	0.744	0.709	0.324	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. *P1*: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 33. Sucuk örneklerinde uçucu aldehit bileşenler

Uçucu Aldehit Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Kumin aldehit	0	24	67.3±12.2a	54.2±6.67ab	41.0±14.6bc	37.2±9.71cd	31.7±13.1cd	24.4±8.05d	0.000
		48	81.2±18.1a	48.9±11.2b	41.2±12.5bc	40.3±8.74bc	30.2±9.07cd	22.7±4.06d	0.000
		P1	0.004	0.194	0.925	0.238	0.473	0.420	
	1	24	74.2±14.2a	55.0±6.41b	45.8±5.97bc	39.4±9.68cd	30.3±10.7de	22.5±6.88e	0.000
		48	78.7±12.2a	56.2±11.3b	41.3±5.37c	32.5±5.71c	32.6±6.16c	20.3±5.37d	0.000
		P1	0.554	0.837	0.030	0.020	0.395	0.311	
	2	24	76.0±9.56a	61.2±2.02b	48.5±5.99c	38.6±11.3c	27.3±9.93d	23.7±10.3d	0.000
		48	72.0±7.38a	55.7±9.09b	46.1±5.29b	31.3±9.93c	28.3±12.5c	26.0±13.15c	0.000
		P1	0.337	0.229	0.128	0.013	0.502	0.294	
3-Metil bütanal	0	24	3.48±0.01b	2.81±1.51b	4.57±1.72ab	8.30±3.58a	8.09±1.72a	8.16±2.93a	0.021
		48	3.67±0.36c	3.58±2.04c	5.59±1.58bc	9.32±4.53a	8.05±2.85ab	8.12±3.59ab	0.002
		P1	0.381	0.017	0.017	0.039	0.942	0.951	
	1	24	3.04±0.03	3.45±1.87	6.00±2.18	6.93±3.23	5.90±2.57	5.76±3.23	0.059
		48	3.66±0.34b	3.57±1.28b	7.74±3.08a	6.40±2.57a	6.34±1.61a	6.43±2.86a	0.008
		P1	0.029	0.584	0.045	0.241	0.246	0.156	
	2	24	2.78±1.52	4.13±2.22	6.04±1.91	6.35±2.22	6.49±3.22	7.06±3.51	0.067
		48	3.41±0.11b	3.62±1.33b	6.73±3.01a	6.46±2.28a	6.48±2.94a	7.20±2.79a	0.021
		P1	0.049	0.160	0.169	0.731	0.975	0.852	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2 < 0.05$).

EK 33. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu aldehit bileşenler

Uçucu Aldehit Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) #				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Tetradekanal	0	24	-	0.66±0.26c	0.81±0.24bc	1.67±0.36ab,X	1.85±0.70a	2.09±0.71a	0.000
		48	-	0.61±0.11d	0.88±0.16cd	1.35±0.41bc	1.76±0.68ab,x	2.02±0.72a	0.001
		P1		0.544	0.250	0.132	0.516	0.853	
	1	24	-	0.59±0.12c	0.97±0.39bc	1.11±0.52abc,Y	1.40±0.67ab	1.76±0.51a	0.012
		48	-	0.88±0.13c	1.01±0.31bc	1.48±0.57ab	1.62±0.14a,xy	1.77±0.67a	0.013
		P1		0.031	0.815	0.057	0.427	0.978	
	2	24	-	0.67±0.29c	0.74±0.06bc	0.95±0.35abc,Y	1.60±0.74ab	1.52±0.43a	0.003
		48	-	0.64±0.19c	0.64±0.21c	1.53±0.58ab	1.09±0.32bc,y	1.72±0.65a	0.001
		P1		0.817	0.348	0.005	0.088	0.448	
Hekzanal	0	24	0.40±0.15	0.27±0.10	-	-	-	-	0.210
		48	0.60±0.15	0.23±0.09	-	-	-	-	0.000
		P1	0.039	0.324					
	1	24	0.64±0.44	0.22±0.10	-	-	-	-	0.014
		48	0.43±0.21	0.31±0.16	-	-	-	-	0.002
		P1	0.017	0.483					
	2	24	0.47±0.22	0.23±0.10	-	-	-	-	0.079
		48	0.50±0.26	0.24±0.12	-	-	-	-	0.093
		P1	0.464	0.763					
Aldehitler	0	24	68.8±10.5a	57.9±8.41a	44.9±12.8b	44.4±4.49b	38.9±9.52bc	31.9±4.90c	0.000
		48	83.0±16.5a	53.3±13.4b	45.8±9.72bc	47.8±4.40bc,x	37.3±5.57cd	30.1±2.32d	0.000
		P1	0.004	0.277	0.717	0.238	0.498	0.435	
	1	24	75.7±13.2a	59.2±7.82b	50.8±3.48bc	45.1±6.27c	35.6±7.63d	28.1±2.72d	0.000
		48	80.4±10.6a	60.9±12.6b	47.4±5.07c	38.2±3.74d,y	38.4±4.06d	26.4±3.09e	0.000
		P1	0.526	0.772	0.144	0.018	0.221	0.398	
	2	24	77.4±8.40a	66.2±4.36b	53.3±4.14c	43.8±8.73d	33.3±6.61e	29.9±6.39e	0.000
		48	73.7±6.55a	60.2±10.4b	51.2±1.21b	37.2±7.26c,y	33.7±9.90c	32.5±10.9c	0.000
		P1	0.394	0.152	0.267	0.028	0.777	0.291	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 34. Sucuk örneklerinde uçucu sülfürlü bileşenler

Uçucu Sülfürlü Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Diallil disülfid	0	24	4.89±1.62c	6.54±2.86bc	11.0±4.66ab	14.1±5.04a	14.7±3.45a	12.6±4.32a	0.001
		48	6.13±2.51b	6.48±2.85b	9.75±3.44ab	13.7±4.77a	12.0±1.61a	12.6±4.26a	0.003
		P1	0.096	0.691	0.147	0.217	0.024	0.974	
	1	24	5.75±2.38b	6.72±2.83b	12.9±5.59a	14.6±5.38a	13.5±4.29a	12.5±5.67a	0.013
		48	5.39±1.28c	6.50±2.75bc	10.7±4.45ab	10.9±3.59ab	13.0±4.55a	10.1±3.66ab	0.012
		P1	0.656	0.722	0.010	0.011	0.609	0.069	
	2	24	7.64±2.26c	8.46±3.39bc	16.3±6.65a	17.4±6.09a	13.7±5.16abc	15.4±6.63ab	0.022
		48	5.79±1.77c	7.41±3.74bc	13.7±4.95a	11.1±3.23ab	11.8±3.29ab	12.4±3.49a	0.005
		P1	0.003	0.015	0.033	0.007	0.119	0.093	
Metil allil disülfid	0	24	1.11±0.26b	1.16±0.78b	2.23±1.04ab	2.92±1.06a	2.63±1.04a	2.08±0.87ab	0.009
		48	1.07±0.64c	1.43±0.39bc	1.95±0.73abc	2.74±1.25a	2.29±0.67ab	2.23±1.18abc	0.043
		P1	0.880	0.252	0.134	0.400	0.135	0.429	
	1	24	1.12±0.42c	1.36±0.55bc	2.44±1.04ab	2.79±1.00a	2.57±0.90ab	2.30±1.20abc	0.024
		48	0.96±0.42c	1.31±0.46bc	2.36±0.62a	2.35±0.15a	2.45±0.87a	1.89±0.63ab	0.000
		P1	0.522	0.550	0.701	0.346	0.384	0.221	
	2	24	1.43±0.69b	1.52±0.55b	3.30±0.68a	3.46±0.72a	2.74±0.72a	2.44±1.16ab	0.000
		48	0.99±0.38c	1.41±0.72bc	2.67±0.46a	2.27±0.27a	2.18±0.42ab	2.22±0.52ab	0.000
		P1	0.094	0.621	0.010	0.009	0.034	0.471	

