ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolamanın Biyojen Amin ve Hidroksimetilfurfural Oluşumu Üzerine Etkisi

Hilal Can KOYUNCU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolamanın Biyojen Amin ve Hidroksimetilfurfural Oluşumu Üzerine Etkisi

---

Hilal Can KOYUNCU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi ../../…. Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Kabul Edilmiştir.

Jüri	: Doç. Dr. Hakan BENLİ	(Danışman)	……
	: Prof. Dr. Hüseyin ERTEN		……
	: Prof. Dr. Halil VURAL		……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2021-14271

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

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Kanatlı Eti ve Kullanım Alanları 5
2.2. Kanatlı Etinin Sucuk Üretimde Kullanımı 6
2.3. Isıl işlem Görmüş Sucuk ve Geleneksel Sucuk 7
2.4. Isıl İşlemin HMF Üzerine Etkisi 9
2.5. Biyojen Amin Oluşumu 12
3. MATERYAL VE METOD 15
3.1. Materyal 15
3.1.1. Sucukların Hazırlanması 15
3.1.2. Fermantasyon, Isıl İşlem ve Kurutma 16
3.2. Yöntem 19
3.2.1. pH Analizi 19
3.2.2. Nem Tayini 19
3.2.3. Titrasyon Asitliği Tayini 19
3.2.4. Kül Analizi 20
3.2.5. Renk Ölçümü 20
3.2.6. Tekstür Profil Analizi (TPA) 21
3.2.7. Biyojen Amin Tayini 21
3.2.8. Hidroksimethilfurfural (HMF) Analizi 22
3.2.9. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması 23
3.2.10. TBARS (Tiyobarbütirik asit reaktif substans) Analizi 24
3.2.11. Duyusal Analiz 24
3.2.12. İstatistiksel Analiz 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 27
4.1. pH Analizi 27
4.2. Nem Tayini 28
4.3. Titrasyon Asitliği Tayini 29
4.4. Kül Analizi 30

4.5. Renk Ölçümü 31
4.6. Tekstür Profil Analizi (TPA) 36
4.7. Biyojen Amin Tayini 38
4.8. HMF Analizi 49
4.9. Depolanan Sucuk Örneklerinde HMF ve Furfural Oluşum Kinetiği 52
4.10. TBARS (Tiyobarbütirik asit reaktif substans) Analizi 54
4.11. Duyusal Analiz 55
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 59
KAYNAKLAR 65
ÖZGEÇMİŞ 75
EKLER 76
EK 1. Duyusal Değerlendırme Formu 78
Ek 2. Biyojen Amin HPLC Kromatogramı 79
Ek 3. HMF ve Furfural HPLC Kromatogramı (275nm ve 285nmde) 80

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolamanın Biyojen Amin ve Hidroksimetilfurfural Oluşumu Üzerine Etkisi

Hilal Can KOYUNCU

Danışman: Doç. Dr. Hakan BENLİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada, ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde, kanatlı eti kullanımının ve depolamanın biyojen amin ve hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu ve sucuğun bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla üretim (0.gün, fermantasyon ve son ürün) ve depolama (7.gün, 15. gün, 30. gün, 45.gün ve 60.gün) boyunca ısıl işlem görmüş sucuklarda planlanan analizler gerçekleştirilmiştir. Sucukların, kül değeri %2.84 ile %4.24 arasında, nem değerleri %54.51 ile %62.18 arasında değişmiştir. Son üründe pH değeri 5.15 iken depolama sürecinde pH değerleri 5.29 ile 5.43 arasında değişmiştir. TBARS değeri (malonaldehit/kg) en yüksek 60.gün örneklerinde (1.52) en düşük TBARS değerleri ise 0.gün (0.15) örneklerinde belirlenmiştir. Biyojen aminler (mg/kg kuru madde) triptamin 31.60 ile 81.67 arasında, 2-Feniletilamin 13.91 ile 48.27 arasında, Putresin 23.47 ile 36.22 arasında, kadaverin 9.48 ile 32.65 arasında, histamin 2.32 ile 9.02 arasında, tiramin 21.88 ile 345.89 arasında, s permidin 24.18 ile 56.25 arasında ve spermin değerleri 21.56 ile 80.25 arasında bulunmuştur. HMF (µg/kg kuru madde) pişirilmemiş ve pişirilmiş örneklerde sırasıyla 183.66 ile 581.33 ve 230.83 ile 627.88 arasında değişmiş furfural değerleri ise (µg/kg kuru madde) 29.35 ile 577.07 ve 45.64 ile 607.39 arasında değişmiştir. Ayrıca, depolama süresince HMF ve furfural oluşum kinetiği üzerine de çalışılmıştır. Isıl işlem görmüş piliç sucuğunun duyusal değerlendirme sonucunda ise tüketim öncesi pişirilmesi ile değerlendirilen özellikler yönünden çok beğenildiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem, Kanatlı Sucuğu, Biyojenik Amin, HMF, TBARS, Kinetik

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

The Effect of Processing and Storage Conditions on Biogenic Amine and Hydroxymethylfurfural Formation in Heat Treated Poultry Sausage

Hilal Can KOYUNCU

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan BENLİ

Department of Food Engineering

ABSTRACT

In this study, the effect of poultry meat usage and storage on biogenic amine and hydroxymethylfurfural formation and some quality characteristics of sucuk were investigated in the production of heat-treated sucuk. For this purpose, analyzes were performed on heat-treated sausages during production (day 0, fermentation, and final product) and storage (day 7, day 15, day 30, day 45, and day 60). The ash value of the sausages varied between 2.84% and 4.24%, and the moisture values between 54.51% and 62.18%. While the pH value of the final product was 5.15, the pH values changed between 5.29 and 5.43 during the storage period. The highest TBARS value (malonaldehit/kg) was determined in the day 60 samples (1.52) and the lowest TBARS values were determined in the day 0 (0.15) samples. Biogenic amine (mg/kg dry matter) values varied between 31.60 and 81.67 for tryptamine, 13.91 and 48.27 for 2-phenylethylaminen, 23.47 and 36.22 for putresin, 9.48 and 32.65 for cadaverine, 2.32 and 9.02 for histamine, 21.88 and 345.89 for tyramine, 24.18 and 56.25 for spermidine, 21.56 and 80.25 for spermine. HMF (µg/kg dry matter) ranged from 183.66 to 581.33 and 230.83 to 627.88 while furfural values (µg/kg dry matter) ranged from 29.35 to 577.07 and 45.64 to 607.39 in uncooked and cooked samples, respectively. In addition, the kinetics of HMF and furfural formation during storage was also studied. As a result of the sensory evaluation of the heat-treated chicken sucuk, it was determined that sucuk samples were highly appreciated in terms of the properties evaluated when they were cooked before consumption.

Keywords: Heat treatment, Poultry Sausage, Biogenic Amine, HMF, TBARS, Kinetic

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca, beni yönlendiren, bilimsel farkındalığımı her zaman arttıran ve bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve değerlendirilmesinde her türlü konuda bana yol gösteren ve destekleyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan BENLİ' ye

Sundukları katkılardan ve desteklerinden dolayı, tezimi değerlendiren jüri üyeleri değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Hüseyin ERTEN ve Prof. Dr. Halil VURAL' a,

Bu çalışma boyunca araştırmamın gerçekleştirilmesinde her türlü bilgi ve desteğini esirgemeyen sahip olduğu bilimsel ve yaşam deneyimleri ile sürekli doğru yolda yürümemi sağlayan Sayın Doç. Dr. Erdal AĞÇAM' a,

Bana her konuda sevgi, ilgi ve desteklerini sunan, beni var eden ve bu günlere getiren değerli AİLEM' e ve özellikle gerek manen ve gerekse madden sonsuz desteğini esirgemeyen, bana her konuda sevgi, ilgisini sunan, Sevgili ablam Merve Elmas KOYUNCU' a

Bu çalışma boyunca laboratuvar analizlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Mehmet Akif ACAR, Rüveyda Nur ÖZKOZACI, Işılay YILMAZ' a ve meyve-sebze laboratuvarı ekibine,

Gıda Mühendisliği bölümü öğretim üyelerine ve bu çalışmaya maddi destek sağlayan Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne,

Teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kanatlı hayvan karkasının oransal bileşimi 5
Çizelge 3.1. Sucuk Formülasyonu 15
Çizelge 3.2. Üretim sırasındaki ünite sıcaklık ve süresi 16
Çizelge 4.1. Katlanma Süresi 54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ksiloz ve glukozdan sırasıyla HMF ve furfural oluşumu ve parçalanması 11
Şekil 2.2. Biyojenik amin oluşum aşamaları..... 12
Şekil 2.3. Kaynağına göre biyojen amin oluşumu 13
Şekil 3.1. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretimi 17
Şekil 3.2. Isıl İşlem Görmüş Kanatlı Eti Sucuğu Üretim Akış Şeması 18
Şekil 3.3. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası 20
Şekil 4.1. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında pH değerindeki değişimler 27
Şekil 4.2. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının nem içeriklerindeki (%) değişimler 28
Şekil 4.3. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında titrasyon (% laktik asit) değerindeki değişimler..... 29
Şekil 4.4. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının kül içeriklerindeki (%) değişimler 30
Şekil 4.5. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında L* değerindeki değişimler..... 31
Şekil 4.6. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında a* değerindeki değişimler 32
Şekil 4.7. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında b* değerindeki değişimler 33
Şekil 4.8. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Chroma değerindeki değişimler 34
Şekil 4. 9. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Hue değerindeki değişimler..... 35
Şekil 4.10. Isıl İşlem Görmüş Sucuk da, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolama aşamalarında Tekstür Profil Analizi (TPA) (N) değerindeki değişimler..... 36
Şekil 4.11. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Triptamin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 38
Şekil 4.12. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında 2-Phenylethylamine (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 39
Şekil 4.13. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Putresin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 41

Şekil 4.14. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Cadaverine (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 42
Şekil 4.15. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Histamin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler..... 44
Şekil 4.16. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Tiramin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 45
Şekil 4.17. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Spermidin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 46
Şekil 4.18. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Spermin (mg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler..... 47
Şekil 4.19. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında HMF ve pişirilmiş örneklerde HMF (µg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 49
Şekil 4.20. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında Furfural (µg/kg kuru madde) ve pişirilmiş örneklerde Furfural (µg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 51
Şekil 4.21. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolama aşamalarında Furfural (µg/kg kuru madde) ve pişirilmiş örneklerde Furfural (µg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 52
Şekil 4.22. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolama aşamalarında Furfural (µg/kg kuru madde) ve pişirilmiş örneklerde Furfural (µg/kg kuru madde) değerlerindeki değişimler 53
Şekil 4.23. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama aşamalarında TBARS (mg malonaldehit/kg) değerindeki değişimler..... 54
Şekil 4.24. Isıl İşlem Görmüş Piliç Sucuğun Son Ürünlerinde Gerçekleştirilen Pişirilmemiş Örneklerin Duyusal Analiz Değerleri 56
Şekil 4.25. Isıl İşlem Görmüş Piliç Sucuğun Son Ürünlerinde Gerçekleştirilen Pişirilmiş Örneklerin Duyusal Analiz Değerleri 57

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C : Santigrat derece
kg : Kilogram
g : Gram
mg : Miligram
L : Litre
mL : Mililitre
µL : Mikrolitre
M : Molar
HMF : Hidroksimetilfurfural
BA : Biyojenik Amin
TPA : Tekstür Profil Analizi
TS : Türk Standartları
mm : Milimetre
TCA : Trikloroasetik asit
TBA : 2-Tiyobarnütirik asit
TBARS : Tiyobarbütirik asit reaktif substans

1. GİRİŞ

Ülkemiz, dünyada kanatlı yetiştiriciliği ve kanatlı eti üretimi açısından önemli bir yere sahiptir. Kanatlı eti, sığır ve domuz etinden daha ucuz bir protein kaynağı olması nedeniyle tüketimi gittikçe artmaktadır (Adab ve ark., 2014; Bilişli, 2015). Kanatlı eti daha az yağ, daha düşük kolesterol ve daha fazla protein içermektedir. Kanatlı hayvanların kesim olgunluğuna gelme süresinin kısa olmasından dolayı üretim miktarı fazladır (Adab ve ark., 2014; Adab ve ark., 2015; Abdolghafour ve Saghir 2014; Łaszkiewicz ve ark., 2021).

Ülkemizde fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak üretilen ve sucuk olarak isimlendirilen geleneksel et ürünü ile son yıllarda üretim miktarı gittikçe artan ve ısıl işlem görmüş sucuk olarak isimlendirilen ürün, işlenmiş et ürünleri kapsamında en fazla üretimi gerçekleştirilen ürünlerdir. Türk Gıda Kodeksi "Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Ürünleri Tebliği" (Tebliğ No:2018/52)' nde sucuk; "Büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan karkas etlerinin ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmamış fermente et ürünü" şeklinde tanımlanmış olup yine aynı tebliğde ısıl işlem görmüş sucuk ise; "Büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan karkas etlerinin ve yağlarının veya kanatlı hayvan karkas etleri ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmış et ürünü" olarak tanımlanmıştır. Tebliğde, ısıl işlem; pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon gibi işlemler olarak tanımlanmıştır. Pişirme, ürün merkez sıcaklığının en az 72 ºC' e ulaştığı ısıl işlemi, sterilizasyon ise 100 ºC'nin üzerinde uygulanan ısıl işlemi ifade etmektedir (Anonim, 2019).

Ayrıca TS 13279 Isıl İşlem Görmüş Sucuk standardına göre ısıl işlem görmüş sucuk; "Büyük baş ve/veya küçük baş veya kanatlı hayvan karkas etleri ve yağlarının çeşni maddesi ve katkı maddeleri ile karıştırılmasıyla elde edilen sucuk hamurunun, doğal veya yapay kılıflara doldurulup, tekniğe uygun fermente edilerek, ısıl işlem uygulaması ile hazırlanan mamul" olarak tanımlanmaktadır. Aynı standartta ısıl işlem görmüş sucuk kimyasal özelliklerine göre ekstra ve sınıf 1 olmak üzere iki sınıf, elde edildiği kasaplık hayvan türüne göre kırmızı et sucuğu ve kanatlı eti sucuğu olmak üzere iki çeşit ve kılıfa doldurulduktan sonra verilen şekle göre kangal, baton, parmak ve dilim olmak üzere dört tip olarak tanımlanmıştır. Kanatlı eti sucuğu, kasaplık kanatlı hayvan karkas etlerinin birinden ya da birkaçının karışımından üretilebilmektedir. Mevzuatında katılmasına müsaade edilmeyen hayvanlardan elde edilmiş etler bulunmamalıdır. Kanatlı eti sucuğuna teknolojisi gereği (tat vermek, kıvam arttırmak vb. amaçla) kasaplık büyükbaş ve küçükbaş hayvanlara ait karkas eti ve yağı katılabilmektedir. Kanatlı eti sucuğunda, elde edildiği hayvan türü ile teknolojisi gereği katılan kasaplık büyükbaş ve küçükbaş hayvanlara

ait karkas eti ve yağ dokusu dışında organ ve doku parçaları bulunmamalıdır (Anonim, 2016). Isıl işlem görmüş sucuk üç aşamada üretilmektedir. Bu üretim aşamaları; fermantasyon, ısıl işlem uygulaması ve kurutma işlemlerinden oluşmaktadır (Kaya ve Kaban 2019; Armutcu ve ark., 2020).

Dünyada farklı ülkelerde yaygın olarak fermente et ürünleri tüketilmektedir. Olgunlaşma süresini kısaltmak için fermente et ürünlerine ısıl işlem uygulanmaktadır. Fermente ürünlere uygulanan ısıl işlem ile fermantasyon süresinin kısalması, patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılması, maliyeti düşürmek ve raf ömrünün uzatılması sağlanabilmektedir (Oliveira ve ark., 2018; Papavergou, 2011; Kerimoğlu ve ark., 2021; Kerimoğlu ve ark., 2019; Aquilania ve ark., 2018). Sucuk üretiminde geleneksel yöntemde kanatlı eti kullanılmamaktadır. Kanatlı etinin yapısal olarak geleneksel üretim için uygun olmadığı bildirilmektedir. Isıl işlem uygulaması, kanatlı eti ile üretilen sucukta gıda güvenli açısından büyük öneme sahiptir (Kaban ve Bayrak, 2015).

Yüksek protein içeriğine sahip hammaddeler kullanılarak hazırlanan fermente gıdalar, fermente sucuk ürünleri gibi, yüksek oranlarda biyojen amin içeriğine sahip olabilmektedirler. Dünyanın birçok yerinde farklı formülasyonlarla sucuk benzeri fermente et ürünleri üretilmektedir. Ancak bu ürünlerin en büyük sorunlarından biri biyojen amin oluşumudur. Sucuk üretiminde kullanılan fermantasyon ve ön fermantasyon işlemi ile serbest hale gelen amino asitler, sucuk mikroflorasının ürettiği dekarboksilaz enziminin etkisiyle, kaynağına bağlı olarak farklı biyojen aminlere dönüşmektedirler (Kurt ve Zorba, 2009). Biyojen aminler alifatik (putresin, kadaverin, spermin, spermidin), aromatik (tiramin, feniletilamin) ve heterosiklik (triptamin, histamin) yapılara sahip et, sebze, peynir ve şarap gibi çeşitli gıdalarda bulunan düşük molekül kütleli, bir veya daha fazla amino grubu (NH_2) içeren azotlu organik bileşiklerdir (Lorenzo ve ark., 2007; Jaguey-Hermandez ve ark., 2021). Biyojen aminler, bitkilerde, hayvanlarda, insanlarda ve mikroorganizmalarda doğal metabolik faaliyetlerinin bir sonucu olarak sentezlenir ve fizyolojik ve metabolik faaliyetleri için düşük konsantrasyonlarda ihtiyaç duyulmaktadır (Suzzi 2015; Ercan ve ark., 2017). Biyojen aminler, canlı mikroorganizmaların aktivitesi sonucu oluştuğu için bu isimle adlandırılmaktadır. Proteinlerden veya amino asitlerden karboksil kökünün mikrobiyel veya organizmalara özgü enzimler ile ayrılması sonucunda bu amino asidin amini oluşmaktadır. Karboksil kökünün aminoasitten ayrılmasına dekarboksilasyon, ilgili enzim ise dekarboksilaz enzimi olarak adlandırılmaktadır (Düz ve Fidan, 2016; Yerlikaya ve ark., 2002). Oluşumu birçok faktöre bağlı olan biyojen aminler, serbest amino asitlerin varlığı, pH, su aktivitesi, sıcaklık, tuz düzeyi ve özellikle amino asit dekarboksilaz aktivitesine sahip mikroorganizmaların (*Enterococci, Lactobacilli, Micrococci ve Enterobacteriaceae* familyasına ait mikroorganizmalar) varlığı ve gelişimi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Özdestan ve Üren, 2012). Genellikle amino asitlerin dekarboksilasyonu ile oluşan biyojen aminler aldehit ve ketonların aminasyonu ve transaminasyonu sonucunda da oluşmaktadır. Gıdalarda oluşan en

önemli biyojen aminler histamin, kadeverin, putresin, tiremin, triptamin, β-feniletilamin, spermin ve spermidin'dir (Düz ve Fidan, 2016). Fermente gıdalar, yüksek protein içeren hammaddeler kullanılarak hazırlandığında (fermente sucuklar gibi) yüksek miktara biyojen amin içerebilmektedirler (Suzzi ve ark., 2003).

Gıdalarda biyojen aminlerin önemsenmesinin iki sebebi bulunmaktadır. İlki biyojen amin varlığının kalite indikatörü olarak kullanılıyor olması ve ikincisi ise toksik etkisi nedeniyle insan sağlığı üzerine olan etkisinden kaynaklanmaktadır (Santos, 1996). Biyojen aminlerin oluşması hammaddenin kalitesi, mikrobiyel yükü, amin pozitif mikroorganizmaların varlığına ve üretim koşullarının durumuna bağlı olarak değişmektedir. Yüksek dozda alındıklarında insan ve hayvanlarda toksik etki gösteren biyojen aminler için, tüketilen gıdanın çeşidine, miktarına ve amin içeriği ve inhibitörlerin varlığına bağlı olarak toksisite limitlerini belirlemekte zorluklar bulunmaktadır. Ancak en yaygın görülen zehirlenmeler histamin ve tiramin zehirlenmeleridir. Bu yüzden gıdalarda histamin miktarının 100 mg/kg'dan fazla olması, β-feniletilamin miktarının 30 mg/kg'dan fazla olması ve tiramin için 10-100 mg/kg arasında olması zehirlenmelere neden olabilmektedir. Bu nedenle histaminin sınır değeri 50 mg/kg olarak belirtilmiştir. Gıdalarda bulunan tüm biyojen aminlerin miktarının ve türünün tespiti için Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi (HPLC) temelli yöntemler izleme ve kontrol amacı için en uygun yöntemler olarak belirtilmiştir (Komprda ve ark., 2001; Biohaz, 2011).

Maillard reaksiyonu (enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu), kavrulmuş, fırınlanmış, kızartılmış ve tütsülenmiş gıdalardaki kahverengi renkten ve lezzetten sorumlu olan önemli bir kimyasal reaksiyondur (Bouzalakou-Butel ve ark., 2018, Capuano ve Fogliano, 2011). Maillard tepkimesi, aldehit veya keton ve indirgen şekerlerle aminler, aminoasitler, peptitler veya proteinler arasında meydana gelen bir dizi tepkimelerdir. İndirgen şekerlerin karbonil grubu ile amino asitlerin amino grubunun kondenzasyonu ile oluşmaktadır (Choudhary ve ark., 2020). Karbonil grubu ve amino grubu tepkimenin başlaması için üründe olması gerekmektedir. Protein veya amino asidin yapısındaki amino gurubu ile aldoz veya ketoz şekerlerinin reaksiyonu sonucunda glikozilamin oluşmaktadır. Glikozilamin, Amadori dönüşümü tipinde bir reaksiyona girmektedir. Örnek olarak indirgen şeker D-glikoz ise Amadori reaksiyonu sonucunda 1-amino-1-deoksi-D-fruktoz'un bir türevini oluşturmaktadır. Bu reaksiyonun ilerleyen aşamalarında ise HMF adı verilen bileşikler oluşmaktadır. Sonrasında ise daha az asidik (pH 5 ten fazla) ortamlarda halka yapıdaki reaktif bileşikler (HMF ve diğerler bileşikler) hızlıca polimerize olarak koyu renkli ve çözünmez yapıda azotlu bileşiklere dönüşmektedir (Saldamlı, 1998; Belitz ve ark., 2009). Erken uçucu ürünleri, orta ve yüksek molekül ağırlıklı polimerleri oluşturmaktadır. Enzimatik olmayan renk kahverengileşmeleri/kararmaları olarak da bilinen bu reaksiyonlar pH, reaktantların tipi, sıcaklık, su aktivitesi gibi faktörlere bağlı olarak renksiz veya renkli reaksiyon ürünleri oluşturmaktadır (Choudhary ve ark., 2020). Oluşan ürünlerin kompozisyonu asitlik, pH, reaktantların kompozisyonu, zaman, sıcaklık, su aktivitesi (a_w), oksijenin konsantrasyonu gibi

etkenlere göre değişiklik göstermektedir. Özellikle uygun olmayan sıcaklıklarda şekerli gıdaların saklanması ve üretilmeleri esnasında uygulanan ısıl işlemden kaynaklanan kimyasal tepkimeler ile kalite kriteri olarak görülmekte olan HMF oluşmaktadır. HMF, ısıl işlem sonucu şekerler ve aminoasitler arasındaki tepkime ile oluşan bileşik olup birçok mamulde aşırı ısı uygulamasını önlemek için miktarı sınırlanan bir bileşiktir (Choudhary ve ark., 2020). HMF' nin yoğunluğu 1,29 g/cm^3, molekül ağırlığı 126,11g/mol, kimyasal formülü $C_6O_6H_3$ şeklindedir (Batu ve ark., 2014). Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan bir bileşik olan HMF, karbonhidrat içeren gıdalara uygulanan her türlü ısıtma sonunda veya depolamada sıcaklık ve süreye bağlı olarak daima az veya çok miktarda oluşmaktadır (Shapla ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2019; Batu ve ark., 2014).

Bu bağlamda, çalışmanın amacı kanatlı eti kullanılarak üretilmiş olan ısıl işlem görmüş sucukta biyojen amin ve hidroksimetilfurfural oluşumu üzerine üretimin ve depolamanın etkisini araştırmaktır. Çalışmada ayrıca üretim ve depolama aşamalarında sucuk örneklerine çeşitli fizikokimyasal analizler uygulanarak ısıl işlem görmüş kanatlı sucuğunun bazı kalite özellikleri de belirlenecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kanatlı Eti ve Kullanım Alanları

İnsan sağlığı için hayvansal gıdalar büyük önem arz etmektedir. Temel aminoasitler sadece bitkisel kaynaktan karşılanamamakta ve dışarıdan alınması için hayvansal kaynaklı gıdaların tüketilmesi gerekmektedir (Aberle ve ark., 2001). Dünya nüfusunun hızla artmasıyla dengeli ve sağlıklı beslenme için gerekli olan hayvansal proteine duyulan ihtiyaç gittikçe artmaktadır. Önemli protein kaynaklarından kırmızı ve beyaz etin tüketimi bu ihtiyacın karşılanmasında büyük öneme sahiptir. Ülkemizde toplam 31.9 milyar olan 2019 yılı canlı hayvan sayısının türlere göre dağılımına bakıldığında %87.4'ü kanatlı hayvan, %7.3'ü keçi – koyun, %4,7'si sığır, %2,6'sı domuz, %1.1'i deve ve %0.6'sı mandadan oluştuğu görülmektedir (TİGEM, 2021).

Kırmızı ete kıyasla beyaz etin daha ucuza üretilmesi, üretim süresinin kısa olması ve aynı miktardaki alanda daha fazla kanatlı hayvan yetiştirilebilmesi nedeniyle kanatlı hayvan etleri protein kaynağı olarak büyük önem taşımaktadır. Özellikle yetiştiriciliği yapılan kanatlı hayvanlar içinde tavuk, hindi, kaz, bıldırcın, deve kuşu, ördek ve keklik yer almaktadır. Kesimi yapılan kümes hayvanlarının büyük bir çoğunluğunu ise tavuk oluşturmaktadır. Son yıllarda kanatlı etinin kırmızı etten daha sağlıklı olduğu düşüncesinden dolayı kanatlı etine olan talep artmaktadır. Kanatlı eti yapısında bulunan yüksek protein, B vitaminleri, yüksek miktarda doymamış yağ asitlerinin varlığı ve mineral madde içeriği ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Kanatlı etlerinin kimyasal bileşimi yaşa, türe, rasyona ve cinsiyete göre farklılık göstermektedir. Çizelge 2.1 'de kanatlı hayvan karkasının oransal bileşimi verilmiştir (Şahan ve ark., 2015; Yücesoy ve ark., 2022).

Çizelge 2.1. Kanatlı Hayvan Karkasının Oransal Bileşimi (Yücesoy ve ark., 2022)

Vücut Parçaları	Tavuk (1.8 kg)	Hindi (5.0 kg)	Ördek (2.7 kg)	Kaz (5.5 kg)
Karkas	73.7	78.9	71.2	72.9
Yenilebilir Et	42.7	51.3	28.8	34.3
Diğer Yenilebilir Kısım	16.0	11.6	29.1	26.6
Göğüs eti	33.5	38.0	31.4	37.1
But ve Bacak Eti	37.9	31.2	39.8	28.8
Kanat Eti ve Diğer Etler	28.8	39.0	38.1	34.3

2.2. Kanatlı Etinin Sucuk Üretimde Kullanımı

1970'li yıllardan beri kanatlı etlerinin fermente sosis üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. Fakat ısıl işlem uygulanmayan kuru fermente sosis üretiminde bu etlerin kullanımı tartışma konusudur. Bu durum hammadde özellikleriyle ilgili iki ana problemle açıklanabilir. Birincisi, gıda kaynaklı patojenlerin kanatlı karkasında bulunabilme olasılığıdır. *Salmonella* türleri, *Campylobacter jejuni* ve kesimhaneler ile işleme ünitelerinde bulunan *Listeria monocytogenes* gibi patojenler kanatlı etinde sıklıkla karşılaşılan tehlikelerdir. Kanatlı etlerinde pH değerinin yüksek olmasından dolayı bu patojenler insan sağlığı üzerine tehdit oluşturmaktadır. İkinci faktör ise zayıf teknolojik özelliklere neden olan kanatlı yağının düşük erime noktasına sahip olmasıdır. Bu nedenle kuru fermente sosislerde kanatlı yağı kullanımı yağlanma kusurlarına ve domuz ve\veya sığır yağına göre daha az istenen bir tekstüre neden olmaktadır. Bundan dolayı endüstriyel ve geleneksel sucuk üretiminde kanatlı etleri kullanılmamasına karşın, hammadde olarak ısıl işlem görmüş sucuk benzeri ürünlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hammadde olarak ısıl işlem görmüş sucuk benzeri ürünlerde sığır eti ve diğer kırmızı etlerin yanı sıra tavuk ve hindi eti gibi kanatlı eti de kullanılmasına karşın son yıllarda ısıl işlem görmüş sucuk benzeri ürün üretiminde kanatlı eti kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bunun en büyük nedeni kanatlı etinin kırmızı ete oranla daha ucuz olmasıdır ayrıca kanatlı etine olan talep doğrultusunda üretimi ve tüketimi giderek artmaktadır. Isıl işlem uygulaması bu tip ürünlerde gıda güvenliği açısından büyük önem arz etmektedir (Bayrak, 2012; Toldra, 2015). Kanatlı eti sosisi tüketilmeden önce ısıl işlem uygulanarak lezzetli, sindirilebilir ve güvenli bir ürün haline getirilmelidir (Abdulhameed ve ark., 2016).

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Ürünleri Tebliği (Tebliğ No:2018/52)'nde ısıl işlem görmüş sucuk; "Büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan karkas etlerinin ve yağlarının veya kanatlı hayvan karkas etleri ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmış et ürünü" olarak tanımlanmıştır. Isıl İşlem Görmüş Sucuk, Türk Standardı TS 13279'a göre kanatlı eti sucuğu kasaplık hayvanların karkas etlerinin birinin ya da birkaçının karışımından üretilmiş olmalıdır. Mevzuatında katılmasına müsaade edilmeyen hayvanlardan elde edilmiş etler bulunmamalıdır. Kanatlı eti sucuğuna teknolojisi gereği (tat vermek, kıvam arttırmak vb. amaçla) kasaplık büyükbaş ve küçükbaş hayvanlara ait karkas eti ve yağı katılabilir. Kanatlı eti sucuğunda, elde edildiği hayvan türü ile teknolojisi gereği katılan kasaplık büyükbaş ve küçükbaş hayvanlara ait karkas eti ve yağ dokusu dışında organ ve doku parçaları bulunmamalıdır (Anonim, 2019; Anonim, 2016).

Kaban ve Bayrak (2015) hindi etinin ısıl işlem görmüş sucukların kalite özelliklerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, hindi etinin %0, %20 ve %40 oranlarında sığır eti ile karıştırılması ve ısıl işlem uygulamasının sucukların bazı mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve

duyusal özellikler ile uçucu bileşikler üzerindeki etkileri araştırmışlardır. Hindi eti, sucuk hamurlarının pH değerlerinde artışa neden olmasına karşın fermantasyon üzerinde olumsuz bir etkisi olmamıştır. Hindi eti kullanımının bazı uçucu bileşikler üzerinde önemli etkileri olmuştur ve %20 hindi eti kullanımının en etkili olduğu tespit edilmiştir.

Huda ve ark (2010) tavuk ve ördek eti oranının sosisin özelliklerine etkisi üzerine yaptıkları bir çalışmada beş farklı oranda (%100, %75, %50, %25 ve %0 tavuk eti ile hazırlanmış) tavuk ve ördek eti kullanmışlardır. Formülasyonunda daha fazla ördek eti bulunan sosislerin nem içerikleri azalırken, yağ, protein ve kül değerleri arttığı ve ördek eti oranı yüksek olan sucukların renginin daha koyu olduğu tespit edilmiştir. Üretilen sosislerin çoğu arzu edilen bir dokuya sahip olmuştur ve ördek eti miktarındaki artışın, daha sert sosislere ve duyusal testlerde daha düşük puanlara neden olduğu bildirilmiştir.

Kolsarıcı (2005) hindi sucuğu üretiminde starter kültür ve ısıl işlem uygulamasının ürün kalitesine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada geleneksel üretimin ve ısıl işlemin uygulamanın ürün kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Hindi etinde üretilen sucuklarda starter kullanımının sucukların kalitesi üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu ve starter kullanımının lipid oksidasyonunu geciktirici etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Üretim yöntemine göre bakıldığında ısıl işlem uygulamasının üretilen sucukta mikrobiyel yükü azalttığını tespit etmişlerdir. Buna karşın geleneksel çiğ sucuklarda daha yüksek renk sonucu elde etmişlerdir.

Manzoor ve ark (2022) biyoaktif açıdan zengin mango kabuğu ekstraktının tavuk sosisinin fizikokimyasal, antioksidan ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlarda (%0, %2, %4 ve%6) mango kabuğu ekstraktı kullanarak 1, 5 ve 10 gün depolanmasının sosis üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Mango kabuğu eksraktı kullanımının antioksidan içeriğini arttırdığını ve renk değerleri üzerine de önemli bir etkisi olduğu ifade edilmiştir. Bununla birlikte uygulanabilirlik açısından en iyi sonucun %4 uygulanan sosis örneklerde elde edildiği bildirilmiştir.

2.3. Isıl işlem Görmüş Sucuk ve Geleneksel Sucuk

En eski gıda muhafaza yöntemlerinden biri fermantasyondur. Fermantasyon boyunca üründe bazı mikrobiyolojik, biyokimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelmektedir ve üründe istenilen tekstür, tat ve koku oluşmaktadır (Franco ve ark., 2002; Marco ve ark.,2006). Et ürünlerinin fermantasyonu, ette doğal olarak bulunan veya sonradan starter kültür olarak ilave edilen laktik asit bakteri türleri tarafından gerçekleştirilir (Bilenler ve Karabulut, 2019). Sucuk, ülkemizde üretimi ve tüketimi en fazla olan geleneksel fermente et ürünüdür (Anonim, 1999; Soyer, 2002).

Fermente sucuk, uygun oranlarda kıyılmış etin ve yağın çeşitli baharatlar, tuz, sarımsak, şeker, nitrat ve/veya nitrit ve starter kültür ilave edilerek karıştırılmasıyla elde edilen sucuk hamurunun doğal ve/veya yapay kılıflara doldurulması ile belirli bir sıcaklık, hava cereyanı, nispi rutubet ve sürede fermantasyon ve kurutmaya tabi tutularak olgunlaştırılan fermente, kuru et ürünüdür (Soyer, 2002; Gökalp ve ark., 2015). Türkiye'de üretimi yapılan sucukları iki başlık altında toplamak mümkündür bunlar fermente sucuk ve ısıl işlem görmüş sucuktur. Fermente sucuklar, ısıl işlem uygulaması olmaksızın doğal bir biçimde (kasap sucuğu) ya da nemi ve sıcaklığı ayarlanabilir üniteler yardımıyla kurutularak (endüstriyel fermente sucuk) üretilebilmektedirler. Kasap sucuğu, geleneksel metotlar kullanılarak üretilen ve belli bir standart üretim tekniği olmayan küçük ölçekli işletmelerde doğal çevrede hava akımı uygulanarak üretilen fermente bir üründür. Büyük ölçekli işletmeler veya fabrikalarda teknolojik imkanlar kullanılarak ve hijyenik kurallara uyularak starter kültür kullanımı ile endüstriyel tarzda fermente sucuk üretilebilmektedir (Sezer, 2021). Dünya nüfusunun artması, teknolojik gelişmeler ve artan talepler nedeni ile her dönem standart ve aynı kalitede sucuk üretimine ihtiyaç duyulmuştur. Bundan dolayı, teknolojiden de faydalanılarak standart fermente sucuk üretimine başlanmıştır. Fermente sucuk üretimi üç aşamada gerçekleşmektedir ve bu aşamalar formülasyon, fermantasyon ve olgunlaştırmadır (İnce, 2017). Et ürünlerinin fermantasyonla olgunlaştırılmasında lipitler, proteinler ve karbonhidratlarda gerçekleşen birçok reaksiyon sonucunda çeşitli ürünler oluşmaktadır ve fermantasyon aşamasında karbonhidratların parçalanması sonucunda oluşan laktik asit, pH' yı düşürerek tekstür değişimine ve asidik tat oluşumuna etki etmekte ve ayrıca patojenik bakterileri ve düşük pH direncine sahip bozulma yapan bakterileri inhibe ederek koruyucu etki oluşturmaktadır (Bayrak, 2012; İnce, 2017). Sucuk üretiminde karbonhidrat kaynağı olarak glikoz, maltoz, sakkaroz ve laktoz gibi şekerler, mısır şurubu veya mısır şurubu kristali ve sorbitol kullanılmaktadır. Üründe tat verici, fermantasyon bileşeni ve tuzun keskin etkisini giderici olarak kullanılırlar (İnce, 2017). Olgunlaşma sırasında proteolitik parçalanma ile protein yapısında olmayan peptitler ve serbest aminoasitler gibi bileşiklerin miktarı artmakta ve bu bileşiklerin doğrudan tat üzerine etkileri olabildiği gibi uçucu bileşiklerin oluşuna etki etmektedirler (Bayrak, 2012).

Sucukta da diğer et ürünlerinde olduğu gibi tat, koku, renk ve tekstür gibi tüketiciler tarafından tercih edilen duyusal özellikler bu ürünün satın alınmasında önemli bir yere sahiptir (İnce, 2017; Ertaş ve Doğruer, 2010; Yalçın ve ark., 2012). Fermente sucuklarda, sucuk hamurunda bulunan mikroorganizmalar istenilen aroma, tekstür, lezzet ve renk gibi duyusal özellikleri biyokimyasal ve fizikokimyasal reaksiyonlar sonucunda oluşturmaktadır. Oluşturdukları bu reaksiyonlar hammadde, üretim koşulları ve teknolojisine bağlı değişiklik göstermektedir (İnce, 2017; Leroy ve ark., 2013).

Teknolojik gelişmeler, hızlı tüketimin artması, maliyetlerin artması ve işlenmiş ürünlerde rekabetin artması gibi tüketici tercihlerindeki değişimler üreticileri yeni bir arayışa yöneltmiştir.

Geleneksel sucuk üretiminden ısıl işlem görmüş sucuk benzeri ürün üretimine geçiş bunun bir örneğidir (Kara ve Akkaya, 2010). Sucuk, kurutulmuş fermente bir et ürünü olup son yıllarda üretimine ısıl işlemde dâhil edilmiştir. Sucuk üretiminde uygulanan fermantasyon aşaması kısaltılarak uygulandıktan sonra ısıl işlem uygulaması ve kurutma yapılır. Bu tip üretimin üreticiye sağladığı en büyük fayda üretim süresini kısaltmış olmasıdır (Bayrak, 2012). Geleneksel sucuk üretiminde ısıl işlem uygulaması yapılmamaktadır ancak son yıllarda üretim teknolojisinin bir parçası olmuştur (Ercoşkun ve ark., 2010; İnce, 2017). Isıl işlem görmüş sucuk benzeri ürünlere uygulanan ısıl işlem geleneksel sucukta olan ve arzulanan aromatik değişimlere yol açan mikroorganizma faaliyetlerini ortadan kaldırmakta veya yetersiz olmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı glikoliz, lipoliz ve proteoliz tam olarak gerçekleşmemektedir. Ayrıca depolama süresince ısıl işlem görmüş sucuk benzeri ürünlerde fermente üründeki gibi kimyasal ve biyokimyasal faaliyetler gerçekleşememekte ve istenilen değişiklikleri gerçekleştiren bakteri faaliyetleri, enzimatik aktivite ve diğer değişimler büyük oranda yavaşlamakta ve/veya ortadan kalkmasına neden olmaktadır. Kısa süreli fermente edilmiş sucuklara ısıl işlem uygulandığında pH değerinde istenilen düşüş gözlemlenememektedir ve ayrıca ısıl işlem uygulanan sucuklarda su aktivitesinin de yüksek kalması nedeniyle mikrobiyolojik gelişmelere ortam oluşturarak ürünlerde sağlık riski oluşturmaktadır. Bu riski azaltmak için dana sucukların merkez sıcaklığını 68 °C, kanatlı sucuklarının ise 72 °C olacak şekilde pastörize ederek soğukta depolama yapılması gerekmektedir. Isıl işlem görmüş sucuklarda fermantasyon aşamasının kısa olması nedeniyle starter kültürün yeteri kadar çalışamaması ve bunun sonucunda lezzet ve aroma bileşiklerinin geleneksel sucuktaki gibi oluşamadığı bildirilmiştir (Ercoşkun ve ark., 2010; Bastıroğlu,2019).

2.4. Isıl İşlemin HMF Üzerine Etkisi

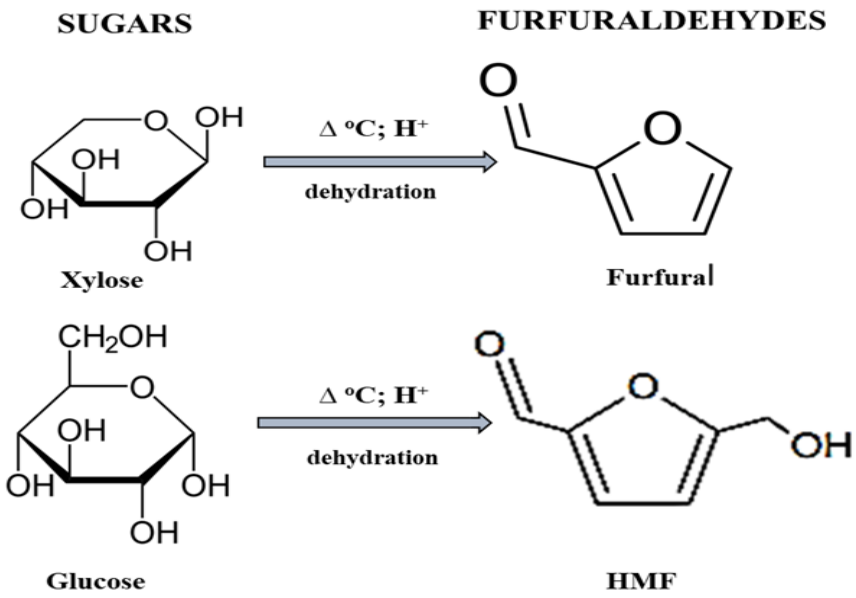
Gıdaların raf ömrünü arttırmak için pastörizasyon, kurutma ve kızartma gibi ısıl işlem uygulamaları kullanılmaktadır. Uygulanan bu işlemler gıdaların üretimi ve depolanması sırasında çeşitli değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimlerden biri olan esmerleşme reaksiyonları en önemlilerindendir ve iki farklı şekilde meydana gelmektedir. Bunlar enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıdır.