Z: sis izomeri; #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$).

EK 34. (Devamı) Sucuk örneklerinde uçucu sülfürlü bileşenler

Uçucu Sülfürlü Bileşenler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Allil merkaptan	0	24	8.37±3.76a	5.26±2.91ab	4.45±2.51b	5.31±1.89ab	3.74±1.38b	2.89±1.37b	0.012
		48	9.97±3.90a	5.09±3.00b	3.94±1.68b	4.62±2.16b	3.31±1.00b	3.30±1.45b	0.000
		P1	0.000	0.553	0.295	0.565	0.094	0.353	
	1	24	7.68±3.03a	4.21±2.16b	3.49±1.41b	3.40±1.39b	2.95±1.06b	2.42±0.96b	0.000
		48	7.76±2.81a	5.24±2.85b	4.19±1.71b	3.01±1.05b	3.39±1.23b	2.70±1.21b	0.001
		P1	0.947	0.069	0.064	0.144	0.090	0.110	
	2	24	7.09±1.77a	4.23±1.19b	4.36±1.27b	3.39±1.04b	2.80±1.09b	3.07±1.15b	0.000
		48	6.28±1.11a	4.32±1.49b	3.80±1.21bc	3.04±1.06bc	2.75±0.85c	2.92±0.96bc	0.000
		P1	0.102	0.725	0.001	0.052	0.655	0.653	
Z-1-Metiltiyo-1-propen	0	24	-	-	0.44±0.03b,Y	1.19±0.34a	1.28±0.25a	1.43±0.22a	0.000
		48	-	-	0.43±0.01b	1.01±0.36a	0.95±0.28a	1.08±0.13a	0.009
		P1			0.714	0.002	0.028	0.080	
	1	24	-	-	0.54±0.09c,Y	1.01±0.13b	1.35±0.39ab	1.45±0.18a	0.000
		48	-	-	0.41±0.07c	0.63±0.13bc	1.13±0.35ab	1.25±0.42a	0.004
		P1			0.009	0.015	0.049	0.220	
	2	24	-	-	0.78±0.11b,X	1.48±0.39ab	1.45±0.33ab	2.32±0.86a	0.008
		48	-	-	0.44±0.02b	1.03±0.55ab	1.03±0.40ab	1.51±0.69a	0.048
		P1			0.006	0.038	0.004	0.008	
Sülfürlü bileşenler	0	24	14.4±5.43	13.0±6.53	18.0±8.28	23.2±6.89	21.9±6.32	18.6±6.86	0.136
		48	17.2±6.55	13.0±6.24	15.9±5.91	21.8±8.51	18.2±3.66	18.9±7.31	0.431
		P1	0.012	0.894	0.171	0.313	0.031	0.729	
	1	24	14.5±5.79	12.3±5.50	19.2±8.08	21.4±8.10	19.9±6.87	18.2±8.37	0.369
		48	14.1±4.41	13.1±6.00	17.6±6.86	16.7±4.93	19.6±7.20	15.5±5.76	0.523
		P1	0.847	0.263	0.036	0.026	0.812	0.084	
	2	24	16.2±4.63	14.2±5.08	24.5±8.97	25.2±8.50	20.2±7.58	22.5±10.1	0.178
		48	13.1±3.19	13.1±5.91	20.4±6.80	17.1±5.02	17.4±5.00	18.5±5.69	0.175
		P1	0.017	0.127	0.017	0.008	0.079	0.095	

Z: sis izomeri; #1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 35. Sucuk örneklerinde uçucu asit bileşenler

Uçucu Asit Bileşenleri	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Asetik asit	0	24	-	1.62±0.92c	4.91±0.85ab	6.05±0.64a	5.58±1.10ab	4.44±1.24b	0.000
		48	-	1.75±0.56b	5.94±1.82a	6.27±1.61a	5.99±0.80a	4.98±1.77a	0.001
		P1		0.634	0.064	0.709	0.323	0.633	
	1	24	-	1.38±0.46c	5.50±1.07a	5.40±1.14a	5.55±0.89a	4.16±0.86b	0.000
		48	-	1.51±0.76b	6.52±1.70a	6.08±1.15a	6.24±0.64a	5.30±0.97a	0.000
		P1		0.672	0.287	0.142	0.032	0.094	
	2	24	-	1.09±0.20b	5.65±0.61a	5.58±0.85a	5.64±0.22a	4.88±0.73a	0.000
		48	-	1.48±0.30c	5.55±0.70b	6.42±0.54a	5.77±0.17ab	5.02±0.41b	0.000
		P1		0.048	0.72	0.005	0.036	0.662	
Hekzanoik asit	0	24	-	0.67±0.03	0.66±0.11	1.09±0.53	0.81±0.12	0.72±0.19	0.070
		48	-	0.86±0.38	0.77±0.18y	1.01±0.15	0.88±0.24	0.96±0.34	0.584
		P1		0.345	0.275	0.650	0.449	0.040	
	1	24	-	1.07±0.68	1.28±0.73	1.25±0.66	1.05±0.58	0.88±0.30	0.773
		48	-	0.94±0.23	0.97±0.30y	1.05±0.33	0.94±0.23	0.74±0.22	0.367
		P1		0.650	0.146	0.370	0.467	0.134	
	2	24	-	1.10±0.32	1.17±0.50	1.30±0.71	1.13±0.41	0.97±0.34	0.835
		48	-	0.97±0.26	1.38±0.18x	1.45±0.63	1.26±0.47	1.29±0.72	0.671
		P1		0.225	0.199	0.334	0.469	0.103	
Asit bileşenler	0	24	-	2.28±0.90c	5.57±0.95b,Y	7.14±0.47a	6.39±1.03ab	5.16±1.20b	0.000
		48	-	2.62±0.24b	6.71±1.85a	7.27±1.52a	6.87±0.75a	5.94±1.64a	0.000
		P1		0.465	0.045	0.827	0.327	0.500	
	1	24	-	2.45±0.28c	6.79±0.85a,X	6.66±1.29a	6.60±0.84a	5.04±0.68b	0.000
		48	-	2.45±0.61b	7.49±1.83a	7.14±1.42a	7.18±0.70a	6.03±1.04a	0.000
		P1		0.994	0.408	0.194	0.008	0.117	
	2	24	-	2.19±0.19c	6.82±0.76a,X	6.88±1.02a	6.77±0.45a	5.85±0.46b	0.000
		48	-	2.45±0.27c	6.93±0.78b	7.88±0.94a	7.03±0.32ab	6.31±0.72b	0.000
		P1		0.306	0.638	0.000	0.265	0.313	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). -: Tespit edilmedi.