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sıcaklık, ışık, su aktivitesi, oksijen ve metaller gibi faktörlerin gıdalarla etkileşmesi sonucunda oluşmakta ve kendi içinde üç grupta incelenmektedir; bunlar, karamelizasyon, Maillard reaksiyonu ve askorbik asidin parçalanmasıdır (Özhan, 2008; Gedik, 2001).

Karamelizasyon, azotlu maddelerin (aminoasit ve proteinler) olmadığı ortamda şeker ve şeker şuruplarının ısıtılmasıyla elde edilen kompleks bileşiklerdir. 100 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşmektedir. İndirgen şekerler dehidre olarak bir dizi kompleks bileşiklerin oluşmasına neden olurlar ve bu da ürünün renginde ve tadında değişimlere neden olmaktadır. Özellikle şekerleme sanayisinde büyük öneme sahiptir (Gedik, 2001).

Askorbik asit (C vitamini), stabil olmayan, dayanıksız ve uygun olmayan saklama koşullarında kolayca parçalanan bir bileşiktir. Oksijenli ve oksijensiz ortamlarda, depolama süresi ve sıcaklığı, oksijen ve sıcaklık gibi faktörlere bağlı olarak askorbik asidin parçalanmasına etki etmektedirler. Askorbik asidin parçalanmasıyla oluşan bileşikler aminoasitlerle reaksiyona girerek esmer renkli pigmentleri oluştururlar. Bu pigmentlerin oluşması pH ile ilişkilidir. pH 4'ün üzerinde oluşan esmerleşme reaksiyonu askorbik asit ve aminoasitler arasında Maillard reaksiyonu oluşturmaktadır. Depolama sırasında L-askorbik asidin parçalanması ile Furfural oluşmakta ve oluşan Furfural ürün renginde esmerleşmeye ve tatta değişime neden olmaktadır (Mertoğlu, 2015).

Maillard reaksiyonu gıda ürünlerinde ısıl işlem nedeni ile meydana gelen en önemli reaksiyonlardan biridir ve gıdaların işlenmesi ve depolama süresi boyunca oluşan kimyasal ve karmaşık bir reaksiyondur. İndirgen şekerler ile aminoasit ve proteinlerdeki amino grubu arasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak gerçekleşmektedir (Mertoğlu, 2015). Gıdalarda bulunan karbonhidratlar ve aminoasitlerin ısıl işlem etkisiyle degradasyonu sonucunda ortamda çeşitli bileşikler meydana gelmektedir. Bu ürünlerin oluşumu yüksek sıcaklık, şeker ve aminoasitlerin cinsi, su aktivitesi, pH ve metal iyonların varlığı gibi koşulların varlığından etkilenmektedir. Reaksiyon sonucunda ana ürün olarak pentozlardan 2-furaldehit (furfural), heksozlardan ise 5-hidroksi-metil-2-furaldehit (hidroksimetilfurfural, HMF) oluşmaktadır. Isıl işlemin şiddeti, sıcaklık, süre, depolama gibi etmenler ısıl işlem uygulanan gıdalardaki HMF oluşum oranını az ya da çok miktarda etkilemektedir. HMF oluşumu karamelizasyon reaksiyonu gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan ve gıdalar için büyük öneme sahip bir ana üründür. Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan spesifik ürünler gıdalarda lezzet ve aroma üzerinde önemli etkiler oluşturmaktadır (Ağcam, 2011). Ksiloz ve glikozdan furfural ve HMF oluşumu ve parçalanması Şekil 2.1.' de gösterilmiştir (Almeida ve ark., 2009).



Şekil 2.1. Ksiloz Ve Glikozdan Sırasıyla HMF Ve Furfural Oluşumu Ve Parçalanması (Almeida ve ark., 2009)

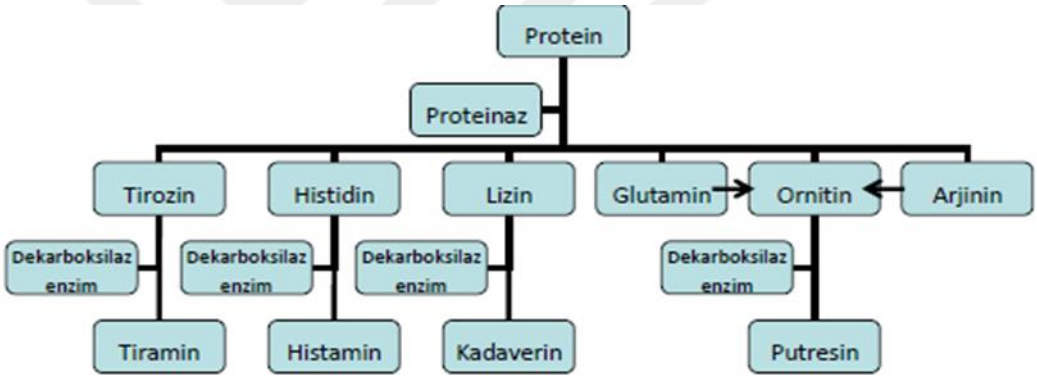
Maillard reaksiyonu, proteinlerin çözünürlük, ısı stabilitesi ve emülsifiye edici gibi fonksiyonel özelliklerini geliştirmekte kullanıldığı gibi etin kızartılmasında ve kavrulmasında istenilen tat ve aromanın oluşmasında etki etmektedir (Mertoğlu, 2015). Ayrıca depolama sırasında kalitenin bozulmasına neden olan en önemli reaksiyonlardan biridir. Bu reaksiyon ile oluşan HMF miktarından yararlanılarak bu değişikliklerin izlenmesi mümkün olmaktadır. Maillard reaksiyonları kontrol edilerek HMF, akrilamid ve protein modifikasyonları ile oluşan istenmeyen bileşikleri kontrol edilmektedir (Kocadağlı ve ark., 2014).

Delgado-andrade (2010) farklı tekniklerle (ızgara, buharda ve kızartılan) pişirilen İspanyol geleneksel yemeklerinde Maillard reaksiyonunun gelişimi ve Maillard türevli bileşiklerin alımı üzerine yaptığı çalışmada et yemeklerinden ızgara domuz filetosunda 0.66 mg/kg kuru madde HMF, kızarmış hamside ise 0.71 mg/kg kuru madde HMF oranları tespit etmişlerdir.

Akyıldız ve ark (2021) portakal suyunda askorbik asit bozulması, hidroksimetilfurfural ve furfural oluşumları için kinetik çalışmalarında belirli sıcaklık aralıklarında (70, 75, 80, 85 ve 90 ^{o}C) ve sürelerde (15, 30, 60, 90 ve 120 saniye) meydana gelen HMF ve furfural bileşiklerindeki değişimi ve belirledikleri depola süresince (0, 60, 120, 180 gün ve 4 ve 25 ^{o}C sıcaklıklarda) bu bileşiklerin miktarındaki değişimlerin belirlenmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Yapılan bu çalışmada HMF ve Furfural konsantrasyonlarına bakılmış olup sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak bu bileşiklerin miktarının arttığı ve depolama süresi boyunca başlangıç değerlerine göre artış gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca depolama sıcaklığının HMF ve furfural konsantrasyonu miktarına etki bulunduğu ve yüksek sıcaklıkta depolanan örneklerde daha fazla miktarda bulundukları tespit edilmiştir.

2.5. Biyojen Amin Oluşumu

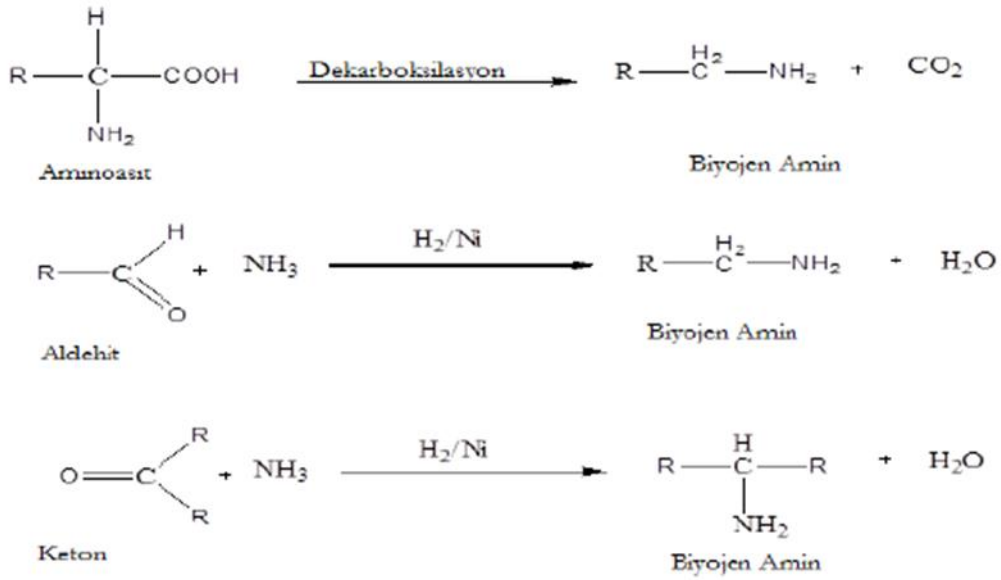
Biyojen aminler, düşük moleküler ağırlıklı, organik bazlı, biyolojik olarak aktif ve azotlu bileşiklerdir. Aminoasitlerin dekarboksilasyonu sonucunda veya ketonların ve aldehitlerin aminasyon ve transaminasyonu ile oluşmaktadırlar. Biyojen aminler, bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmaların metabolik aktiviteleri sonucunda sentezlenirler (Latorre-Moratalla ve ark., 2012). Biyojen aminler canlı hücrelerde önemli metabolik aktiviteye sahip moleküllerdir (Bardöcz, 1989). "Biyojen aminler" olarak isimlendirilmelerinin nedeni, canlı organizmanın aktivitesi sonucu elde edilmeleridir. Aminoasitlerin karboksil kökünün parçalanması sonucunda aminoasidin amini oluşur. Bu olaya dekarboksilasyon, ilgili enzime ise dekarboksilaz adı verilir (Sinell, 1978). Dekarboksilasyondan sorumlu enzimler hayvansal ve bitkisel dokularda bulunabildiği gibi diğer yandan mikroorganizmalar tarafından da üretilebilirler (Yerlikaya ve Gökoğlu, 2002). Biyojen aminler, oluştukları aminoasidin kaynağına bağlı olarak adlandırılmaktadırlar. Histidinden histamin, tirozinden tiramin, triptofandan triptamin, lizinden kadaverin oluşur Şekil 2.2' de proteinden biyojen aminlere dönüşüm görülmektedir.



Şekil 2.2. Biyojenik Amin Oluşum Aşamaları (Karahan, 2003)

Biyojen aminlerin oluşmasına ortamda serbest aminoasitlerin saflığı, dekarboksilaz enzimi üretebilecek mikroorganizmaların varlığı, dekarboksilaz enzimi ve uygun konsantrasyonda olması etki etmektedir. Dekarboksilaz enzimi mikroorganizmalar tarafından üretilebilmektedir. Dekarboksilaz enzimi üreten mikroorganizma cinsleri *Bacillus, Clostridium, Pseudomonas* and *Photobacterium*'dir (Karovicova ve Kohajdova, 2005; Galgano ve ark.., 2009).

İçerdikleri azot sayısına göre; monoaminler, diaminler ve poliaminler olarak gruplandırılırlar ve kaynağına göre biyojen amin oluşumu Şekil 2.3' de verilmiştir (Özdestan 2009). Biyojen aminler kimyasal özelliklerine göre aromatik ve heterosiklik aminler, alifatik di-, tri- ve poli-aminler ve alifatik uçucu aminler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar (Mafra ve ark.. 1999, Azim, 2002).



Şekil 2.3. Kaynağına Göre Biyojen Amin Oluşumu (Silla-Santos 1996).

Gıdalarda oluşan başlıca biyojen aminler; putresin, kadaverin, histamin, tiramin, triptamin, 2-feniletilamin, spermin, spermidin, metilamin ve etanolamin'dir (Shalaby, 1996; Toy, 2010).

Mikrobiyel proteoliz, dekarboksilasyonların hemen hepsinde gözlenmektedir. Bu nedenle proteinli yapılarda biyokimyasal, biyofiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerde biyojen aminlerin oluşumu dikkate alınmalıdır. Çünkü protein içeriği zengin gıdaların fermente edilmesi, hazırlanması, işlenmesi ve depolanması sırasında bu tip aminler oluşabilmektedir (Rice ve ark.., 1976).

Gıdalarda biyojen aminler iki nedenden dolayı önem taşımaktadırlar. Birincisi, biyojen amin miktarının kalite indikatörü olarak kabul edilmesi, diğeri ise sağlık üzerine toksik etkilerinin(alerjik-kanserojenik etkiye sahip olması) bulunmasıdır (Bardócz, 1995).

Vücutta önemli biyolojik rolleri bulunan biyojen aminler nükleik asitler, protein, hormon gibi nitrojen bazlı bileşiklerin sentezinde azot kaynağı olarak vücutta kullanılırlar (Estevez ve ark., 2005).

Biyojen amin oluşumunu etkileyen etmenler arasında sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu, mikroorganizmalar ve starter kültürler ve oksijen gibi faktörler yer almaktadır. Dünyanın birçok yerinde farklı formülasyonlarla sucuk tipi fermente et ürünleri üretilmektedir. Bununla beraber biyojen amin oluşumu bu fermente ürünlerin en önemli ortak sorunlarından biridir. Bu tür ürünlerin olgunlaşmasına etki eden proteolitik enzimler, amino asitlerin serbest hale geçmesini sağlayarak, biyojen aminler gibi toksik bileşiklerin oluşumuna neden olmaktadır. Serbest hale gelen bu amino asitler, sucuk mikroflorasının ürettigi dekarboksilaz enziminin de etkisiyle, kaynağına bağlı olarak farklı biyojen aminlere dönüşmektedirler (Halász ve ark., 1994; Ercoşkunve ark., 2000).

Aynı tarzda üretilen bir çok fermente et ürününde biyojen amin içerikleri farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların nedeni hammaddenin mikrobiyel kalitesinden, ortam şartlarından, fiziko-kimyasal değişkenlerden, üretim sırasında oluşturulan hijyenik şartlardan ve kullanılabilir substrattan kaynaklanmaktadır (Suzzi ve Gardini, 2003).

Hijyenik ve kaliteli hammaddenin kullanımının yanı sıra uygun starter kültürlerin kullanılması, biyojen amin oluşumunu engellemek açısından etkili olabilmektedir. Fermente et ürünlerinde, son ürün kalitesini geliştirmek ve stabilize etmek amacıyla çoğunlukla starter kültür kullanılmaktadır. Laktik asit bakterileri, starter kültürlerin en önemli grubunu oluşturmaktadır ve kültürler, laktik asit üretimiyle pH da düşüşe neden olmakta ve koruyucu etki yapmaktadır. Fakat laktik asit bakterileri de biyojen amin oluşturabilirler. Fermente et ürünleri üretiminde starter kültür olarak kullanılan bakteriler arasında Micrococcaceae familyasının üyelerinden olan *Staphylococcus carnosus* ve *Staphylococcus xylosus* da yer almaktadır (Masson, ve ark., 1996). Laktik asit bakterilerinin et ürünlerinde amin üretiminden sorumlu olduğu belirtilmekle birlikte, sosis fermantasyonu sırasında biyojen amin oluşumu, starter kültür olarak laktik asit bakterilerinin kullanılmasıyla engellenebilmektedir (Bover-Cid ve ark., 2001).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Üretimde kullanılan piliç eti, sucukların dolumun da kullanılan doğal kılıflar (36-38 mm yaş kalibre) ve diğer katkı maddeleri Adana ilinde bulunan firmalardan temin edilmiştir. Sucuk üretiminde ilave edilen starter kültür ise Frutarom – Etol Aroma ve Baharat A.Ş. (Kocaeli)'den sağlanmıştır.

Sucuk örneklerinin üretimi Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Sucuk İşletmesi'nde, örneklere uygulanan analizler ise Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yürütülmüştür.

3.1.1. Sucukların Hazırlanması

Fermantasyon ve ısıl işlem uygulanarak üretilmiş kanatlı sucuklarının üretim aşamaları Şekil 3.2' da verilmiştir. Sucuk üretiminde kullanılan piliç etinin (bonfile-göğüs eti ve sarma kemiksiz) oranı %80 ve sığır yağının (sığır kavram yağı) oranı ise %20 olacak şekilde ayarlanmıştır. Piliç eti ve sığır yağı +0-4 °C'de soğutulmuş ve iri parçalar halinde doğranarak soğutmalı kıyma makinesinin 6 mm delik çaplı aynasından geçirilmiştir. Kıyma haline getirilmiş et ve yağ üzerine starter kültür karışımı (*Staphylococcus carnosus* ve *Latilactobacillus sakei*) ve baharatlar ilave edilerek karıştırılmıştır. Kullanılmış olan sucuk formülasyonu Çizelge 3.1' de verilmiştir. (Gökalp ve ark., 2015).

Çizelge 3.1. Sucuk Formülasyonu

Formülasyon	**100 kg Et için**	**10 kg et için**	
	Kg	Kg	Gram
Kanatlı Eti (kg)	80	8	8000
Sığır Yağı (kg)	20	2	2000
Tuz (kg)	2	0,2	200
Şeker (kg)	0,6	0,06	60
Sarımsak (kg)	1	0,1	100
Kırmızı Biber (kg)	0,7	0,07	70
Karabiber (kg)	0,5	0,05	50
Kimyon (kg)	0,9	0,09	90
Yeni Bahar (kg)	0,25	0,025	25
Sodyum Nitrit mg/kg	150	1500	1,5
Askorbik Asit mg/kg	500	5000	5

Daha sonra karışım soğutmalı kıyma makinesinden, 3 mm delik çaplı ayna kullanılarak tekrar geçirilmiştir. Elde edilen sucuk hamuru 36 – 38 mm kalibreye sahip doğal kılıflara (hava kurusu sığır ince bağırsağı) 120 – 130 gram olacak şekilde doldurulmuştur. Dolum işlemi tamamlanan sucuklar askı arabasında askıya alınmıştır.

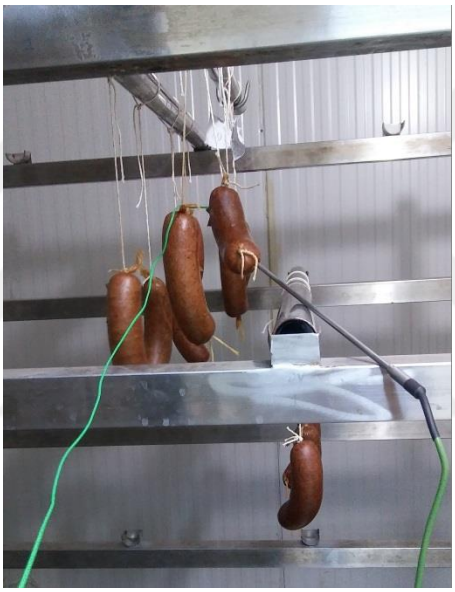
3.1.2. Fermantasyon, Isıl İşlem ve Kurutma

Hazırlanan sucuklar dolum işleminden sonra sıcaklık, bağıl nem ve hava cereyanı kontrol edilebilen özel tasarım fermantasyon ünitesine alınmış ve 22-24°C ve %90-95 bağıl nemde 24 saat süre ile fermantasyona tabi tutulmuştur. Fermantasyon işleminden sonra aynı ünite kullanılarak sucuklara ısıl işlem uygulanmıştır. Bu uygulamada sucuklar önceden 50°C'ye ısıtılmış üniteye yerleştirilmiş, sıcaklık kademeli olarak arttırılmak suretiyle sucukların merkez sıcaklıkları 72°C'ye ulaşana dek ısıl işlem uygulanmıştır. Bu amaçla, sucukların merkez sıcaklığı sürekli bir şekilde el tipi dijital termometre (Verth, Type K Thermometer, Taiwan) ile takip edilmiştir. Sucuklara uygulana ısıl işlem programı Çizelge 3.2' de verilmiştir. Sucukların merkez sıcaklığı 72 °C'ye ulaştıktan sonra ise sucuklar bu sıcaklıkta 10 dakika bekletilip işlem sonlandırılmıştır. Toplam ısıl işlem süresi yaklaşık 3 saat sürmüştür (Şekil 3.1). Daha sonra sucuklara duşlama yapılıp, oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Oda sıcaklığına soğutulan ve dış yüzlerinin kuruması için bir süre beklenen sucuklar vakum ambalajlanarak 4 °C'de depolanmıştır. Sucuk üretim aşamaları Şekil 3.2'de verilmiştir. Sucuklardan ısıl işlem öncesi (0.gün ve fermantasyon sonrası), son üründe ve depolama sırasında (7. gün, 15. gün, 30. gün, 45. gün, 60. gün) örnekler alınarak analizlere tabi tutulmuştur. Çalışma iki tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

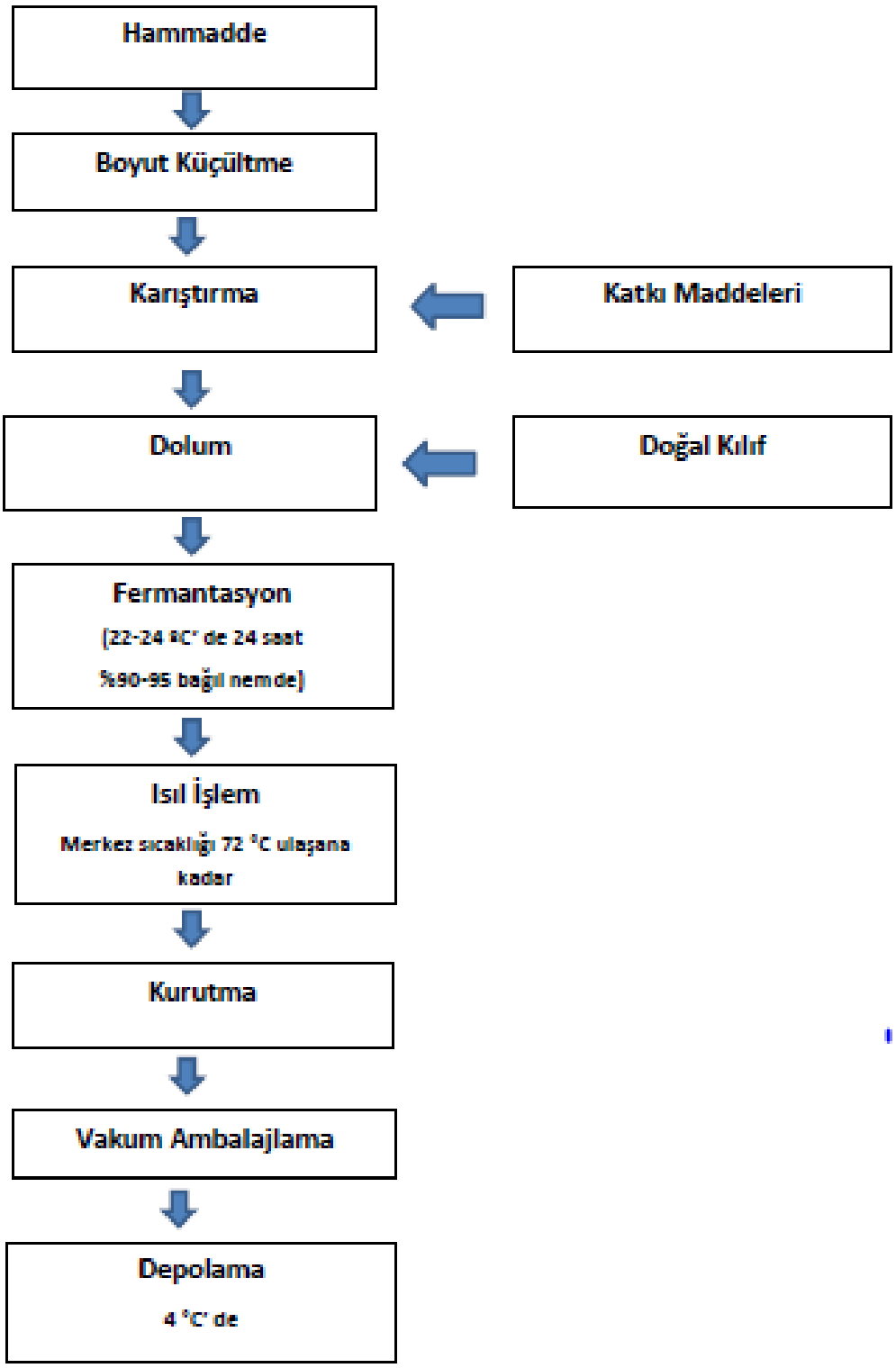
Çizelge 3.2. Üretim Sırasındaki Ünite Sıcaklık ve Süresi

Sıcaklık(°C)	**Süre(dk)**
50	15
55	15
60	15
65	15
70	30
75	30
80	30
85	Merkez sıcaklığı 72 °C olana kadar





Şekil 3.1. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretimi



Şekil 3.2. Isıl İşlem Görmüş Kanatlı Eti Sucuğu Üretim Akış Şeması (Kaban & Bayrak, 2015; Sallan ve ark., 2020)

3.2. Yöntem

3.2.1. pH Analizi

Sucuk örneklerinden pH tayini için 5 g alınarak, 45 ml saf su ilave edilip ve masa tipi bir parçalayıcı-karıştırıcı (blender) ile örnekler homojenize edilmiştir. Uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş pH metre (Mettler Toledo, USA) kullanılarak karışımın pH' sı ölçülmüştür (Gökalp ve ark., 2001).

3.2.2. Nem Tayini

Sucuk örnekleri, üretim sürecinde alınarak, parçalayıcı-karıştırıcı (blender) ile öğütülerek homojenize edilmiştir. Önceden etüve konulan (Memmert, Universal oven tech., Almanya) ve 100°C'de 2 saat kurutulan steril alüminyum tartım kapları soğuması için desikatöre alınmıştır. Homojenize sucuk örnekleri, hassas terazi (Sartorius TE214S, ABD) kullanılarak desikatörde soğutulan tartım kaplarına 5g (0.0001 hassasiyetle) olacak şekilde tartılmış ve 100 ºC'ye ayarlı etüvde 16 saat boyunca kurumaya bırakılmıştır. 16 saatin sonunda sucuk örnekleri desikatöre alınarak soğutulduktan sonra tartımları alınmıştır ve örneklerdeki ağırlık kaybı değeri üzerinden % nem içeriği hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

Hesaplamada kullanılan formül:

%Nem = Ağırlık kaybı / Örnek ağırlığı×100

3.2.3. Titrasyon Asitliği Tayini

Üretim sırasında ve depolama boyunca alınan sucukların titrasyon asitliğinin tespiti için 10 g sucuk örneği 250 ml saf su ile homojenize edilmiştir. Homojenize hale getirilen sucuk örneği filtre kağıdından süzülmüş ve filtrattan 25 ml alınıp saf su ile 100 ml'ye tamamlmıştır. 0.1 N NaOH çözeltisiyle ve fenolftalein indikatörü yardımıyla titre edilmiştir. Elde edilen 0.1 N NaOH çözeltisi sarfiyatı aşağıda gösterilen eşitlik yardımıyla titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Gök, 2006).

% Asitlik = V x f x E x100 / m

f: Titrasyonda kullanılan baz çözeltisinin normalitesi eğer 0.1 değilse, f değeri çözeltinin faktörüdür, Çözeltinin normalitesi tam olarak 0.1 ise f=1'dir ve eşitlikte yer vermeye gerek yoktur.

m: Örnek miktarı (g) titre edilen örneğin gerçek miktarı

V: Titrasyonda harcanan 0.1 N NaOH çözeltisinin miktarı (ml)

N: Harcanan NaOH çözeltisinin normalitesi

E: 1 ml 0. N NaOH' In eş değer asit miktarı, (g) (laktik asit: 0,09g)

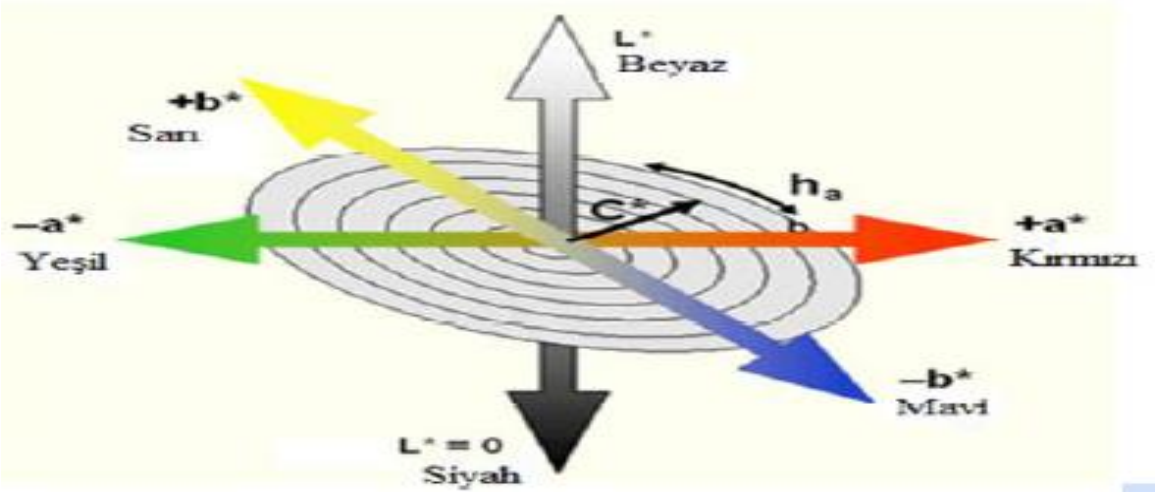
3.2.4. Kül Analizi

0.gün ve son ürün aşamasında, sucuk örnekleri alınarak masa tipi blender kullanılarak homojene edilmiştir. Kül analizinde kullanılacak olan krozeler fırına (Protherm, PLF 130/45, Türkiye) alındıktan sonra tamamen kuruması için bırakılmışlardır. Pens yardımıyla desikatöre alınan krozeler desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş ve 0.0001 hassasiyet ile hassas terazi (Sartorius TE214S, dataweighing systems, ABD) kullanılarak tartımları yapılmıştır. Tartılan krozelere homojenize edilmiş olan örneklerden 1.5g ile 3g arasında örnek krozelere tartılmıştır. Hazırlanan krozeler yakma fırınına yerleştirilmiş ve 600 °C'de en az 24 saat yakma işlemi uygulanmıştır. Yakma işlemi bittikten sonra fırının ısı derecesi kapatılarak iç sıcaklığın 40 °C'ye düşmesi sağlanmıştır. Fırın 40 °C'ye geldiğinde ise örnekler pens yardımıyla desikatöre alınmıştı. Desikatöre alınan örnekler oda sıcaklığına geldiğinde pens yardımı ile son tartımı yapılarak aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (AOAC,2000)

%kül = [(ilk tartım – son tartım)/örnek tartımı]x10

3.2.5. Renk Ölçümü

Son ürün ve depolama aşamasında, sucuk örneklerinin renk ölçümleri Konika Minolta Chroma Meter CR-400 (Japonya) cihazı ile yapılmıştır. Renk cihazı, cihaza ait kalibrasyon skalası ile kalibre edilmiştir. Örneklerin iç kesitlerindeki 3 farklı noktadan L*, a* ve b* değerleri ölçülmüş ve kroma (C*) ve Hue (H*) değerleri $C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$ ve $h = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ formülleri ile hesaplanmıştır. Bu değerler 3 boyutlu koordinat sistemi ile ifade edilmektedir. L* değeri parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken dikey eksende yer almakta, +b* değeri sarılığa, -b* değeri ise maviliğe, +a* değeri kırmızılığa, -a* değeri yeşilliğe gidişi ifade etmektedir (Lee ve ark., 2001) (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası (Anonim, 1996)

3.2.6. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Son ürün ve depolama aşamasında (30. gün, 60. gün), alınan örneklerinin tekstür ölçümleri, oda sıcaklığında, tekstür analiz cihazı (TA.XT2, Godalming, Surrey, Birleşik Krallık) kullanılarak yapılmıştır. Sucuk örneklerinden 1 cm kalınlığında olacak şekilde 3 örnek alınmış olup, 3.0 mm/s (ön-test), 1.0 mm/s (test) ve 3.0 mm/s (son test) sabit bir hızda aşağı doğru hareket eden 50 mm çapında probun (TA-25, 2" dia. cyl., alum., İngiltere) altına yerleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Tekstür analiz cihazında sertlik (hardness), sakızımsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness), springiness (yaylanabilirlik), cohesiveness (iç yapışkanlık) ve resilience (esneklik) hesaplanmıştır. (Kargozari ve ark., 2014).

3.2.7. Biyojen Amin Tayini

Üretim sürecinde, son üründe ve depolama sırasında (7. gün, 15. gün, 30. gün, 45. gün, 60. gün) sucuk örneklerinde analizlerin yapılması için, bir tüp içerisine 2 g homojenize edilmiş örnek tartılmıştır. Tartılan sucuk örnekleri 20 mL 0.4 M perklorik asit ile homojenizatör (Ultra turrax 8000 rpm) yardımıyla parçalanmıştır. 3000 rpm' de 10 dakika santrifüj edilerek, kaba filtre kağıdından, 50 mL balon joje' ye süzülmüş ve kalıntıya tekrar 20 mL 0.4 M perklorik asit eklenerek işlem tekrar edilmiştir. Balon joje 50 mL'e gelene kadar 0.4 M perklorik asit ile tamamlanmıştır. Örnek türevlendirmesinde ise, 1 mL ekstrakt, 200 µL 2 N NaOH ile alkali hale getirilmiş ve 300 µL doymuş $NaHCO_3$ ilave edilmiştir. Sonra 2 mL dansil klorit ilave edilip 40 °C'de 45 dakika bekletilmiş ve 100 µL (%25'lik) amonyak eklenmiştir. Toplam hacim 5 mL'ye asetonitril ile tamamlanıp vortekslenen örnekler 6000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve 0.45 µm PTFE filtreden geçirilmiştir. Standart eğri çizmek için analiz edilen biyojen amin standartlarından alınmış ve 1 mL'ye perklorik asit ile tamamlanıp örnek türevlendirmesinde olduğu gibi türevlendirilmiştir. Amonyum asetat (0.1 M; A fazı) ve asetonitril (B fazı) mobil faz olarak kullanılmıştır. Mobil faz akış hızı, 1 mL/dak. olacak şekilde ayarlanarak ölçümler 254 nm de gerçekleştirilmiştir. Biyojen aminlerden triptamin, 2-feniletilamin, putresin, kadaverin, histamin, tiramin, spermidin, spermin belirlenmiş ve analize ilişkin kromatogram Ek 2 de verilmiştir (Eerola ve ark., 1993; Gençcelep, 2006).

HPLC Cihazı Koşulları:

HPLC (Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi) (Shimadzu LC-20AT, Japonya), Diode Array Dedektör (DAD, SPD-M20A) ve gradient akış kullanılmıştır ve kolon olarak Nukleodur 100-5-C18 (12.5X4 mm) kolon kullanılmıştır.

Kromatografik koşulları:

1. Mobil Faz Akış Programı
   1.1. Başlangıç (0.dakika): %50 Mobil Faz B, %50 mobil faz A
   1.2. 25. dakika: %90 Mobil Faz B, %10 Mobil Faz A

1.3. 30. dakika: %90 Mobil Faz B, %10 Mobil Faz A

1.4. 35. dakika: %50 Mobil Faz B, %50 mobil faz A

2. Enjeksiyon İşlemi

   Tüm standartlar ve örnekler cihazın sabit enjeksiyon Lopu'na (20 µL) enjekte edilmiştir.

3. Tanımlama İşlemi

   254 nm dalga boyunda ve spektrum analizi yapabilen bir Diode Array Dedektör (DAD) kullanılarak yapılmıştır.

4. Hesaplama İşlemi

   Hazırlanan stok solüsyonları kullanılarak elde edilen kalibrasyon eğrilerinden elde edilen denklemler vasıtası ile hesaplaması yapılmıştır.

3.2.8. Hidroksimethilfurfural (HMF) Analizi

5g sucuk örneği hassas terazide tartılmış (Sartorius TE214S, data weighing systems, ABD) ve üzerine 25 ml 0.4 M perklorik asit (MeOH ile hazırlanan) eklenerek parçalayıcı-karıştırıcı ultra turrax ile 10000 rpm de öğütülerek homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışım santrifüj cihazı ile 6000 rpm de 4 ºC de 10 dk santrifüj edilmiş ve sıvı kısımdan 10 ml alınmış. Alınan 10 ml ayırma hunisine koyulmuş. Üzerine 5 ml %3 lük Na_2CO_3 çözeltisi eklenip karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 10 ml etil asetat eklenerek tekrar karıştırılmış. Oluşmuş olan faz ayrımından sonra üst faz ve alt faz ayrı ayrı erlenlere alınmış ve alt faz tekrardan ayırma hunisine alınıp üzerine tekrardan 10 ml etil asetat eklenip karıştırılmıştır. Faz ayrımından sonra alt faz ve üst faz tekrar ayrı ayrı alınıp ve ilk alınan üst faz ile son alınan üst faz ayırma hunisinde birleştirilmiş ve kaba filtre kağıdında susuz sodyum sülfattan geçirilerek süzülmüştür. Rotary evaporatörde etil asetat 41 ºC uçurulmuş ve uçurma balonu içerisine pH 4'e ayarlı ultra saf sudan 4 mL ilave edilmiş ve kalıntı çözündürülmüş ve son olarak 0.45 µm naylon filtreden geçirilmiş ve yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya, 2006) kolonuna enjeksiyonu yapılmıştır. Kullanılmış olan mobil faz %1 asetik asit, %20 metanol ve %79 ultra saf su karışımından oluşmaktadır. Mobil faz akış hızı, 0.7 mL/dak. olarak ayarlanarak ölçümler 275 nm – 285 nm de gerçekleştirilmiştir (Ağcam, 2011). Analiz Ağcam (2011)' den yararlanılarak modifiye edilmiştir ve kromatogramı Ek 3'de verilmiştir.

HPLC Cihazı Koşulları:

HPLC (Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi) (Shimadzu LC-20AT, Japonya), Foto Diyod Dedektör (PDA) ve izokratik akış kullanılmıştır. Kolon olarak ACE 5 C18 kolon kullanılmıştır.

3.2.9. Kinetik Parametrelerin Hesaplanması

Reaksiyon Hız Sabitinin (k) Hesaplanması

Bu çalışmada, ısıl işlem görmüş sucuğun son üründen itibaren depolama süresince ve pişirilmesiyle HMF'in ve furfuralın oluşum kinetiği ve katlanma süresi belirlenmiştir. HMF ve furfural oluşumunun hangi kinetik modelle ve diferansiyel eşitliğe uygun olduğu ayrıca tespit edilmiştir. Reaksiyon hız sabitleri ile diğer tüm kinetik parametrelerin hesaplanmasında Ağçam (2022) tarafından verilen hesaplama yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Depolama süresince HMF ve furfural oluşumuna ilişkin deneysel sonuçlar aşağıdaki kinetik denklemler aracılığıyla test edilmiş ve en iyi performans veren kinetik denklem tercih edilmiştir.

$$\frac{dC}{dt} = kC^n \tag{1}$$

Diferansiyel denklemde (Eş.1) *C* konsantrasyonu (mg/kg), *n* reaksiyon derecesini, *t* süreyi (gün) ve son olarak *k* reaksiyon hız sabitini ifade etmektedir. Denklem 0. (n=0) ve 1. (n=1) derece için integre edildiğinde sırasıyla ağıdaki çözümler elde edilir:

$$C = C_o + kt \tag{2}$$

$$C = C_o e^{kt} \tag{3}$$

Denklemlerde yer alan C_o başlangıç konsantrasyonu (mg/kg), *C* herhangi bir depolama anındaki konsantrasyonu, *t* depolama süresini (gün) ve son olarak *k* reaksiyon hız sabitini (mg/kg.gün *n*=0, 1/gün *n*=1) ifade etmektedir.

Öte yandan depolama süresince HMF ve furfural oluşumu grafiğe işlendiğinde her iki bileşen için belirli bir depolama süresine kadar hızlı artış sonrasında ise bir denge gelme eğiliminin gerçekleşeceği anlaşılmaktadır. Bu yaklaşım dikkate alınarak depolama süresince örneklerde oluşacak olan HMF ve furfural matematiksel olarak ayrıca modellenmiştir.

$$\frac{dC}{dt} = k(C_d - C) \tag{4}$$

Diferansiyel denklem (Eş.4) başlangıç ve sınır koşullarına göre integre edildiğinde aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$C = C_d - (C_d - C_i)e^{-kt} \tag{5}$$

Yukarıdaki denklemde C herhangi bir depolama anındaki konsantrasyonu (mg/kg), C_d denge konsantrasyonunu (mg/kg) ve C_i başlangıç konsantrasyonunu (mg/kg) ifade etmektedir.