EK 36. Sucuk örneklerinde pişmemiş duyusal nitelikler

Duyusal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Depolama (gün)				<i>P2</i>
			0	30	60	90	
Renk	0	24	7.60±1.26	7.50±1.15	7.66±0.97	7.91±0.96	0.615
		48	7.88±1.02	7.61±1.18	7.48±1.07	7.83±1.07	0.582
		<i>P1</i>	0.300	0.478	0.321	0.567	
	1	24	8.07±0.81	7.61±1.05	7.61±0.82	7.93±0.83	0.216
		48	7.64±1.73	7.65±1.02	7.50±0.98	7.61±0.84	0.970
		<i>P1</i>	0.176	0.814	0.599	0.036	
	2	24	7.64±1.61	7.54±1.07	7.57±0.88	7.89±0.98	0.730
		48	7.55±1.41	7.61±1.11	7.82±0.87	8.02±0.99	0.472
		<i>P1</i>	0.629	0.695	0.038	0.342	
Görünüm	0	24	7.76±1.22	7.76±1.36	8.18±0.73	8.00±0.95	0.516
		48	7.48±1.47	7.63±1.42	8.00±0.76	8.00±0.90	0.346
		<i>P1</i>	0.162	0.525	0.357	1.000	
	1	24	8.00±1.18	7.70±1.36	7.86±0.83	7.87±1.10	0.849
		48	7.71±1.42	7.91±1.16	8.05±0.90	8.00±0.90	0.773
		<i>P1</i>	0.474	0.203	0.427	0.560	
	2	24	8.19±0.87	7.87±1.39	8.05±1.05	7.91±0.95	0.763
		48	8.05±0.97	7.70±1.33	8.23±0.92	8.17±0.89	0.318
		<i>P1</i>	0.379	0.445	0.540	0.083	

P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. *P2*: Depolama zamanlarına ait ortalamalar one-way ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 36. (Devamı) Sucuk örneklerinde pişmemiş duyusal nitelikler

Duyusal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Depolama (gün)				P2
			0	30	60	90	
Koku	0	24	7.62±1.46	7.23±1.26	7.16±1.18	7.02±1.13	0.448
		48	7.76±0.93	7.48±1.41	7.39±1.22	7.02±1.23	0.249
		P1	0.658	0.389	0.234	1.000	
	1	24	7.81±1.48	7.25±1.55	7.25±0.96	7.00±1.09	0.214
		48	7.81±1.36	7.18±1.31	7.30±1.31	6.85±0.90	0.083
		P1	1.000	0.744	0.861	0.437	
	2	24	7.83±1.26	7.41±1.40	7.25±1.13	7.11±0.90	0.216
		48	7.38±1.40	7.23±1.24	7.23±1.12	6.78±0.91	0.363
		P1	0.111	0.437	0.902	0.155	
Tekstür	0	24	7.64±1.27	7.41±1.30	7.02±0.85	7.43±1.27	0.386
		48	7.62±1.21	7.07±1.43	7.32±0.99	7.41±1.30	0.527
		P1	0.933	0.073	0.184	0.874	
	1	24	7.90±1.28	7.02±1.39	7.11±1.02	7.11±1.31	0.081
		48	7.36±1.30	7.13±1.39	6.91±0.92	7.28±1.32	0.651
		P1	0.056	0.703	0.316	0.295	
	2	24	7.55±1.18	7.35±1.19	7.18±1.22	7.41±1.47	0.820
		48	7.26±1.53	7.11±1.30	7.23±1.07	6.96±1.40	0.868
		P1	0.284	0.102	0.815	0.063	

P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. P2: Depolama zamanlarına ait ortalamalar one-way ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 37. Sucuk örneklerinde pişmiş duyusal nitelikler

Duyusal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Depolama (gün)				P2
			0	30	60	90	
Renk	0	24	7.71±1.18	7.67±0.98	7.50±0.85	7.57±0.95	0.866
		48	7.89±1.13	7.67±0.91	7.59±0.84	7.80±0.99	0.702
		P1	0.437	1.000	0.492	0.069	
	1	24	8.03±0.92	7.54±1.26	7.59±0.95	7.57±1.04	0.209
		48	8.11±1.07	7.50±1.26	7.75±1.04	7.78±1.04	0.217
		P1	0.636	0.829	0.507	0.203	
	2	24	7.73±1.15	7.67±1.03	7.82±0.99	7.89±1.04	0.901
		48	7.71±1.20	7.72±0.97	7.75±1.08	7.70±1.06	0.999
		P1	0.944	0.814	0.701	0.142	
Koku	0	24	6.76±1.50	7.19±1.36	6.19±1.58	6.43±1.12	0.251
		48	6.45±1.63	7.06±1.31	6.19±1.93	6.47±1.06	0.447
		P1	0.317	0.680	1.000	0.906	
	1	24	6.90±1.47	7.03±1.07	6.42±1.50	6.77±0.98	0.622
		48	6.43±1.86	6.81±1.18	6.15±1.51	6.47±1.36	0.714
		P1	0.133	0.549	0.337	0.416	
	2	24	6.98±1.50	6.66±1.33	6.19±1.71	6.47±1.37	0.482
		48	7.10±1.64	7.03±0.81	6.42±1.08	6.70±1.25	0.437
		P1	0.596	0.315	0.468	0.264	
Tat ve Aroma	0	24	7.68±1.45	7.41±1.08	6.75±0.78	6.63±1.45	0.055
		48	7.08±0.99	7.19±0.93	7.00±0.77	6.25±1.84	0.123
		P1	0.063	0.289	0.214	0.232	
	1	24	7.63±0.94	7.03±1.16	6.88±0.83	6.97±1.40	0.192
		48	7.42±0.89	6.91±1.23	6.46±1.16	6.94±1.20	0.138
		P1	0.238	0.633	0.301	0.918	
	2	24	7.13±0.98	7.31±0.95	6.88±1.21	6.88±1.50	0.680
		48	7.61±1.07	6.97±1.15	6.58±1.00	7.13±1.31	0.108
		P1	0.008	0.273	0.267	0.164	

P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. P2: Depolama zamanlarına ait ortalamalar one-way ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 37. (Devamı) Sucuk örneklerinde pişmiş duyuşal nitelikler