Öte yandan depolama süresince HMF ve furfuralın katlanma süresi (t_{2x}, gün) hesaplanmıştır. Bunun için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır:

$$C = C_i 2^{\left(\frac{t}{t_{2x}}\right)} \quad (6)$$

Kinetik verilerin hesaplanmasında ve grafiklerin oluşturulmasında Microsoft Office Excel 2010 bilgisayar programı kullanılmıştır. Bunun için, elde edilen konsantrasyon değerleri "*y*" eksenine, bu değere karşılık gelen depolama süresi ise "*x*" eksenine yazılmıştır. Farklı kinetik denklemlerin uygunluk düzeyi regrasyon analizi ile ortaya konulmuştur. Elde edilen R^2 değerleri kıyaslanarak en uygun kinetik modele karar verilmiştir. Regrasyon analizi sonucunda elde edilen denklemlerin eğim değerleri kullanılarak reaksiyon hız sabitleri bulunmuştur. Elde edilen denklemin eğimi bize depolama boyunca HMF ve furfural oluşum reaksiyonunun hızını vermiştir.

3.2.10. TBARS (Tiyobarbütirik asit reaktif substans) Analizi

Üretim sürecinde, son üründe ve depolama sırasında (30. gün, 60. gün) sucuk örneklerinde TBARS analizi için, masa tipi karıştırıcı kullanılarak homojene edilen sucuk örneklerinden 5 g alınmış ve üzerine 30 mL %7.5'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilmiştir. Ultraturrax ile 10000 rpm' de 1 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Ardından karışıma 6000 rpm'de 10 dakika santrifüjleme işlemi uygulanmış ve elde edilen örnek vakum filtre yardımıyla Whatman no:1 filtre kağıdından geçirilerek üzme işlemi yapılmıştır. Elde edilen süzüntüden 2 cam tüpe ayrı ayrı 5 mL alınmış ve üzerine 5 mL 0.02 M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Şahit olarak ise 5 mL distile su ve 5 mL TBA çözeltisi kullanılmıştır. Elde edilen bu karışım vorteksleme işleminden sonra 35 dakika boyunca 100 ºC'de su banyosunda bekletilmiştir ve bekletme işlemi sonrası test tüpleri musluk suyu altında 3 dakika soğutulmuştur. Soğutulan tüplerin 532 nm'de tanığa karşı spektrofotometrede okuması gerçekleştirilmiştir (Mielnik, 2006). Spektrofotometre aracılığı ile okunan absorbans değerlerinin 1,3,3-tetraethyoxypropane (TEP) kullanarak çizilen kurve aracılığı ile mg malodialdehit/kg cinsinden hesaplaması yapılmıştır.

3.2.11. Duyusal Analiz

Son ürün örneklerinde duyusal değerlendirilme 10 adet panelist ile yapılmıştır. Panelistler, değerlendirmelerini Türk Standardı (TS 13297/Nisan, 2016)' nda yer verilen ısıl işlem görmüş sucuğun duyusal özelliklerine göre sucuklarda dış görünüş ve renk açısından pişirilmiş sucuklarda ise dış görünüş, renk, aroma, tat, tekstür, genel beğeni açısından

değerlendirme yapmışlardır. Örnekler arasında etkileşim olmaması için panelistlere su ve tuzsuz kraker verilmiştir. Sabah ve öğleden sonra aynı panalistler tarafından iki farklı oturumda sucuk örnekleri değerlendirilmiştir. Panelistlere ön bilgi verilip duyusal değerlendirme odasında bireysel kabinlerde örneklerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Örnekler 1 cm kalınlığında dilimler şeklinde kesilerek elektrikli ızgara ile 1 dakika boyunca üstten ve alttan ısıtılarak pişirilmiş ve panalistlere değerlendirmeleri için verilmiştir. Panelistler değerlendirmelerini 9 puanlı hedonik skala kullanarak yapmışlardır (EK 1) (Meilgaard ve ark., 2006; Soncu ve ark., 2018).

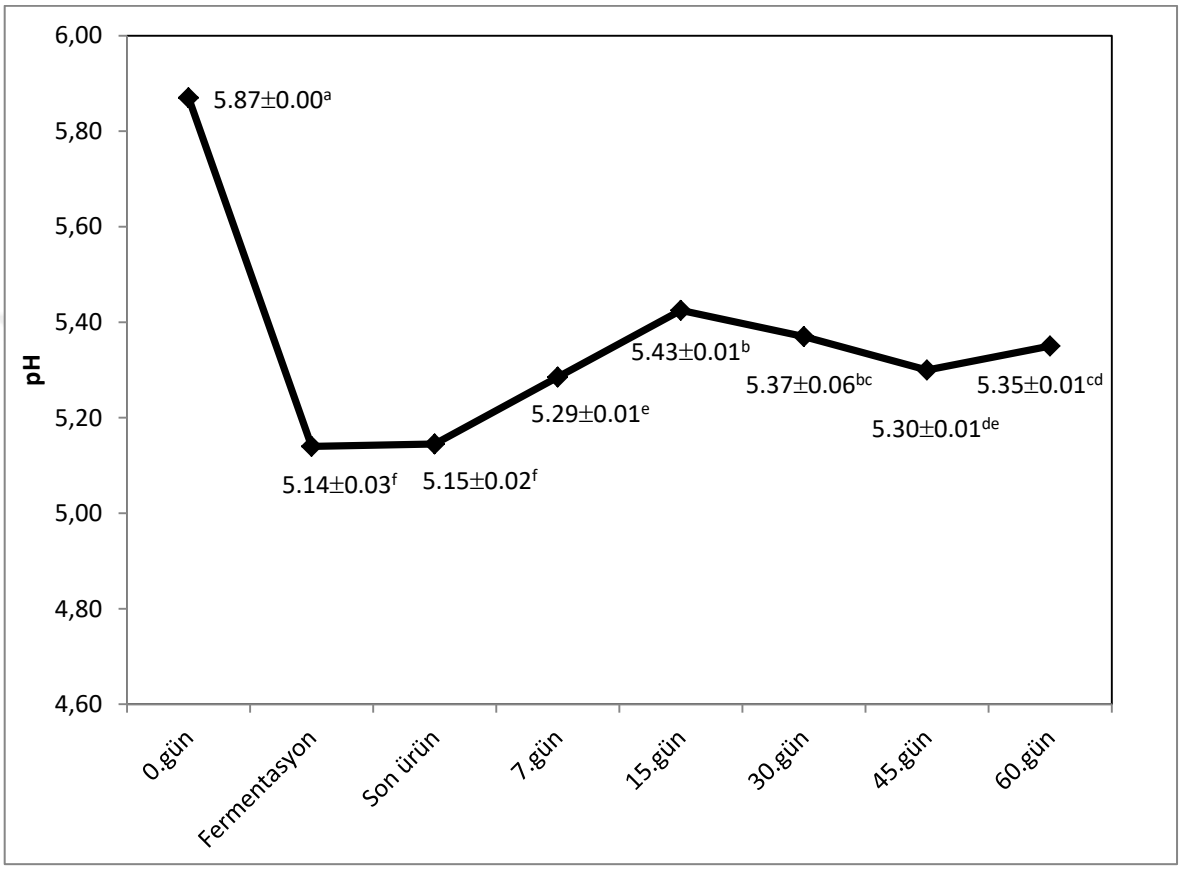
3.2.12. İstatistiksel Analiz

Sucuk örneklerinin analizi sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS sürüm 20 (IBM SPSS Statistics, Armonk, NY, ABD) programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans analizine (One-way ANOVA) tabi tutulan veriler, örnekler arasındaki farkın önemli olduğu durumlarda Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. pH Analizi

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların pH değerleri üzerine etkisi Şekil 4.1' de verilmiştir.



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.1. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında pH Değerindeki Değişimler

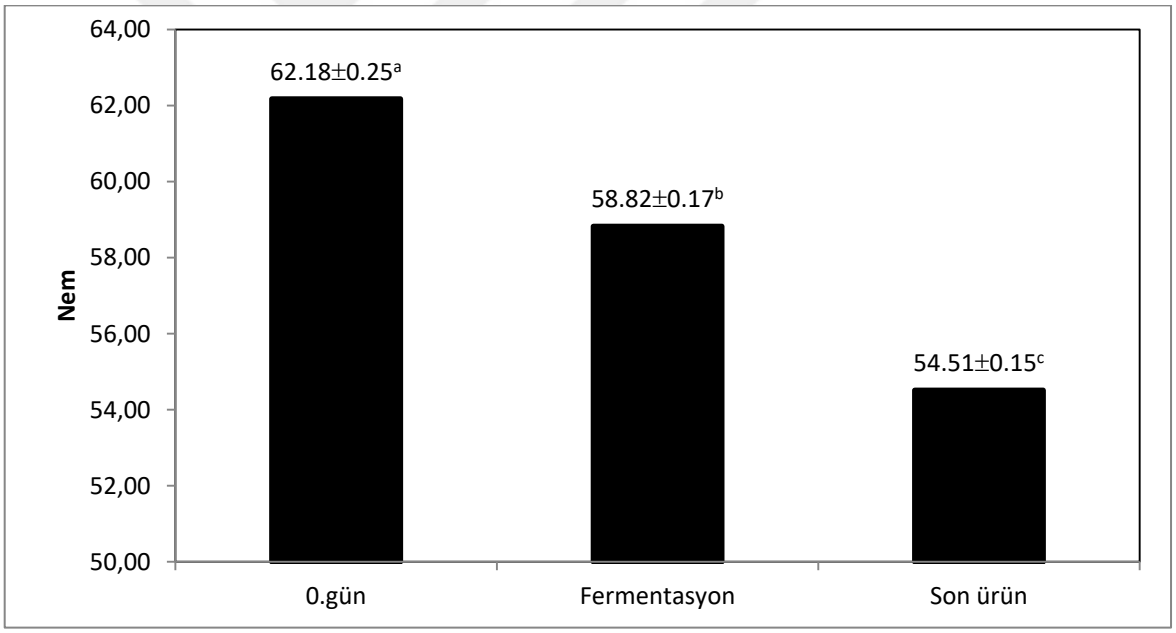
Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama pH değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek pH değeri 0.gün örneklerinde (5.87), en düşük pH değerleri ise fermantasyon (5.14) ve son ürün (5.15) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama sürecince pH değerlerinde kısmi bir artış belirlenmiş olup, depolama sürecindeki pH değerleri 5.29 ile 5.43 arasında değişmiştir.

Fermantasyon sırasında pH değerindeki düşüş, karbonhidratların laktik asit bakterileri tarafından kullanılması ve fermente sucuklarda laktik asit birikimi ile ilişkilendirilmektedir (Bover-Cid ve ark., 2001). Benzer şekilde, fermente sucukların kalite özelliklerinin antioksidan kullanımına bağlı olarak değişiminin incelendiği bir çalışmada, pH değerlerinin fermantasyon başlangıcında 5.78-5.91 aralığında olduğu, fermantasyon ile birlikte pH değerlerinde düşüş

gerçekleştiği bildirilmiş ve bu düşüşler kullanılan starter kültür aktivitesi sonucu şekerlerin fermente edilmesi ve laktik asit birikimi ile açıklanmıştır (Gök, 2006). Sucuklarda depolama sürecinde pH değerindeki artışlar ise asitlerin parçalanması ve bazik nitelikte azotlu bileşiklerin oluşması ile ilişkilendirilmektedir (Bozkurt and Erkmen, 2007; Turhan ve ark., 2017). Benli (2017) tarafından yapılan bir değerlendirmede, Ülkemizin farklı bölgelerindeki yerel üretici ve marketlerden temin edilen sucuk ürünleri arasında pH değerlerinin oldukça fazla varyasyon (4.10 – 6.74) gösterdiği bildirilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Ürünleri Tebliği (Tebliğ No:2018/52)'nde ısıl işlem görmüş sucuğun pH değeri en yüksek 5.6 olması istenmektedir. Bu çalışmada ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının başlangıç pH' sı 5.87 olup son üründe bu değer 5.14'e düşmüştür.

4.2. Nem Tayini

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim aşamasında sucukların nem değerleri üzerine etkisi Şekil 4.2' de verilmiştir.



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

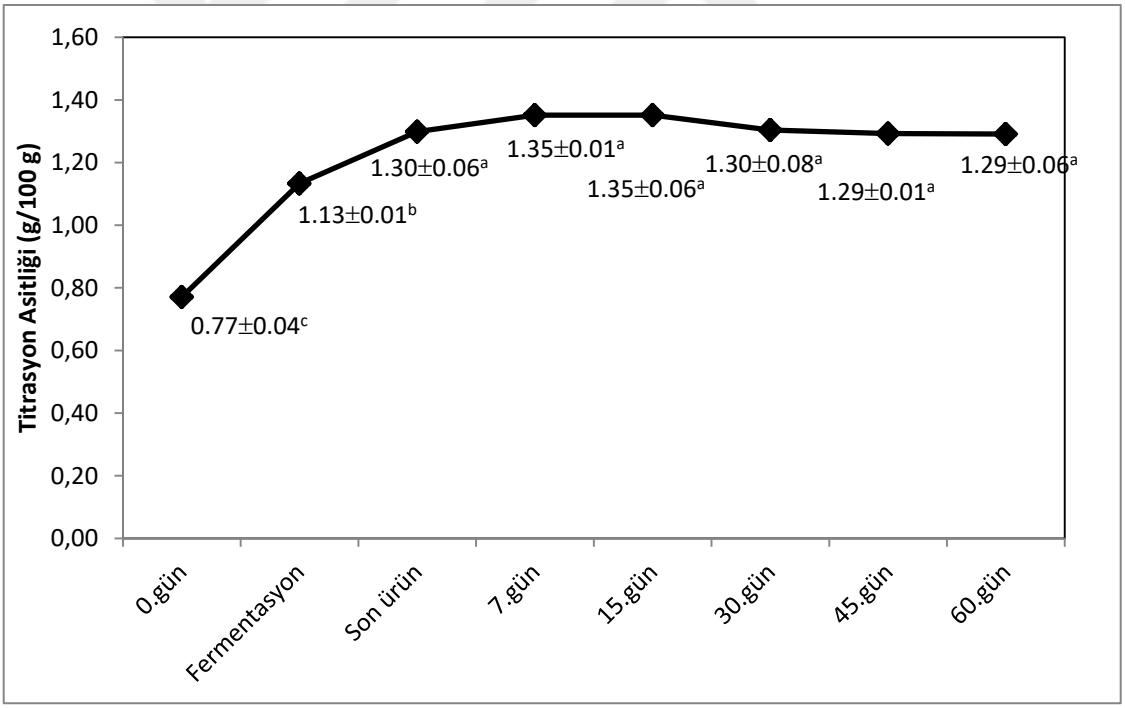
Şekil 4.2. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Nem İçeriklerindeki (%) Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama nem değerleri üzerine üretim aşamasının etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek nem değeri 0.gün örneklerinde (%62.18) en düşük nem değerleri ise son ürün (%54.51) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecinde nem değerlerinde kurumaya bağlı olarak belirgin bir azalış belirlenmiştir. Benzer şekilde, Oral and Kaban (2021) tarafından yerel olarak izole edilen starter kültür kullanımının ısıl işlem görmüş sucuğun bazı teknolojik

özellikleri üzerine etkisine ilişkin bir çalışmada, üretim aşamalarının (fermantasyon ve ısıl işlem) kurumaya bağlı olarak son ürünün nem içeriğine önemli etkiye sahip olduğu ancak kullanılan farklı starter kültürlerin nem içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı ifade edilmiştir. Erçoşkun (2006) tarafından fermantasyon süresinin ısıl işlem görmüş sucukların kalite özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 12 saat ve 24 saat fermantasyon sonrası ısıl işlem uygulanan sucukların nem içeriklerinin sırasıyla %55.36 ve %52.56 olduğu bildirilmiştir. Rigdon ve ark (2021) odunsu göğüs eti ile formüle edilmiş tavuk sosisinin tekstür ve kalitesi üzerine yaptıkları çalışmada normal piliç eti, orta dereceli odunsu göğüs eti ve çok dereceli odunsu göğüs eti kullanmışlardır ve yapılan çalışmada tamamı piliç eti kullanılmış çiğ sosiste nem içeriğini %68.44 olduğu bildirilmiştir. Elde edilen sonuçların, Erçoşkun (2006) ve Rigdon ve ark (2021)' nın yaptığı çalışmaların sonuçlarına benzer olduğu görülmektedir.

4.3. Titrasyon Asitliği Tayini

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi Şekil 4.3' de verilmiştir.



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

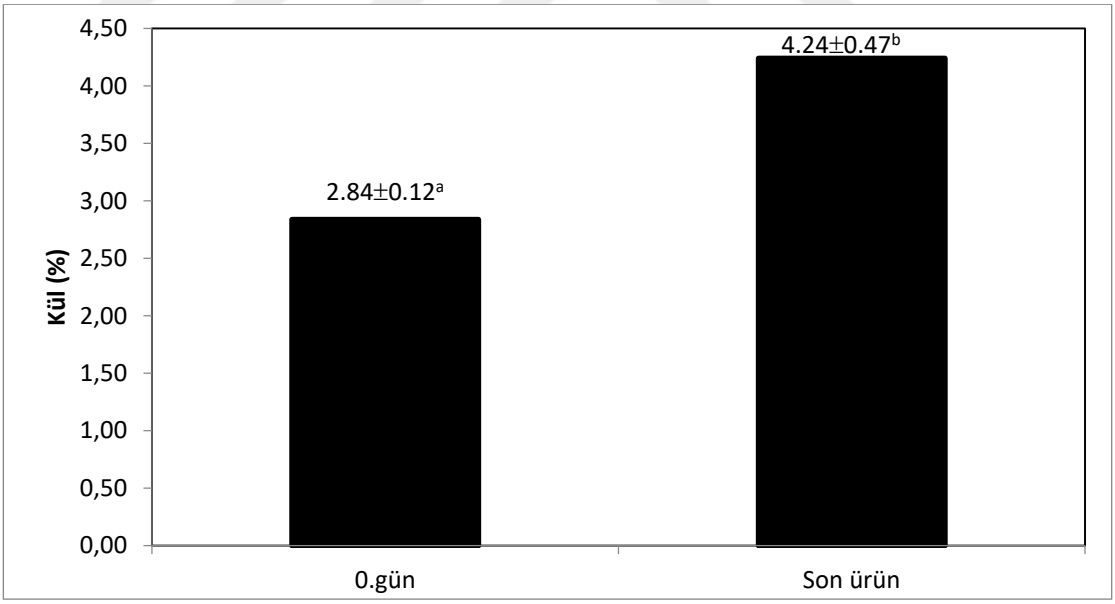
Şekil 4.3. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Titrasyon (% laktik asit) Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama titrasyon asitliği değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek titrasyon asitliği değeri son ürün, 7.gün, 15.gün, 30.gün, 45.gün ve 60.gün örneklerinde (sırasıyla %1.30, %1.35, %1.35,

%1.30, %1.29, %1.29) en düşük titrasyon asitliği değerleri ise 0.gün (%0.77) örneklerinde belirlenmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinde depolama aşamasında sayısal olarak kısmi bir azalma gözlemlenmiş olsa da istatistiksel olarak titrasyon asitliği değerlerinde farklılık belirlenememiştir. Fermantasyon aşamasında starter kültürlerin karbonhidratları laktik asitte parçalaması sonucu titrasyon asitliği değerlerinde beklenildiği gibi bir artış belirlenmiştir (Gök, 2006). Ayrıca, ısıl işlem sonrası üründe nem kaybına bağlı olarak son üründe laktik asit konsantrasyonunun artığı düşünülmektedir. Benzer şekilde, Ensoy ve ark (2010) tarafından farklı starter kültürler kullanılarak elde edilen hindi sucuklarında başlangıç titrasyon asitliği değerlerinin % 0.70 -0.74 aralığında olduğu fermantasyon sonrası ise titrasyon asiliği değerlerinin % 1.55 -1.59 aralığına yükseldiği bildirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Gök (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma ile karşılaştırıldığında fermente sucuğun depolama sonundaki (%1.446) değerinden ve Ersoy ve ark (2010)' ın yaptığı çalışmandan daha düşük bulunmuş olsa da birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir.

4.4. Kül Analizi

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim aşamasında sucukların kül değerleri üzerine etkisi Şekil 4.4' de verilmiştir.



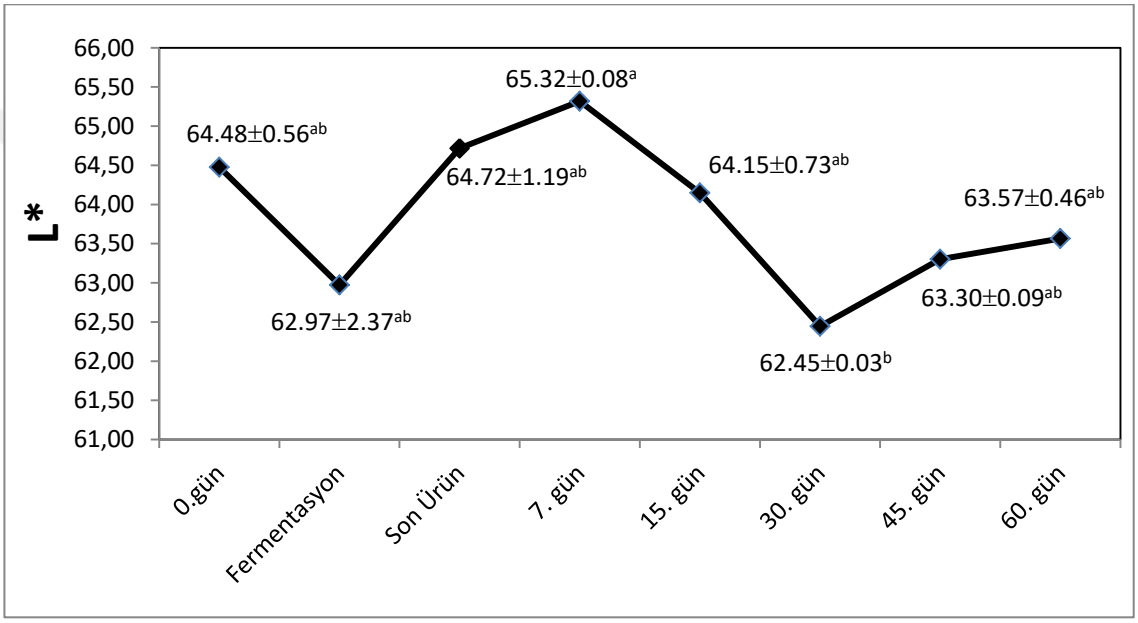
Şekil 4.4. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Kül İçeriklerindeki (%) Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama kül değerleri üzerine üretim aşamasının etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kül değeri son ürün örneklerinde (%4.24) en düşük kül değerleri ise 0.gün (%2.84) örneklerinde belirlenmiştir. Beklenildiği gibi son üründeki kül içeriğinde üretim

aşamalarındaki nem kaybına bağlı bir artış gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Ensoy ve ark (2010) geleneksel yöntem ve ısıl işlem uygulanarak üretilen hindi sucuklarında kül değerinin sırasıyla %3.9 - 4.7 ve %4.3 – 4.7 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Kanatlı etinden farklı starter kültürler kullanılarak üretilmiş kuru fermente sosis ürünlerinde kül içeriğinin % 4.40 – 4.52 arasında olduğu rapor edilmiştir (Zinina ve ark., 2018).

4.5. Renk Ölçümü

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların L* değerleri üzerine etkisi Şekil 4.5' de verilmiştir.

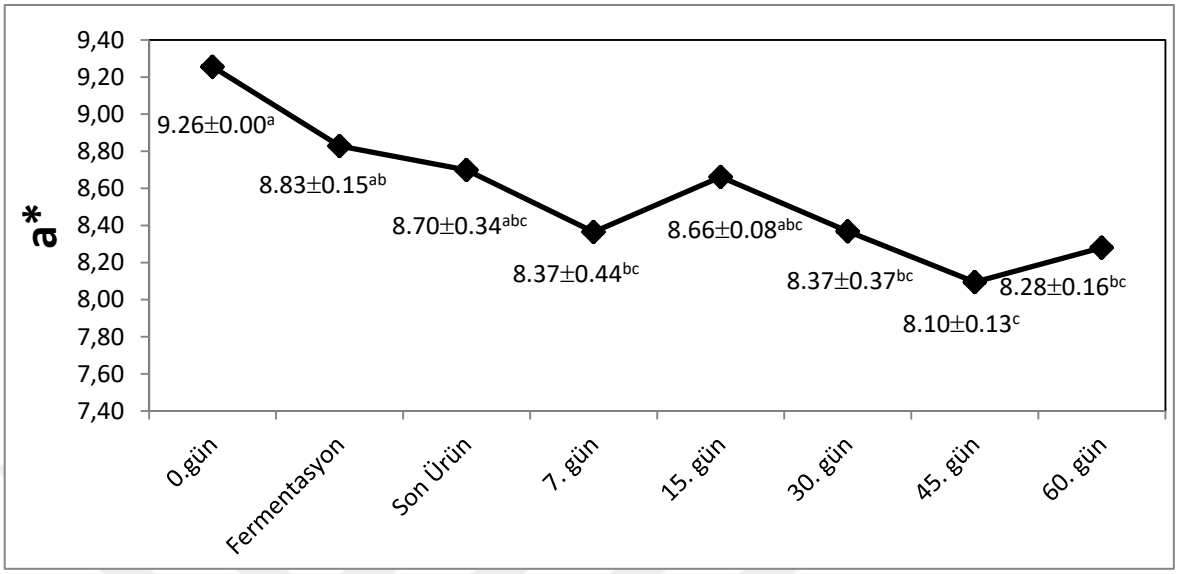


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.5. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında L* Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama L* değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek L* değeri 7.gün örneklerinde (65.32) en düşük L* değerleri ise 30.gün (62.45) örneklerinde belirlenmiştir. Genel olarak, üretim ve depolama sürecince L* değerinde istatistiksel öneme sahip artış ve azalışlar belirlenmiş olsa da bu değişimin sayısal olarak sınırlı bir aralıkta gerçekleştiği (62.45- 65.32) belirlenmiştir. Benzer şekilde, Kaban ve ark (2022) ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde L* değerinde fermantasyona bağlı bir azalış ve ısıl işlem sonrası ise artış olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde fermantasyon süresinin ısıl işlem görmüş sucukların L* değeri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sucukların L* değerinin ısıl işlem öncesine göre ısıl işlem sonrası daha düşük olduğu belirlenmiş ve ısıl işlemin L* değerini arttırdığı belirlenmiştir (Erçoşkun, 2006).

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların a* değerleri üzerine etkisi Şekil 4.6' de verilmiştir.

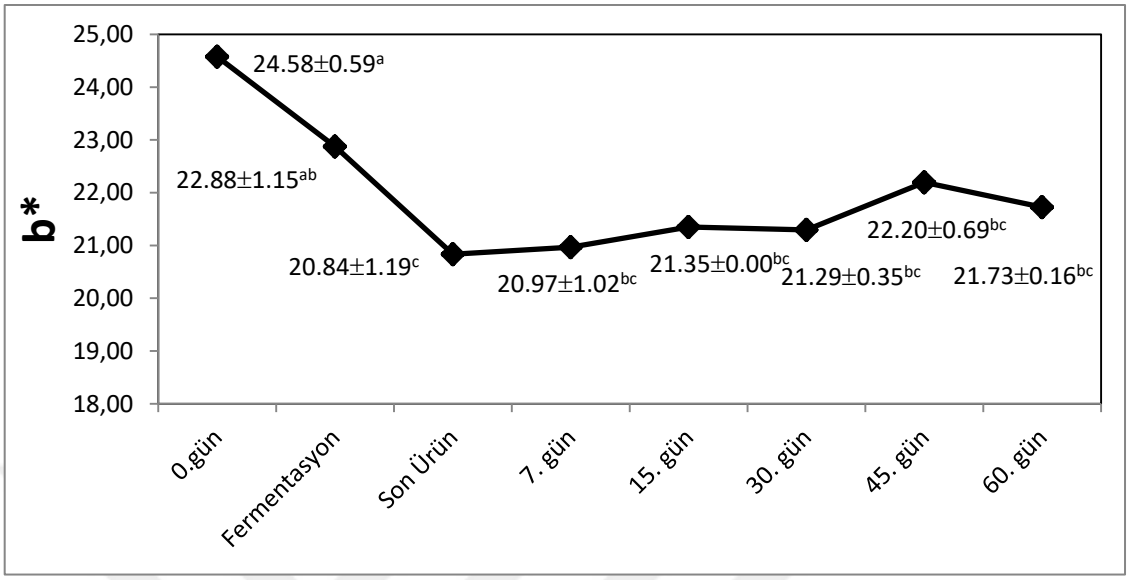


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.6. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında b* Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama a* değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek a* değeri 0.gün örneklerinde (9.26) en düşük a* değerleri ise 45.gün (8.10) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecince a* değerlerinde azalışlar belirlenmiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının a* değeri üretim süresince 8.70 ve 9.26 arasında değişmiştir. Depolama süresinde ise a* değerlerinde artış ve azalışlar belirlenmiş olup a* değeri 8.10 ve 8.66 arasında değişmiştir. Ancak bu değişimlerin sayısal olarak sınırlı bir aralıkta gerçekleştiği görülmektedir. Literatürde, ısıl işlem görmüş dana sucuğuna ilişkin çalışmalarda a* değerinin fermantasyon ve ısıl işlem sonrası arttığına ilişkin sonuçlar rapor edilmiştir (Dilber, 2012; Erçoşkun, 2006) ancak bu çalışmada kapsamında ısıl işlem görmüş piliç sucuğuna ait a* değerinin üretim ve depolama süreçlerinden sınırlı öncüde etkilendiği belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların b* değerleri üzerine etkisi Şekil 4.7' de verilmiştir.

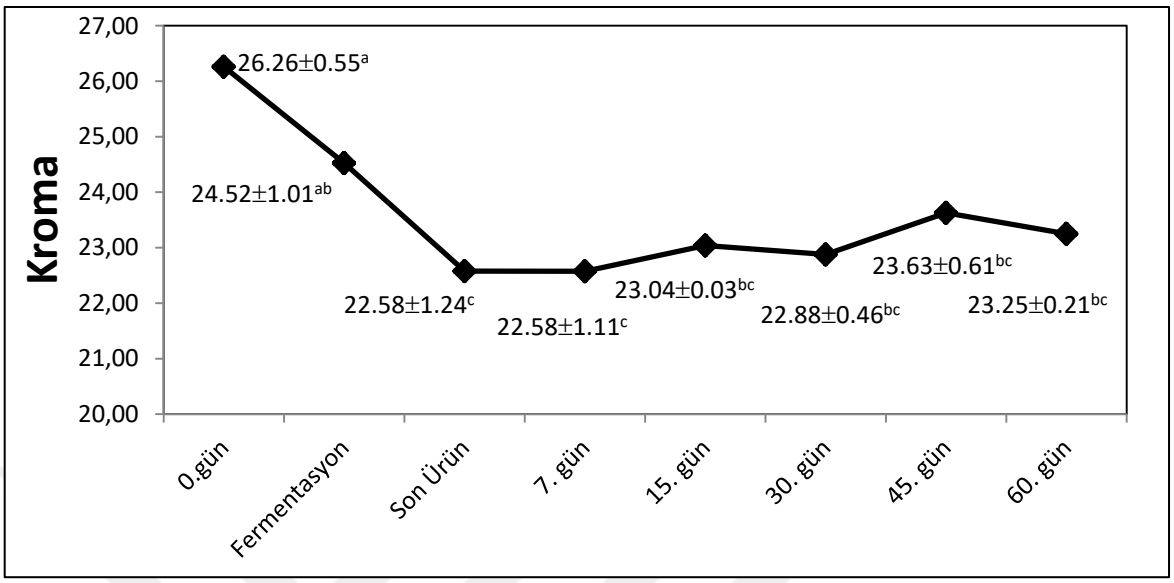


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.7. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında b* Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama b* değerleri üzerine üretim aşamasının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu ve depolama aşamasında ise sucukların benzer değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek b* değeri 0.gün örneklerinde (24.58) en düşük b* değerleri ise son ürün (20.84) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecince b* değerlerinde azalış belirlenmemiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının b* değerleri 20.84 ile 24.58 arasında değişmiştir. Depolama süresince ise sayısal bir artış gözlemlenmiş olsa da b* değerleri 20.97 ile 22.20 arasında değişen benzer değerler olarak belirlenmiştir. Ercoşkunve ark (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, benzer şekilde ısıl işlem görmüş sucukların b* değerlerinin fermantasyon süresince azaldığını ancak ısıl işlemin b* değerlerinde artışa neden olduğunu ifade etmiştir. Fermente sucukların fizikokimyasal özellikleri üzerine *Aloe vera* ekstraktı ilavesinin etkilerinin belirlendiği bir çalışmada ise kontrol ve diğer uygulamalara ait b* değerlerinin fermantasyon ve depolama aşamalarındaki değişimleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Usan ve ark., 2022).

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların Kroma değerleri üzerine etkisi Şekil 4.8' de verilmiştir.

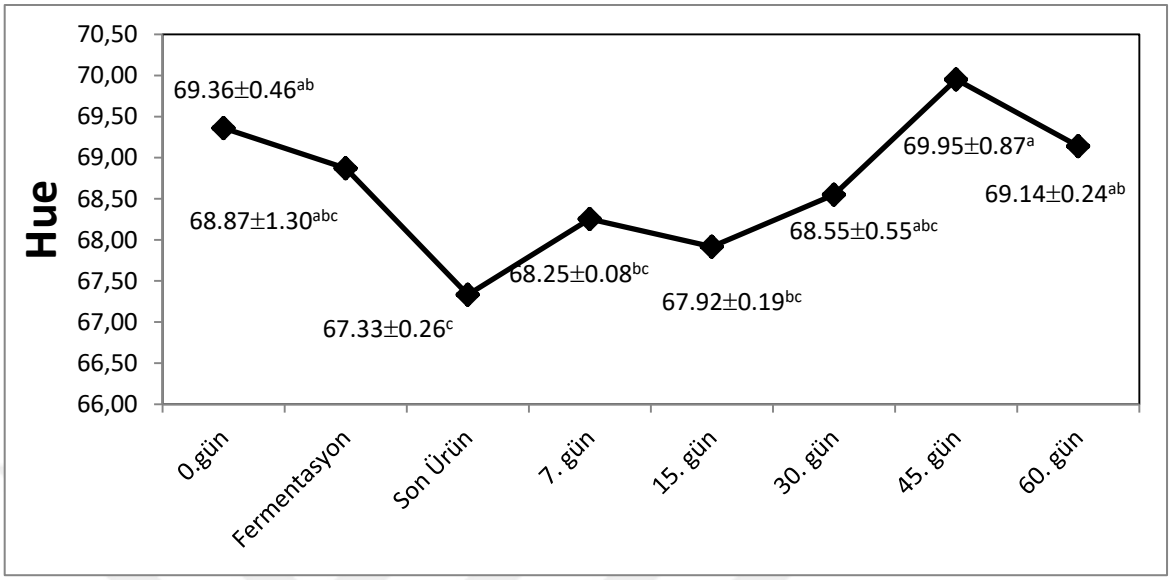


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.8. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Kroma Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama Kroma değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek Kroma değeri 0.gün örneklerinde (26.26) en düşük Kroma değerleri ise son ürün (22,58) ve 7.gün (22.58) örneklerinde belirlenmiştir. Renk yoğunluğunun bir ifadesi olarak a* ve b* değerlerinden hesaplanan Kroma değerleri örneklerin fermantasyon ve ısıl işlem aşamasında renk yoğunluklarının azaldığını ancak depolama aşamasında örneklerin renk yoğunluğu değerlerindeki değişiminin sınırlı olduğuna işaret etmektedir (Konica M., 2007). Benzer şekilde, Bayram ve Bozkurt (2007) olgunlaşma sırasında et sucuklarının Chroma değerlerinde b* değerine paralel olarak azalışlar olduğunu belirtmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların Hue değerleri üzerine etkisi Şekil 4.9' da verilmiştir.

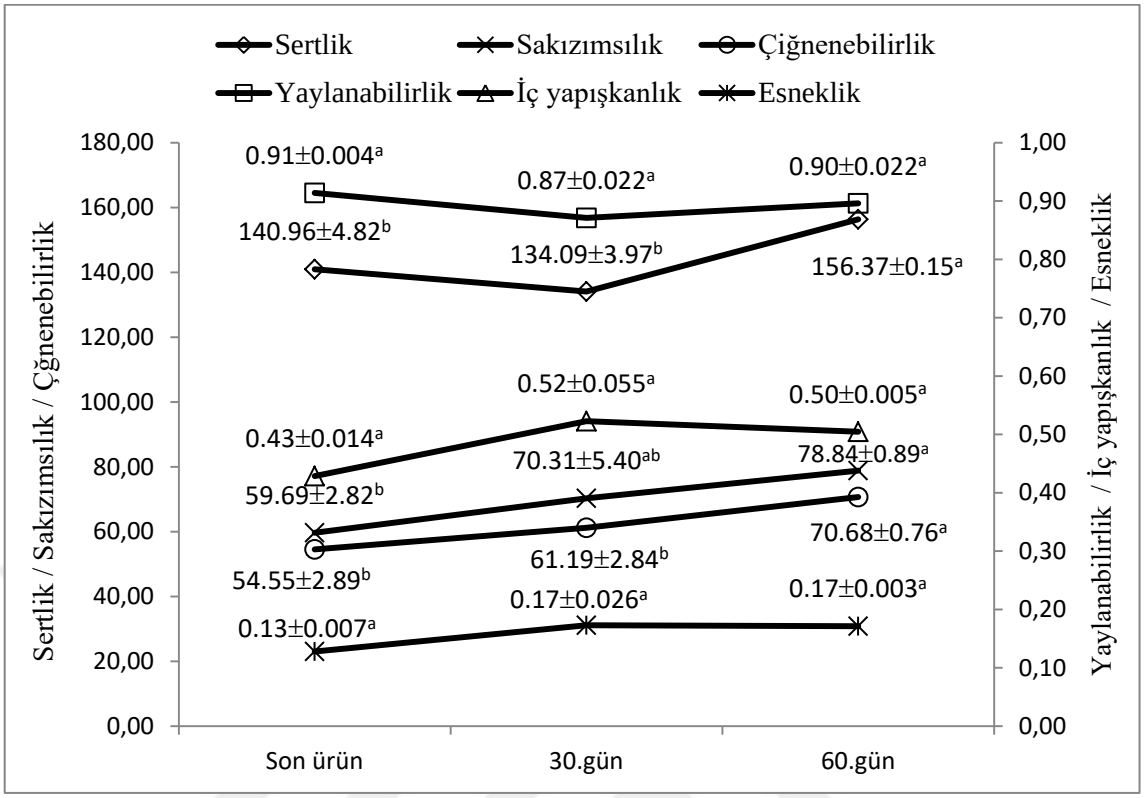


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4. 9. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Hue Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama Hue değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek Hue değeri 45.gün örneklerinde (65.95) en düşük Hue değerleri ise son ürün (67.33) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama sürecince Hue değerlerinde kısmi artış belirlenmiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının Hue değerleri 67.92 ile 69.95 arasında değişmiştir. Ancak genel olarak, üretim ve depolama sürecince Hue değerlerinde istatistiksel öneme sahip artış ve azalışlar belirlenmiş olsa da bu değişimin sayısal olarak sınırlı bir aralıkta gerçekleştiği (67.33 – 65.95) belirlenmiştir. Benzer şekilde, fermente sucuk üretiminde antioksidan niteliğe sahip farklı bileşiklerin ilave edildiği bir çalışmada Hue değerlerinin antioksidan ilavesinden veya olgunlaştırma süresinden etkilenmediği bildirilmiştir (Bozkurt, 2006).

4.6. Tekstür Profil Analizi (TPA)



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.10. Isıl İşlem Görmüş Sucuk da, Kanatlı Eti Kullanımının ve Depolama Aşamalarında Tekstür Profil Analizi (TPA) (N) Değerindeki Değişimler

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların sertlik değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Gıdalarda sertlik, sıkıştırılma sırasındaki maksimum gücü tanımlayan ve uygulanan bu etkiye örneklerin karşı koyma kapasitesi olarak ifade edilen bir değeri tanımlanmaktadır (Barutçu 2018). Çalışmada elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama sertlik değerleri üzerine depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek sertlik değeri 60.gün örneklerinde (156.37 N) en düşük sertlik değerleri ise son ürün (140.96 N) ve 30.gün (134.09 N) örneklerinde belirlenmiş ve depolamaya bağlı olarak sertlik değerlerinde kısmi bir artış gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, Yan ve ark (2022) tarafından sucuk benzeri fermente ürünlerde sertlik değerinin depolama süresi artıkça, artış eğilimi gösterdiği ifade edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların sakızımsılık değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Gıdalarda sakızımsılık, yarı katı bir örneği çiğnemeye ilişkin kuvvet uygulanması sonucunda yutulmaya hazır hale gelmesi için gereken kuvvet olarak ifade edilmektedir (Barutçu, 2018). Çalışmada elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama sakızımsılık değerleri üzerine depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına

göre en yüksek sakızımsılık değeri 60.gün örneklerinde (78.84 N) en düşük sakızımsılık değerleri ise son ürün (59.69 N) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama sürecince sakızımsılık değerlerinde doğrusal artış belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Xiang ve ark (2019) tarafından polifonellerin antioksidan olarak farklı oranlarda kullandığı sucuk benzeri fermente bir ürünün 28 günlük depolama sürecinde kontrol ve uygulama gruplarında rapor edilmiştir. Usan ve ark (2022) ise fermente sucuklar üretiminde *Aloe vera* kullanımının etkilerini inceledikleri bir çalışmada sakızımsılık değerinin kontrol ve uygulama gruplarında depolama süresince farklılık göstermediğini bildirmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların çiğnenebilirlik değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Gıdalarda çiğnenebilirlik, bir gıdanın yutulması için çiğneme sayısı ve süresi ile ilişkili olarak ihtiyaç duyulan enerjiyi tanımlamaktadır. Çalışmada elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama çiğnenebilirlik değerleri üzerine depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek çiğnenebilirlik değeri 60.gün örneklerinde (70.68 N) en düşük çiğnenebilirlik değerleri ise son ürün (54.55 N) ve 30.gün (61.19 N) örneklerinde belirlenmiştir. Benzer şekilde Yan ve ark (2022) tarafından yapılan bir çalışmada sucuk benzeri fermente bir üründe depolama sürecinde çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde depolama sürecine bağlı olarak artış olduğu ve en yüksek çiğnenebilirlik değerinin depolanın 61.gününe ait olduğu görülmektedir. Sarıcoban ve Ünal (2022) tarafından sucuk benzeri fermente ürünlerde sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerlerindeki artışın ürünün tekstürel yapısında sertliğe işaret ettiği bildirilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların yaylanma değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama yaylanma değerleri üzerine depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde, gıda maddelerinin kısmi sıkıştırılmasını takiben ikinci sıkıştırmaya kadar geçen zamanda orijinal şekline veya boyutuna dönme derecesini ifade eden yaylanma değerinin Usan ve ark (2022) tarafından fermente sucuklarda depolama süresince önemli bir değişikliğe uğramadığı bildirilmiştir.