Duyusal Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Depolama (gün)				P2
			0	30	60	90	
Tekstür	0	24	7.31±1.49	6.66±1.22	5.69±1.70	6.47±1.46	0.056
		48	6.73±1.56	6.63±1.24	5.88±1.76	6.33±1.40	0.463
		P1	0.328	0.916	0.589	0.751	
	1	24	7.00±1.54	6.59±1.28	5.65±1.31	6.77±1.72	0.110
		48	6.92±1.90	6.38±1.45	6.00±1.53	6.60±1.40	0.498
		P1	0.805	0.476	0.069	0.648	
	2	24	7.27±1.35	6.81±1.38	6.08±1.79	6.73±1.49	0.255
		48	7.19±1.44	6.53±1.40	6.04±1.78	6.47±1.55	0.303
		P1	0.801	0.450	0.829	0.301	
Genel Kabul	0	24	7.34±1.50	6.84±1.11	6.50±1.00	6.27±1.42	0.128
		48	6.63±1.68	6.63±1.27	6.92±0.84	6.00±1.55	0.445
		P1	0.008	0.276	0.144	0.518	
	1	24	7.11±1.65	7.00±1.02	6.58±1.15	6.82±1.33	0.720
		48	6.82±1.72	6.94±1.12	6.58±1.71	6.91±1.14	0.920
		P1	0.286	0.839	1.000	0.756	
	2	24	6.82±1.51	6.75±1.28	6.58±1.53	6.91±1.14	0.943
		48	7.42±1.38	6.81±1.18	6.38±1.45	6.82±1.47	0.204
		P1	0.026	0.868	0.316	0.756	

P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. P2: Depolama zamanlarına ait ortalamalar one-way ANOVA testi ile karşılaştırılmıştır.

EK 38. Sucuk örneklerinde renk değerleri

Renk Değerleri	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
L*	0	24	42.2±3.16b	44.3±1.20ab	45.9±3.11a	45.8±2.26a	44.4±2.18ab	44.4±1.33ab	0.003
		48	42.7±4.07c	44.2±1.38abc	45.7±2.67ab	46.5±3.28a	45.7±1.91ab	44.0±1.92bc	0.008
		P1	0.538	0.756	0.760	0.269	0.056	0.411	
	1	24	42.1±3.46b	44.6±1.10ab	45.3±3.16a	46.6±3.34a	44.6±1.96ab	43.9±3.54ab	0.013
		48	43.6±4.05b	44.5±1.17ab	45.9±3.42ab	46.9±2.81a	44.8±1.74ab	45.1±2.39ab	0.042
		P1	0.104	0.981	0.054	0.654	0.842	0.139	
	2	24	43.8±4.20	44.0±1.96	46.0±3.50	46.8±2.44	45.1±2.39	44.6±2.91	0.128
		48	42.6±2.62	45.0±2.44	46.0±4.70	45.7±2.64	44.3±2.57	44.6±2.05	0.088
		P1	0.094	0.099	0.943	0.055	0.126	0.910	
a*	0	24	11.5±1.72a	11.9±0.72a,X	11.7±0.78a,X	11.1±0.56a,X	10.5±0.81b	10.4±0.42b	0.002
		48	11.2±2.10a	11.4±0.50a,x	11.3±1.09a,x	10.8±0.69ab,x	10.2±0.64b,x	10.4±0.70ab,x	0.054
		P1	0.161	0.054	0.091	0.284	0.315	0.808	
	1	24	10.9±1.50a	10.9±0.66a,Y	10.8±0.99a,Y	10.5±0.79ab,Y	10.2±0.44b	10.4±0.68ab	0.052
		48	10.9±1.43a	10.8±0.67ab,xy	10.6±0.67abc,xy	10.2±0.50bc,xy	10.1±0.39c,x	10.1±0.59c,x	0.033
		P1	0.915	0.836	0.332	0.187	0.616	0.200	
	2	24	11.5±0.99a	10.9±0.56ab,Y	10.3±0.83bc,Z	10.2±0.69c,Y	10.0±0.95c	10.4±0.57bc	0.001
		48	11.2±0.98a	10.5±0.75ab,y	10.0±1.35bc,y	9.90±0.85bc,y	9.59±0.48c,y	9.63±0.51c,y	0.000
		P1	0.134	0.239	0.216	0.017	0.042	0.002	
b*	0	24	22.8±2.51a	18.7±1.00b	19.2±1.54b	18.3±2.25b	15.8±2.14c	15.3±1.36c,Y	0.000
		48	23.5±2.81a	19.0±1.10b	18.6±1.35b	18.0±1.67b	16.2±1.34c	15.3±1.41c,y	0.000
		P1	0.076	0.391	0.053	0.146	0.399	0.764	
	1	24	23.1±2.69a	19.5±1.00b	19.2±0.96b	18.6±1.73b	17.0±1.52c	16.4±1.37c,XY	0.000
		48	24.0±3.26a	19.3±0.88b	18.9±0.98b	18.8±2.06b	17.4±0.88c	16.5±1.04c,x	0.000
		P1	0.177	0.847	0.393	0.734	0.376	0.786	
	2	24	24.5±3.13a	19.0±1.23b	19.2±1.17b	18.8±1.19b	17.3±1.52c	17.2±1.43c,X	0.000
		48	24.6±2.79a	18.8±0.85b	19.0±1.57b	18.4±1.51b	16.8±1.22c	16.6±1.79c,x	0.000
		P1	0.808	0.669	0.638	0.207	0.230	0.115	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla aydınlığı, kırmızılığı ve sarılığı temsil etmektedir. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0.05).

EK 39. Sucuk örneklerinde tekstürel nitelikler

Tekstürel Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Sertlik (N)	0	24	28.2±2.67b	35.0±7.58b	147±51.2a	166±22.2a,X	166±22.4a,X	151±22.0a	0.000
		48	25.2±2.29b	30.7±6.86b	157±38.5a	159±19.0a,x	149±20.1a,x	144±25.0a	0.000
		P1	0.052	0.345	0.544	0.300	0.013	0.396	
	1	24	27.1±2.12b	34.7±8.93b	144±21.4a	158±20.7a,XY	144±19.2a,Y	151±23.0a	0.000
		48	27.3±2.17b	29.2±4.91b	140±57.1a	152±17.9a,xy	140±16.2a,xy	134±27.4a	0.000
		P1	0.893	0.305	0.821	0.483	0.481	0.045	
	2	24	26.4±2.20b	36.1±9.57b	141±51.2a	148±19.1a,Y	131±16.3a,Z	137±19.8a	0.000
		48	26.0±2.10b	32.6±8.51b	143±56.1a	145±11.3a,y	128±16.6a,y	132±18.4a	0.000
		P1	0.758	0.405	0.932	0.589	0.460	0.354	
Çiğnenebilirlik (Chewiness, N)	0	24	5.98±1.58c	21.7±5.97b	69.1±19.4a	77.9±18.7a,X	70.0±16.7a,X	63.9±19.4a	0.000
		48	5.96±1.27c	20.5±7.73b	61.9±12.4a	65.4±20.8a	65.1±14.1a,x	57.0±14.4a	0.000
		P1	0.974	0.813	0.565	0.145	0.406	0.296	
	1	24	5.53±0.85b	16.2±9.12b	62.5±16.2a	61.1±19.8a,Y	56.8±12.4a,Y	62.7±14.8a	0.000
		48	5.65±1.48b	15.4±7.15a	54.4±12.7a	60.9±9.03a	51.3±8.41a,y	48.8±16.3a	0.000
		P1	0.832	0.848	0.523	0.988	0.183	0.023	
	2	24	5.62±1.27c	22.6±9.20bc	76.3±19.4a	50.7±14.7ab,Y	48.3±9.63ab,Y	54.5±11.7ab	0.000
		48	4.83±1.02c	18.6±7.77bc	61.8±16.4a	55.3±13.9ab	50.6±14.0ab,y	48.9±14.4ab	0.000
		P1	0.191	0.461	0.414	0.405	0.620	0.265	