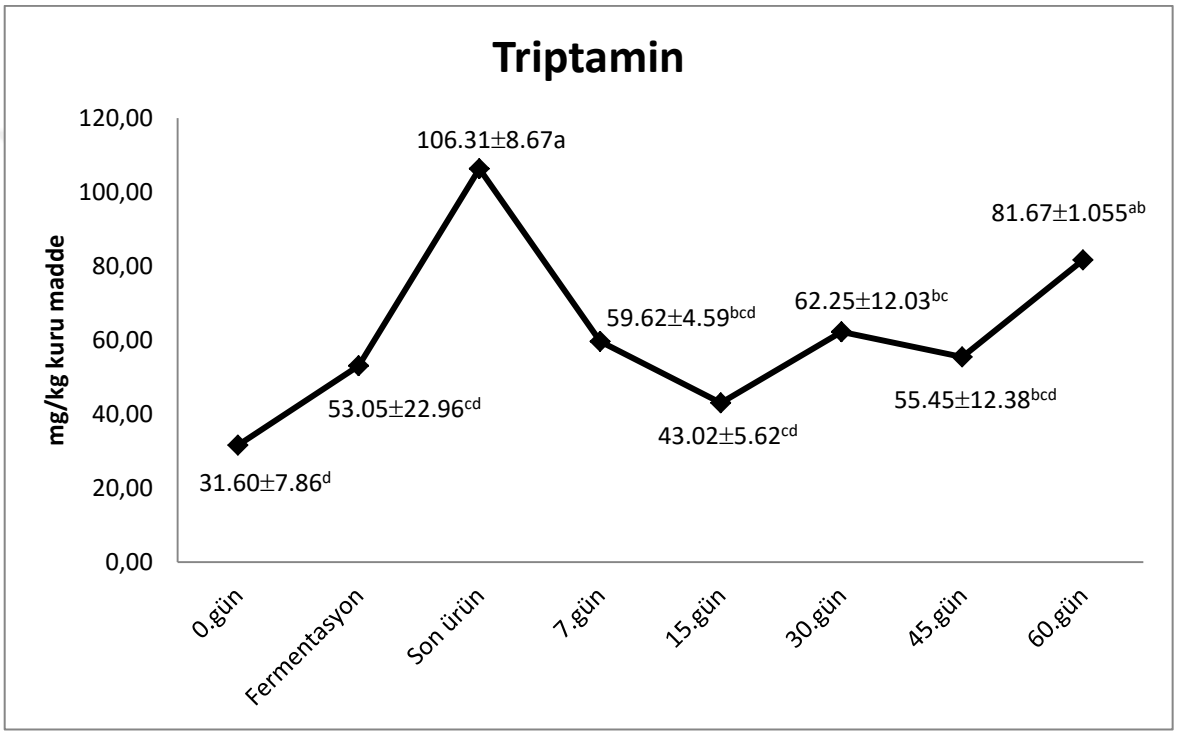
Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların iç yapışkanlık değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama iç yapışkanlık değerleri üzerine depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde, gıda maddelerinin yüzeyi ile gıda ile temas eden yüzeyler arasındaki çekim kuvvetini karşı koyabilmek için gerekli olan güç olarak tanımlanan iç yapışkanlık değerinin Usan ve ark (2022) tarafından fermente sucuklarda depolama süresince önemli bir değişikliğe uğramadığı bildirilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, son ürün ve depolama aşamalarında sucukların esneklik değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10' da verilmiştir. Elde edilen

ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama esneklik değerleri üzerine depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde, gıda maddelerinin bir deformasyon sonunda orijinal yüksekliğini ne ölçüde kazanabildiğinin bir ölçüsü olan esneklik değerinin Usan ve ark (2022) tarafından fermente sucuklarda depolama süresince önemli bir değişikliğe uğramadığı bildirilmiştir.

4.7. Biyojen Amin Tayini

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların triptamin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.11' de verilmiştir.



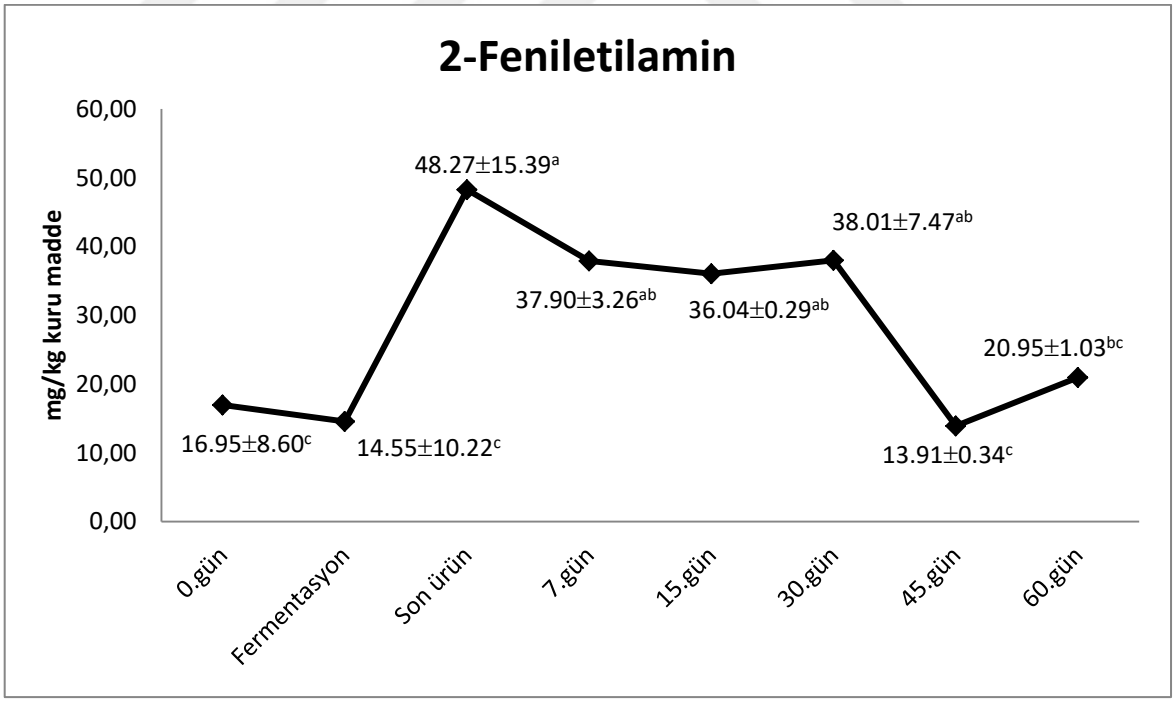
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.11. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Triptamin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama triptamin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek triptamin değeri son ürün örneklerinde (106.31 mg/kg kuru madde) en düşük triptamin değeri ise 0.gün (31.60 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon ve ısıl işlem sürecinde triptamin değerinde artış belirlenirken depolama aşamasında triptamin değerinde azalışlar ve artışlar tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Li ve ark (2023) ve Yan ve ark (2022) tarafından yapılan çalışmalarda sucuk benzeri fermente ürünlerde fermantasyon süresine bağlı olarak triptamin değerlerinde artış olduğu bildirilmiştir. Fermente sucuklarda olgunlaşma ve depolama aşamalarında biyojen amin oluşumu üzerine sıcaklık, nem ve katkı maddelerinin etkilerini araştırıldığı bir çalışmada ise olgunlaşma

süresince triptamin içeriğinde artış olduğu ve depolama aşamasında ise azalışlar belirlendiği bildirilmiştir (Bozkurt ve Erkmen, 2004). Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılan örneklerde en yüksek triptamin içeriğinin son üründe olduğu ve 23.22 mg/kg kuru madde olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Şenöz ve ark (2000) Türk sucuklarındaki biyojenik aminler üzerine yaptıkları çalışmada triptamin değerini 25-619 mg/kg arasında bulmuşlardır. Turhan ve ark (2017) mikroenkapsüllenmiş *L. rhamnosus* ve depolamanın sucukta biyojenik amin miktarı üzerine etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada kontrol, doğrudan kültür (*L. rhamnosus* ve *L. plantarum*) ve enkapsüle edilmiş kültür (*L. rhamnosus* ve *L. plantarum*) uygulamaları yapmışlar ve depolamada kontrol grubunun triptamin değerinin 27.98-61.66 mg/kg arasında, doğrudan kültür kullanımında ise 8.99-52.24 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre kuru maddede triptamin değerlerinin, Topal (2021)'a göre yüksek ve Şenöz ve ark (2000)'nın yaptığı çalışmadaki yüksek olan değerden ise düşük olduğu görülmektedir. Turhan ve ark (2017) tarafından yapılan çalışma sonundaki değerlerin ise yaptığımız çalışmaya yakın olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların 2-feniletilamin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.12' de verilmiştir.

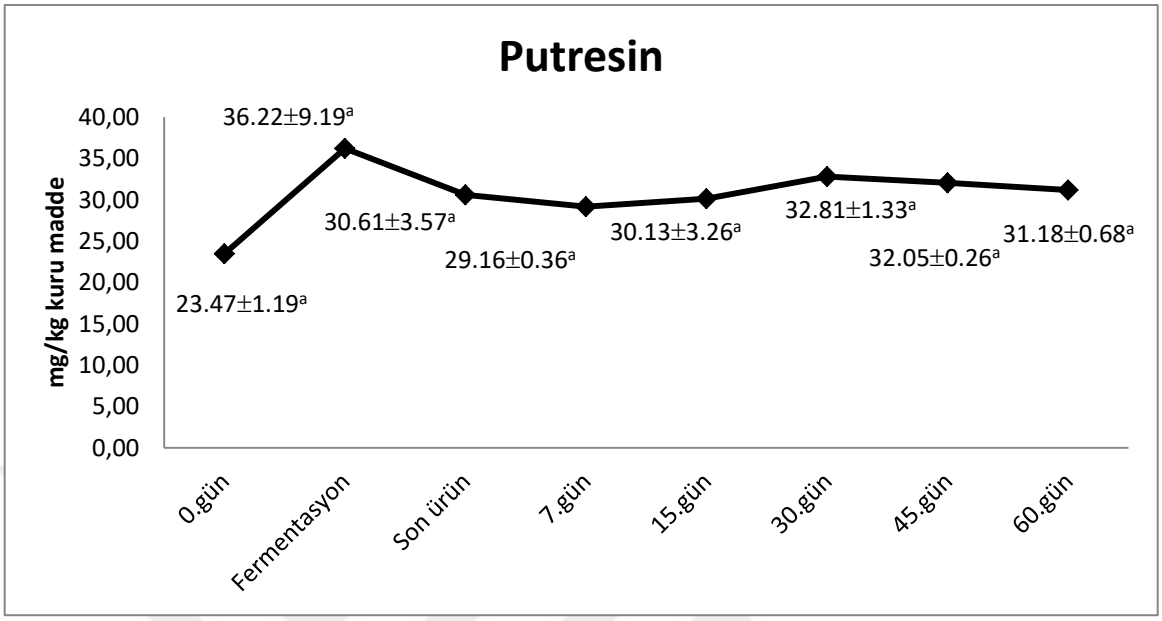


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.12. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında 2-Feniletilamin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama 2-feniletilamin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek 2-feniletilamin değeri son ürün örneklerinde (48.27 mg/kg kuru madde) en düşük 2-feniletilamin değerleri ise 0.gün (16.95 mg/kg kuru madde), fermantasyon (14.55mg/kg kuru madde) ve 45.gün (13.91mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim aşamasından özellikle ısıl işlem sonrasında 2-feniletilamin değerinde artış belirlenirken ve depolamanın 30.gününden sonra kısmi bir azalış tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Van ili yerel marketlerden temin edilen ve toplam 120 sucuk örneğinin analiz edildiği bir çalışmada, örneklere ait 2-feniletilamin içeriklerinin 2.207 ile 37.75 mg/kg kuru madde arasında olduğu bildirilmiştir (Ekici ve Omer, 2018). Komprda ve ark (2009) ise farklı kılıf çapı, farklı starter kültür ve farklı baharat karışımları kullanarak elde ettikleri fermente sucuk tipi ürünlerde olgunlaşma ve depolama sürecinde 2-feniletilamin içeriklerinde artış olduğunu rapor etmişlerdir. Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılan örneklerde 2-feniletilamin değeri 6.35 - 10.33 mg/kg kuru madde arasında bulunmuştur. Turhan ve ark (2017) ise mikroenkapsüllenmiş *L. rhamnosus* ve depolamanın sucukta biyojenik amin miktarı üzerine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada depolama süresince kontrol grubunda 2-feniletilamin değerlerinin 10.28- 25.14 mg/kg arasında, doğrudan kültür kullanımında ise 1.47-4.99 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, kuru maddede 2-feniletilamin değerlerinin Ekici ve Omer, (2018) tarafından yapılan çalışmadaki düşük değerlere yakın olduğu belirlenmiştir. Topal (2021) tarafından yapılan çalışmanda bulunan sonuçlardan ise nispeten yüksek olduğu görülmüştür.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların putresin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.13' de verilmiştir.



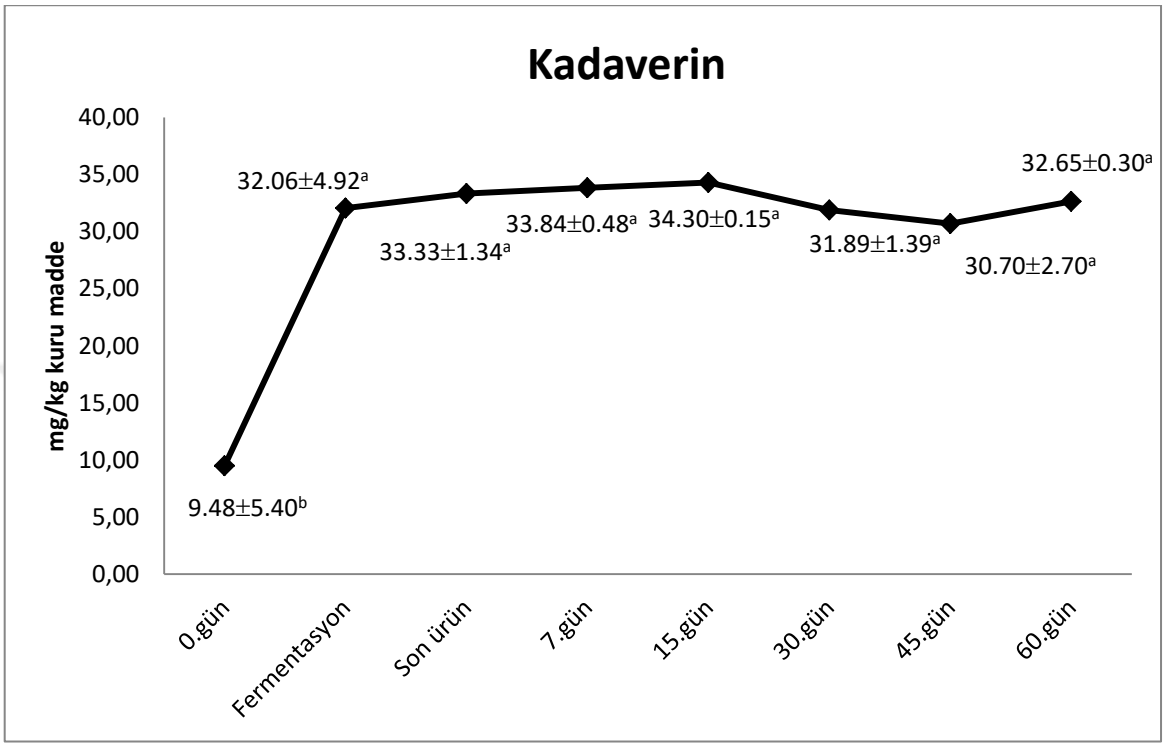
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.13. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Putresin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama putresin değerleri üzerine üretim aşamasının etkisinin istatistiksel olarak önemsiz ($p<0.05$) olduğu ve depolama aşamasında ise sucukların benzer değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarına göre en yüksek putresin değeri fermantasyon örneğinde (36.22 mg/kg kuru madde) en düşük putresin değerleri ise 0.gün (23.47 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon aşamasında putresin değerinde bir artış olduğu son üründe kısmi bir azalış olduğu ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Farklı hayvan türlerinden elde edilen etler (at, sığır, hindi) kullanılarak üretilen sucuk tipi fermente ürünlerde putresin içeriğinin en fazla hindi etinden elde edilen üründe (285 mg/kg), en düşük ise sığır etinden elde edilen üründe (278 mg/kg) tespit edildiği bildirilmiştir (Rabie ve ark., 2014). Benzer şekilde, Van ili yerel marketlerden temin edilen ve toplam 120 sucuk örneğinin analiz edildiği bir çalışmada, örneklere ait putresin içeriklerinin 1.008 ile 24.602 mg/kg kuru madde arasında olduğu bildirilmiştir (Ekici ve Omer, 2018). Turhan ve ark (2017) mikroenkapsüllenmiş *L. rhamnosus* ve depolamanın sucukta biyojenik amin miktarı üzerine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada kontrol grubunun putresin değeri 260.57- 535.13 mg/kg, doğrudan kültür kullanımında ise 177.92-522.57 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özelliklerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında putresin içeriğinin 156.98 ile 242.05 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu

çalışmada elde edilen putresin değerlerinin, Sezer (2022) ve Rabie ve ark (2014) tarafından yapılmış olan çalışmaların sonuçlarına göre düşük olduğu görülmektedir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların Kadaverin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.14' de verilmiştir.