#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$). x,y,z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 48 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$).

EK 39. (Devamı) Sucuk örneklerinde tekstürel nitelikler

Tekstürel Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Yapışkanlık (Adhesiveness, g.sn)	0	24	-637±148a	-455±90.9b	-157±61.6d	-215±93.8cd	-277±117c	-259±35.6cd	0.000
		48	-531±193a	-340±110b	-240±112b	-294±127b	-251±101b	-241±42.3b	0.000
		P1	0.296	0.038	0.118	0.122	0.605	0.445	
	1	24	-639±156a	-467±70.5b	-161±39.4c	-234±138c	-213±80.2c	-245±78.0c	0.000
		48	-525±163a	-353±20.0b	-295±249b	-251±97.1b	-265±129b	-259±81.1b	0.001
		P1	0.152	0.000	0.265	0.750	0.314	0.707	
	2	24	-532±156a	-485±123a	-168±54.6b	-199±120b	-221±103b	-219±52.7b	0.000
		48	-461±69.4a	-343±39.2ab	-351±291ab	-277±132b	-254±54.5b	-264±38.4b	0.024
		P1	0.259	0.004	0.200	0.179	0.484	0.056	
Elastikiyet (Springiness, mm)	0	24	0.55±0.14b	0.77±0.15a	0.76±0.15a	0.73±0.13a	0.66±0.07ab	0.67±0.14ab	0.000
		48	0.52±0.08d	0.82±0.08a	0.80±0.14a	0.75±0.14ab	0.68±0.10bc	0.62±0.09c	0.000
		P1	0.422	0.474	0.472	0.631	0.393	0.183	
	1	24	0.49±0.05c	0.80±0.12a	0.84±0.12a	0.70±0.17b	0.62±0.10b	0.69±0.17b	0.000
		48	0.53±0.11c	0.70±0.09b	0.83±0.14a	0.69±0.17b	0.63±0.06b	0.63±0.12b	0.000
		P1	0.207	0.078	0.792	0.855	0.687	0.177	
	2	24	0.53±0.09c	0.80±0.08a	0.80±0.12a	0.66±0.13b	0.64±0.09b	0.69±0.13b	0.000
		48	0.50±0.08c	0.78±0.13a	0.81±0.15a	0.72±0.16ab	0.67±0.13b	0.64±0.14b	0.000
		P1	0.362	0.695	0.895	0.171	0.404	0.179	

[#]1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P2<0.05).

EK 39. (Devamı) Sucuk örneklerinde tekstürel nitelikler

Tekstürel Nitelikler	Sarımsak (%)	Süre (saat)	Fermentasyon		Depolama (gün) [#]				P2
			Öncesi	Sonrası	7	37	67	97	
Kohezyon (Cohesiveness)	0	24	0.43±0.07d	0.72±0.10a	0.72±0.08a	0.61±0.07b	0.60±0.05bc	0.56±0.03c	0.000
		48	0.41±0.03d	0.72±0.05a	0.70±0.06a	0.62±0.07b	0.59±0.05bc	0.57±0.04c	0.000
		P1	0.468	0.988	0.414	0.603	0.598	0.385	
	1	24	0.41±0.02c	0.71±0.06a	0.75±0.06a	0.61±0.07b	0.58±0.06b	0.58±0.05b	0.000
		48	0.41±0.03d	0.69±0.06a	0.73±0.06a	0.63±0.07b	0.58±0.05c	0.57±0.06c	0.000
		P1	0.457	0.585	0.495	0.379	0.903	0.350	
	2	24	0.41±0.03d	0.72±0.07a	0.73±0.07a	0.62±0.08b	0.57±0.04c	0.56±0.04c	0.000
		48	0.38±0.02d	0.70±0.05a	0.71±0.05a	0.63±0.08b	0.57±0.05c	0.55±0.05c	0.000
		P1	0.016	0.566	0.468	0.835	0.842	0.673	
Esneklik (Resilience, mm)	0	24	0.14±0.03d	0.26±0.05b	0.40±0.13a	0.26±0.10bc	0.23±0.04bc,X	0.20±0.03c,X	0.000
		48	0.13±0.02e	0.26±0.03bc	0.37±0.11a	0.26±0.11b	0.21±0.04cd	0.19±0.02d	0.000
		P1	0.462	0.786	0.474	0.77	0.095	0.571	
	1	24	0.12±0.02c	0.25±0.05b	0.40±0.12a	0.24±0.10b	0.21±0.04b,XY	0.21±0.03b,X	0.000
		48	0.13±0.01e	0.25±0.04bc	0.37±0.11a	0.26±0.10b	0.20±0.03cd	0.19±0.04d	0.000
		P1	0.864	0.857	0.355	0.676	0.414	0.070	
	2	24	0.12±0.02d	0.26±0.05b	0.41±0.08a	0.25±0.09b	0.19±0.03c,Y	0.18±0.03c,Y	0.000
		48	0.11±0.01d	0.25±0.04bc	0.34±0.08a	0.26±0.12b	0.19±0.03c	0.18±0.03c	0.000
		P1	0.255	0.519	0.016	0.712	0.48	0.644	

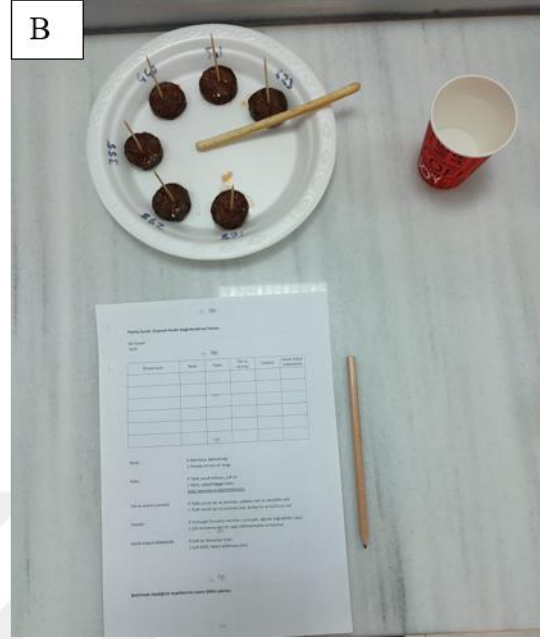
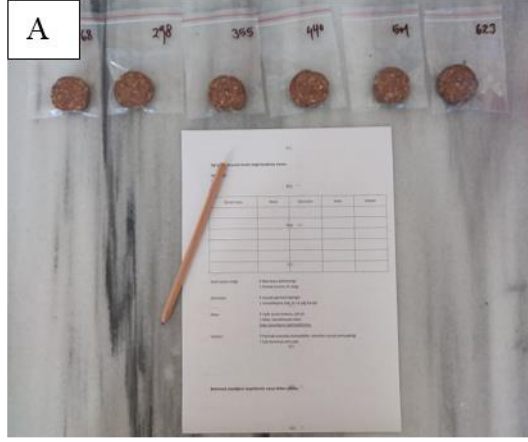
#1: Fermentasyon öncesi; 3: Fermentasyon sonrası; 7: Kuruma sonrası ya da depolama başlangıcı; 37, 67 ve 97: sırasıyla 30, 60 ve 90 gün depolama. P1: Her bir sarımsak ilave edilen ve edilmemiş (kontrol) et örneklerinde olgunlaşma sürelerine (24 ve 48 saat) ait ortalamalar bağımlı grup t-testi ile karşılaştırılmıştır. a,b,c: Aynı satırda gösterilen fermentasyon ve depolama zamanlarına ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P2<0.05$). X,Y,Z: Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen %0 (Kontrol), %1 ve %2 sarımsak ilave edilerek 24 saat olgunlaştırılmış et örneklerine ait ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0.05$).

EK 40. Sarımsağın uçucu bileşenleri

Uçucu bileşenler	RI	Relatif oran (%)
Allil disülfid	1979	0.71±0.04
Allil propil disülfid	1591	0.11±0.01
Diallil sülfid	1259	2.81±1.26
Diallil disülfid	1655	26.4±4.91
Diallil trisülfid	2003	22.3±4.95
Metil allil sülfid	1026	0.20±0.08
Metil allil disülfid	1421	4.38±1.02
Metil allil trisülfid	1781	12.2±2.37
Dimetil disülfid	1169	0.13±0.02
Dimetil trisülfid	1541	1.83±0.53
Metil-trans-propenil-disülfid	1401	0.24±0.11
Metan tiyol (Metil merkaptan)	750	0.33±0.08
Oksime metoksi fenil	1937	0.34±0.15
2,4-Dimetil furan	1212	0.24±0.05
2,4-Dimetil tiyofen	1534	0.02±0.00
2-Etil tiyofen	1408	0.06±0.01
N-Etil-1,3-ditiyoizindolin	891	0.28±0.06
3-Vinil-1,2-ditiosiklo-5-hekzen	2064	1.42±0.51
3-Vinil-1,2-ditiosiklo-4-hekzen	1950	13.5±1.84
C6 H10 S2	1633	0.93±0.42
Propen	698	5.71±1.21
2-Propen-1-ol (Allil alkol)	1217	0.28±0.17
2-Propen-1-tiyol (Allil merkaptan)	939	4.09±0.37
5-Hekzen-2-on (Allil aseton)	1243	0.32±0.19
Asetik asit	1623	0.11±0.06
Bütanoik asit	1928	0.15±0.11
Hekzanoik asit	2042	0.68±0.45
Oktanoik asit	2255	0.22±0.02
<i>trans</i> -2-Hekzenal	1149	0.06±0.02

RI: Alikonma indeksi, C8-C20 alkan serisi kullanılarak hesaplanmıştır

EK 41. Duyusal analizi yapılan çiğ (A) ve pişmiş (B) sucuk örnekleri



EK 42. Çiğ sucuklarda duyusal analiz formu

Ad-Soyad:

Tarih:

Örnek Kodu	Renk	Görünüm	Koku	Tekstür

Renk

:9 Mat-koyu kahverengi
1 Pembe-kırmızı et rengi

Görünüm

:9 Mozaik görüntü belirgin
1 Mozaikleşme yok, et ve yağ karışık

Koku

:9 Tipik sucuk kokusu, çok iyi
1 Kötü istenilmeyen koku

Tekstür

:9 Parmak arasında esneyebilen, istenilen yumuşaklık
1 Çok kurumuş sert bir yapı

Belirtmek istediğiniz tespitleriniz varsa lütfen yazınız.

EK 43. Pişmiş sucuklarda duyuşal analiz formu

Ad-Soyad:

Tarih:

Örnek Kodu	Renk	Koku	Tat ve Aroma	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik

Renk

:9 Mat-koyu kahverengi
1 Pembe-kırmızı et rengi

Koku

:9 Tipik sucuk kokusu, çok iyi
1 Kötü, istenilmeyen koku

Tat ve Aroma

:9 Tipik sucuk tat ve aroması, yabancı tat ve ransidite yok
1 Tipik sucuk tat ve aroması yok, acılaşma ve küfümsü tat

Tekstür

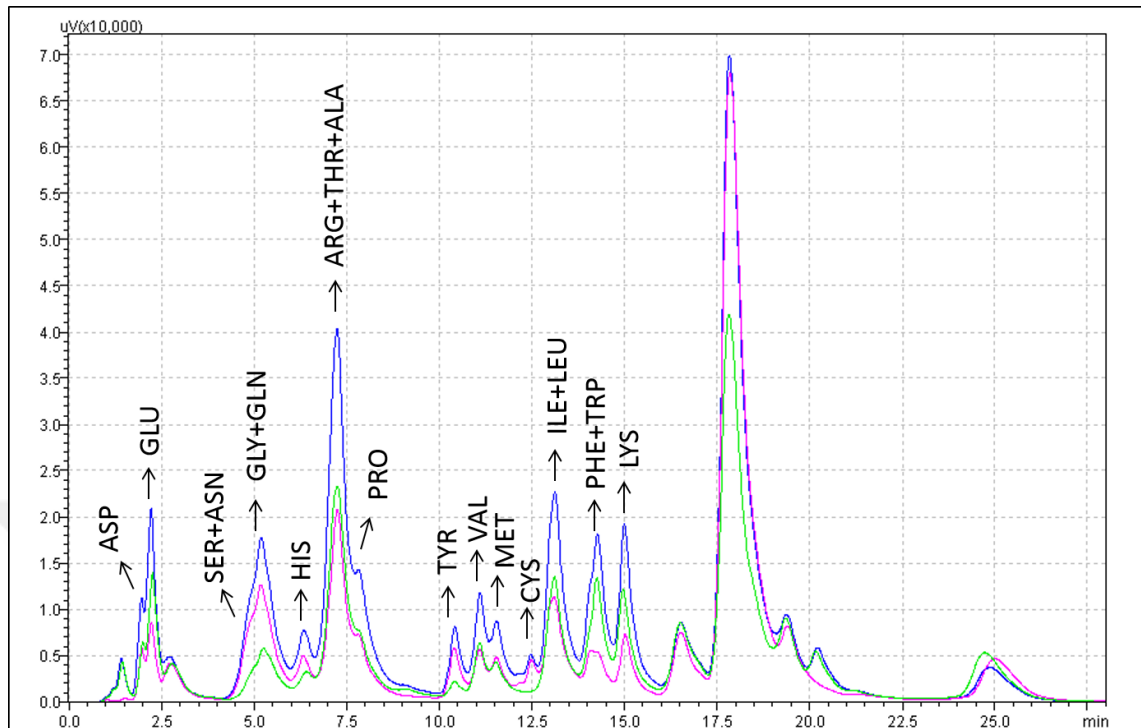
:9 Yumuşak (İstenilen yumuşaklık, ağızda dağılabilen)
1 Çok kurumuş sert bir yapı (dilimlemekte zorlanma)

Genel Kabul Edilebilirlik

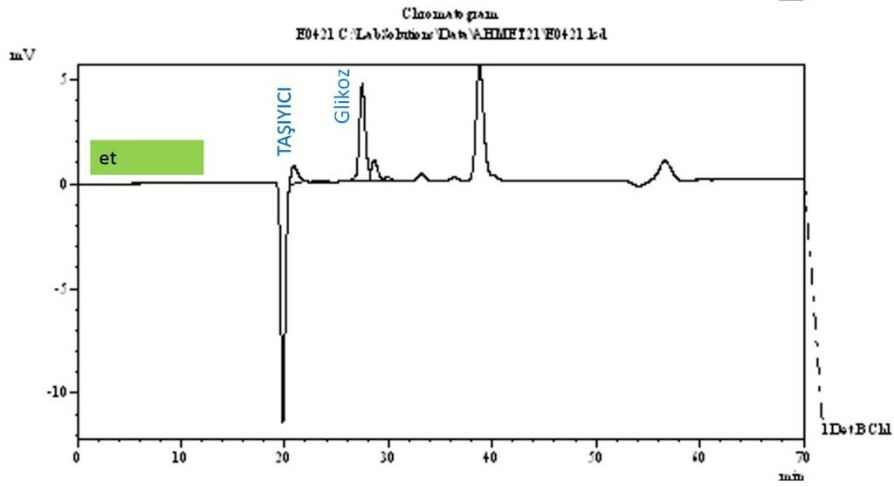
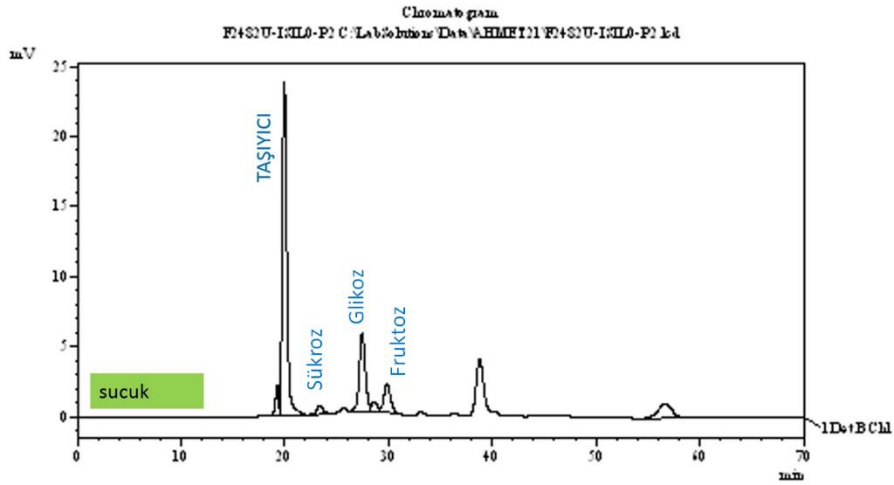
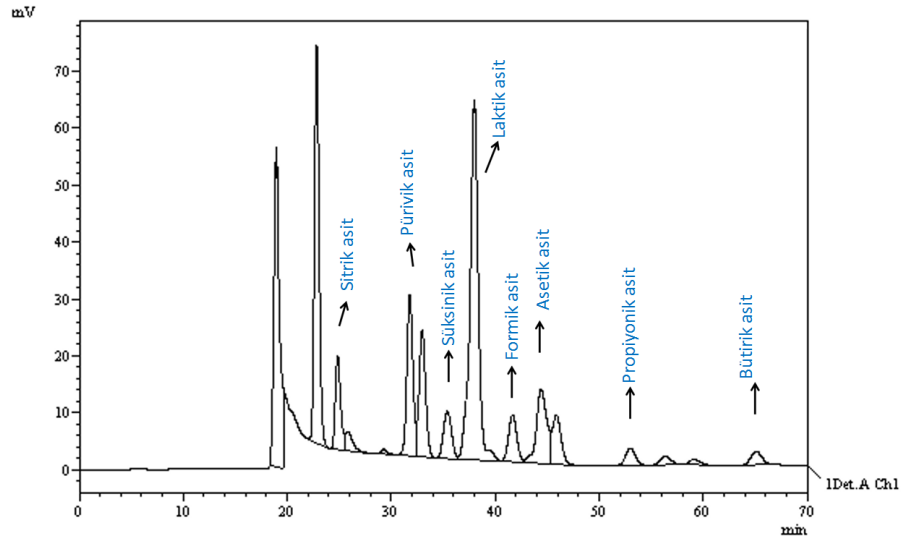
:9 Çok iyi, Kusursuz ürün
1 Çok kötü, Kabul edilemez ürün

Belirtmek istediğiniz tespitleriniz varsa lütfen yazınız.

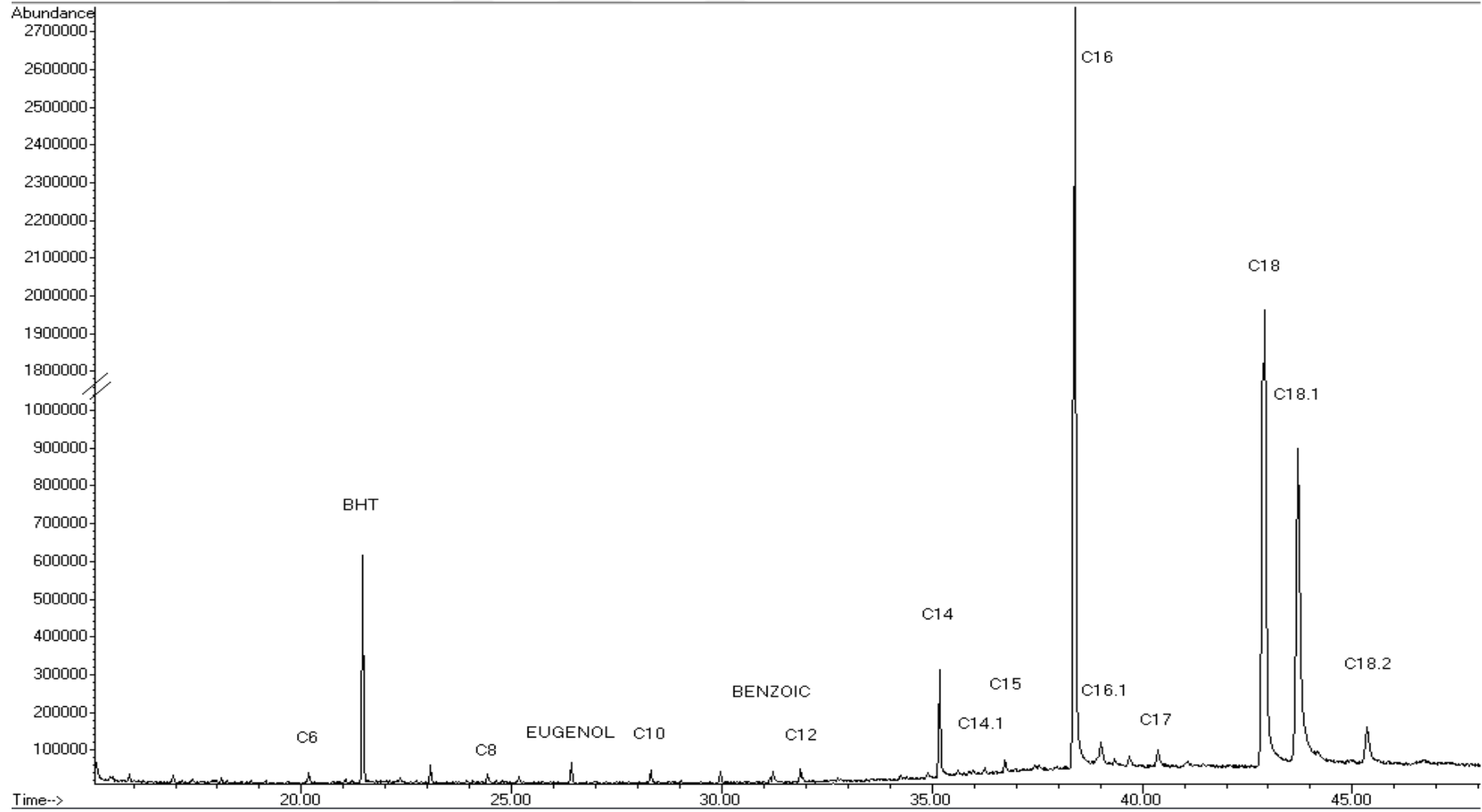
EK 44. Serbest amino asit kromatogramı



EK 45. Organik asit ve karbonhidrat kromatogramı



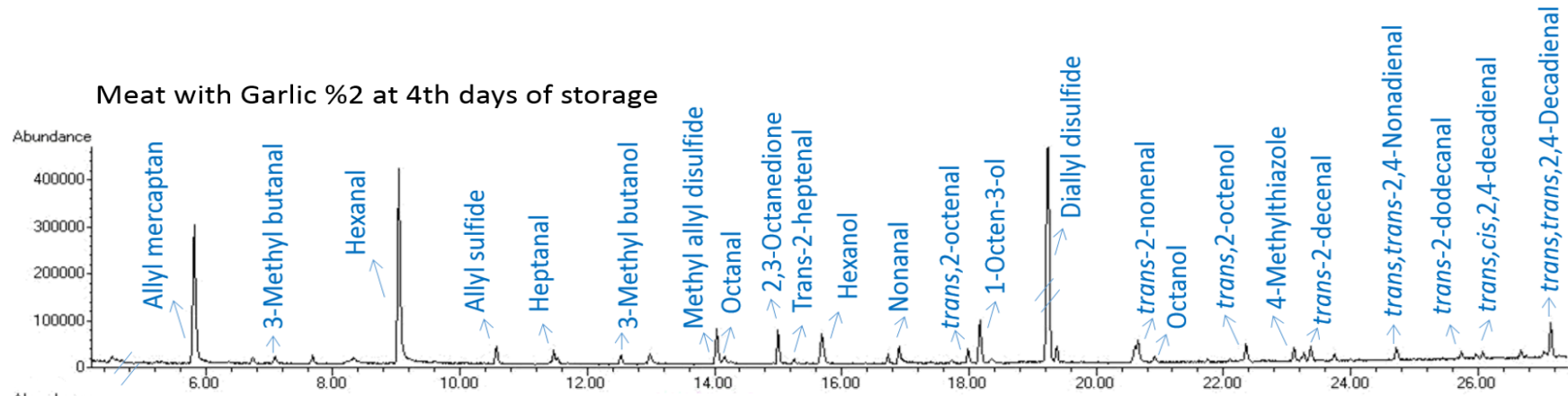
EK 46. Serbest yağ asitleri kromatogramı



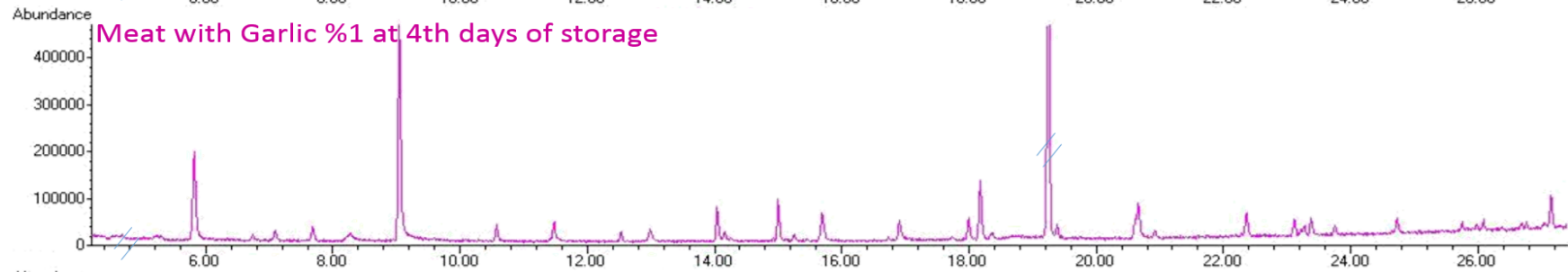
EK 47. Et örneklerinin uçucu bileşen kromatogramı



Meat with Garlic %2 at 4th days of storage



Meat with Garlic %1 at 4th days of storage



Meat without Garlic (Control) at 4th days of storage



Meat (Control) before storage