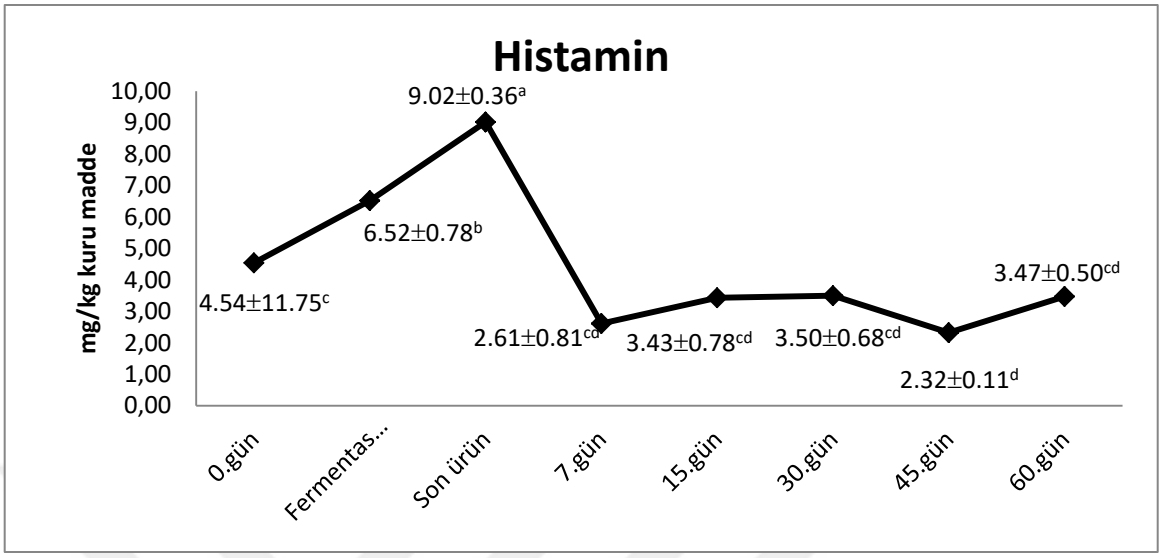
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.14. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Kadaverin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama kadaverin değerleri üzerine üretim aşamasının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu ve depolama aşamasında ise sucukların benzer değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kadaverin değerleri fermantasyon (32.06 mg/kg kuru madde), son ürün (33.33 mg/kg kuru madde), 7.gün (33.84 mg/kg kuru madde), 15.gün (34.30 mg/kg kuru madde), 30.gün (31.89 mg/kg kuru madde), 45.gün (30.70 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (32.65 mg/kg kuru madde) örneklerinde, en düşük kadaverin değeri ise 0.gün (9.48 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon aşamasında kadaverin değerinde bir artış olduğu son üründe ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Sun ve ark (2018) tarafından sucuk tipi fermente bir ürün kalite özellikleri üzerine farklı baharat ekstraktlarının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada fermantasyon aşamasında kontrol ve uygulama gruplarında kadaverin içeriğinde artış gerçekleştiği bildirilmiştir. Farklı hayvan türlerinden elde edilen etler (at, sığır, hindi) kullanılarak hazırlanan sucuk tipi fermente ürünlerde kadaverin içeriğinin en fazla hindi etinden elde edilen üründe (9.18 mg/kg), en düşük

ise sığır etinden elde edilen üründe (1.36 mg/kg) tespit edildiği bildirilmiştir (Rabie ve ark., 2014). Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özelliklerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında kadaverin içeriğinin 23.56 ile 42.32 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Fermantasyon sonrası kadaverin değeri 23.56 mg/kg iken 75 ^{o}C'de ısıl işlem sonucunda kadaverin değeri 42.32 mg/kg olarak bildirilmiştir. Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılan örneklerde kadaverin değeri 0.88-1.90 mg/kg kuru madde arasında bulunmuştur. Baka ve ark (2011) tarafından seçilmiş starter kültürlerin Yunan fermente sosislerinin işleme ve kalite özellikleri üzerine etkisini belirleme amacıyla yaptıkları bir çalışmada ortalama kadaverin değerini 2.73 mg/kg olarak bulmuşlar ve fermente sosis üretiminde kadaverin değerinin, esas olarak *Enterobacteriaceae* ve *Pseudomonas*'ın dekarboksilaz aktivitesi ile bağlantılı olduğunu ve *Enterobacteriaceae*'nin hızlı azalması ve olgunlaşma sırasında yok olmalarının kadaverin miktarını ve oluşumunu etkilediğini ve üretimde kullanılacak hammaddelerin iyi hijyenik koşullarda olmasının ve işleme şartlarının kadaverin sonuçlarına katkıda bulunduklarını bildirmişlerdir. Turhan ve ark (2017) ise mikroenkapsüllenmiş *L. rhamnosus* ve depolamanın sucukta biyojenik amin miktarı üzerine etkileri üzerine yaptıkları çalışmada kontrol grubunda kadaverin değerlerinin 60.59- 121.96 mg/kg arasında, doğrudan kültür kullanımında ise 16.29-169.27 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında Sezer ve ark (2022) tarafından rapor edilen sonuçlara yakın değerler bulunmuş, Topal (2021) ve Baka ve ark (2011)' nın bildirdiği sonuçlara göre ise çalışmada kadaverin değerleri yüksek bulunsa da Turhan ve ark (2017) tarafından yapılan çalışmadan düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların histamin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.15' de verilmiştir.



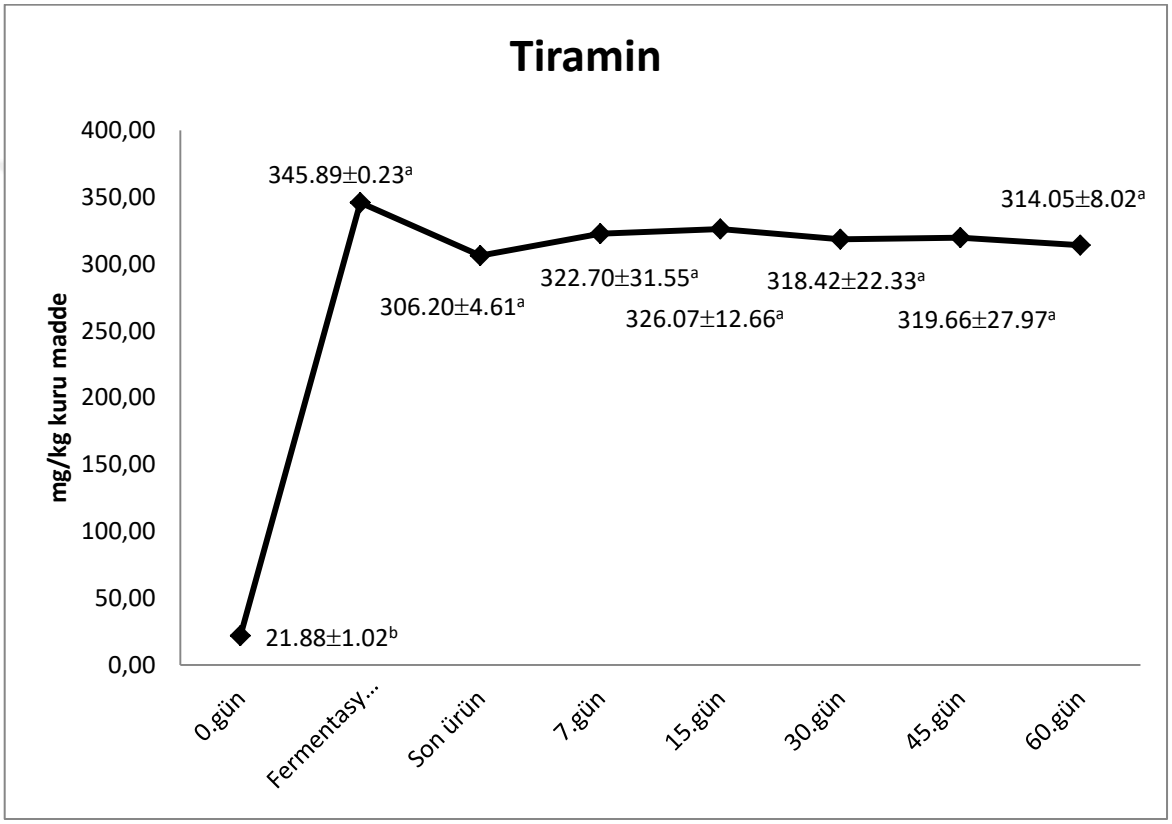
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.15. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Histamin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama histamin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek histamin değeri son ürün (9.02 mg/kg kuru madde), en düşük histamin değeri ise 45.gün (2.32 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim süresince ve son üründe histamin değerin de artış belirlenirken depolama ilk aşamasında histamin değeri düşmüş ve depolama süresince sınırlı değişim göstermiştir. Benzer şekilde, Kayseri piyasasından temin edilen fermente endüstriyel üretim, kasap tipi ve ısıl işlem görmüş tip sucukların yapılan analizlerinde, histamin değerlerinin fermente endüstriyel üretim sucuklarda 2.61-58.75 mg/kg, kasap tipi sucuklarda 1.70-65.51 mg/kg ve ısıl işlem görmüş sucuklarda 0.18-61.03 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Isıl işlem görmüş sucuklardaki görece daha düşük tespit edilen histamin içeriğinin bu tip ürünlerde fermantasyon süresini kısa tutulması ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (Çelebi, 2021). Bozkurt ve Erkmen (2002) ise Histamine içeriğinin olgunlaştırma süresi başında yükseldiğini ve depolama süresince azaldığını bildirmiştir. Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılan örneklerde histamin değeri 5.53- 6.38 mg/kg kuru madde arasında bulunmuştur. Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özelliklerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında histamin içeriğinin 50.68 ile 76.74 mg/kg arasında

olduğu tespit edilmiştir. En düşük histamin değeri fermantasyon örneklerinde (50.68 mg/kg) en yüksek histamin değeri ise 75 ^{o}C' de ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinde (76.74 mg/kg) belirlemiştir. Doğan ve ark (2020) yabani tip laktik asit bakterilerinin sucukta histamin ve tiramin oluşumuna etkilerini araştırdıkları bir çalışmada starter kültür olmadan ürettikleri kontrol grubunda histamin değerini 11.42±5.82 mg/kg, *Lactobacillus sakei* ilave edilen sucuklarda ise 7.17±1.51 mg/kg olarak bulmuşlardır.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların tiramin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.16' de verilmiştir.



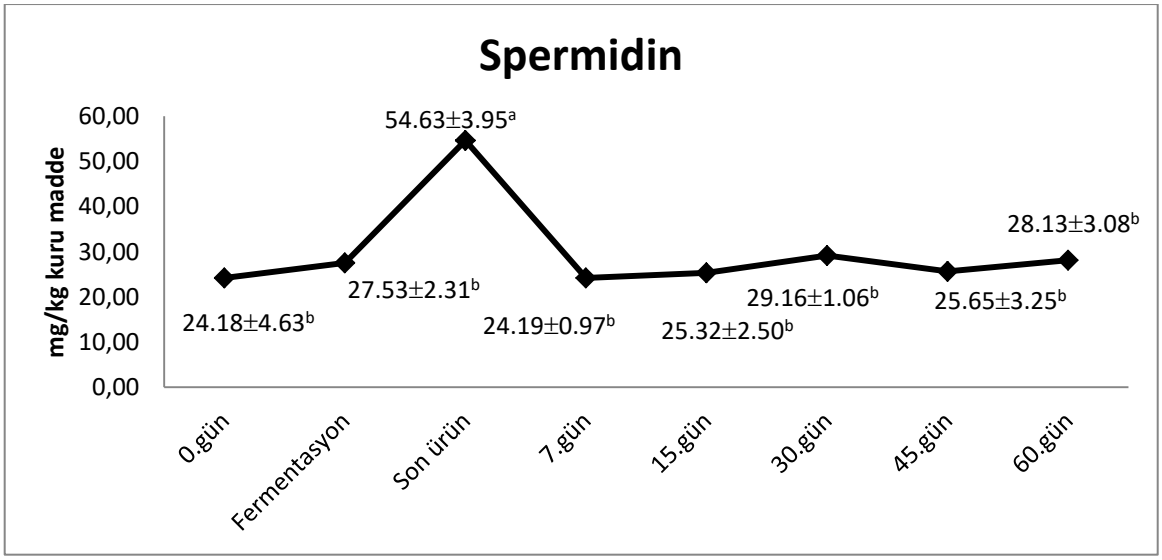
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.16. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Tiramin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama tiramin değerleri üzerine üretim aşamasının etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu ve depolama aşamasında ise sucukların benzer değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek tiramin değeri fermantasyon (345.89 mg/kg kuru madde), son ürün (306.20 mg/kg kuru madde), 7.gün (322.70 mg/kg kuru madde), 15.gün (326.07 mg/kg kuru madde), 30.gün (318.42 mg/kg kuru madde), 45.gün (319.66 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (314.05 mg/kg kuru madde) örneklerinde, en düşük tiramin değeri ise 0.gün (21.88 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon aşamasında tiramin değerinde bir artış olduğu son üründe ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde,

Kayseri piyasasından temin edilen fermente endüstriyel üretim, kasap tipi ve ısıl işlem görmüş tip sucukların yapılan analizlerinde, tiramin değerlerinin fermente endüstriyel üretim sucuklarda ortalama 17.71 mg/kg, kasap tipi sucuklarda ortalama 56.32 mg/kg ve ısıl işlem görmüş sucuklarda ortalama 17.35 mg/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir (Çelebi, 2021). Erkmen ve Bozkurt (2004) tarafından Gaziantep ilinde market ve kasaplardan temin edilen 50 farklı sucuk örneğinde yapılan analizlerde tiramin içeriğinin 1.2 ile 316.6 mg/kg arasında olduğu belirlenmiştir. Gıdalarda izin verilen en yüksek tiramin içeriğinin 800 mg/kg olduğu ve çalışmada kullanılan sucukların tiramin içeriklerinin kabul edilebilir seviyede olduğu ifade edilmiştir. Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılmış örneklerde tiramin içeriği 49.57 - 203.63 mg/kg kuru madde arasında değişmiştir. Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özellikleri üzerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında tiramin içeriğinin 78.09 ile 116.83 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen tiramin sonuçlarının, Bozkurt (2004) tarafından bildirilen tiramin değerlerinin üst sınırlarına yakın olduğu görülmektedir. Sezer (2022) tarafında yapılan çalışmada bildirilen değerlerden ise daha yüksek bulunmuştur ve ısıl işlem uygulamasının tiramin değerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların spermidin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.17' de verilmiştir.

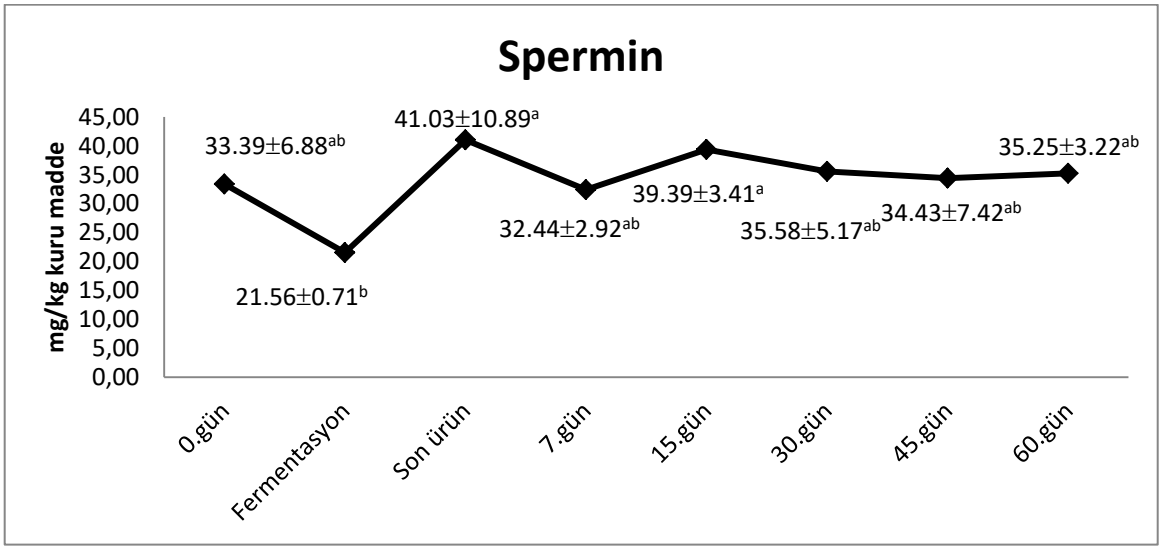


*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.17. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Spermidin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama spermidin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek spermidin değeri son ürün (54.63 mg/kg kuru madde), en düşük spermidin değerleri ise 0.gün (24.18 mg/kg kuru madde), fermantasyon (27.53 mg/kg kuru madde), 7.gün (24.19 mg/kg kuru madde), 15.gün (25.32 mg/kg kuru madde), 30.gün (29.16 mg/kg kuru madde), 45.gün (25.65 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (28.13 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecinde spermidin değerin de özellikle ısıl işlem sonrası bir artış belirlenmiş, ancak diğer aşamalarda ise istatistiksel bir farklılık olmadığı saptanmıştır. (Bozkurt and Erkmen, 2002) tarafından farklı katkı maddeleri ve starter kültür karışımları ilave edilerek üretilen fermente sucukların spermidin içeriği 0.8 – 27.66 mg/kg aralığında değişmiştir. Spermidinin taze etlerde her zaman var olduğu ve üretim sürecine bağlı olarak miktarının değişkenlik gösterdiği ifade edilmiştir (Martuscelli ve ark., 2000). Topal (2021) tarafından fermente sucuk üretiminde farklı kalibrede kılıf kullanımının üretim ve depolama süresince etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, 50 mm kılıf kullanılan örneklerde spermidin değeri 6.31- 15.68 mg/kg kuru madde arasında değişmiştir. Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özellikleri üzerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında spermidin içeriğinin 23 ile 30.29 mg/kg arasında olduğu tespit edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama aşamalarında sucukların spermin değerleri üzerine etkisi Şekil 4.18' de verilmiştir.



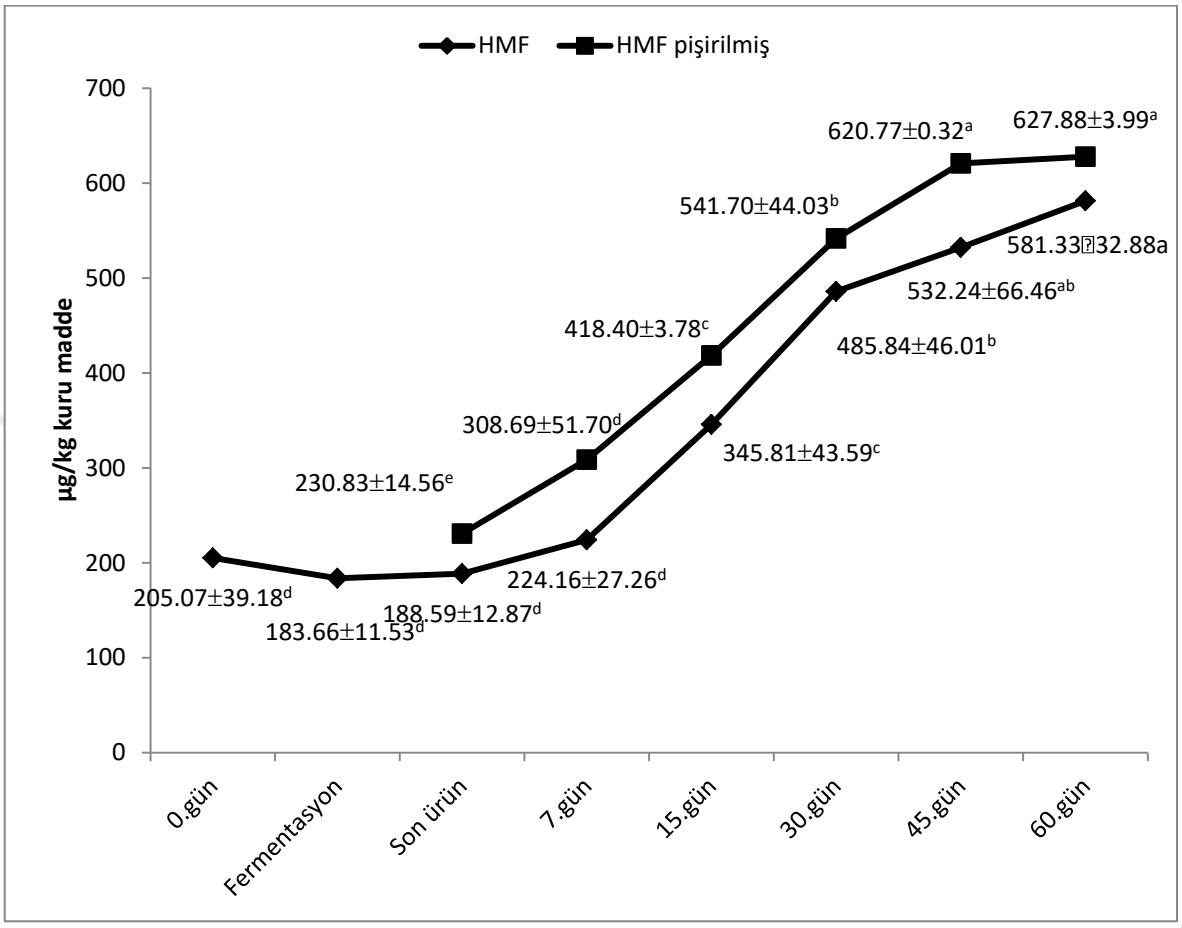
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.18. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında Spermin (mg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama spermin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek spermin değeri son ürün (41.03 mg/kg kuru madde) ve 15.gün (39.39 mg/kg kuru madde), en düşük spermin değeri ise fermantasyon (21.56 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Fermantasyon aşamasında Spermin değerinde bir azalış görülmüşken, ısıl işlem uygulaması ile spermin değeri sayısal olarak en yüksek değere ulaşmış ve depolama aşamasında iniş ve çıkışlar göstermiştir. Bover-Cid ve ark (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, sucuk tipi fermente bir ürünün analizlerinde başlangıç örneklerinde bulunan biyojen aminlerin başında spermin geldiği ve örneklerin başlangıç spermin içeriğinin 47.9 mg/kg olduğu bildirilmiştir. Spermin içeriğinde tespit edilen farklılıkların ette doğal yola oluşan Spermin içeriği ek olarak bakteriyel olarak üretilen Spermin içeriği üzerine sıcaklık, pH gibi etkilerden kaynaklanabildiği bildirilmiştir (Doeun ve ark., 2017). Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özellikleri üzerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında spermin içeriğinin 16.84 ile 30.32 mg/kg arasında olduğunu belirtmiştir. Miguélez-Arrizado ve ark (2006) İspanyol fermente sosislerindeki biyojenik amin içeriği üzerine sucuk çapının ve geleneksel ya da endüstriyel üretimin etkilerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, spermin değerini en yüksek 23.4 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Papavergou (2011) tarafından Yunanistan'da üretilen ve satışa sunulan 40 farklı kuru fermente sucukta yapılan bir çalışmada sucukların spermin değerlerinin 13.37 ile 60.11 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir.

4.8. HMF Analizi

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim, son ürün ve depolama süreçlerinde sucukların HMF değerleri üzerine etkisi Şekil 4.19.'de verilmiştir.



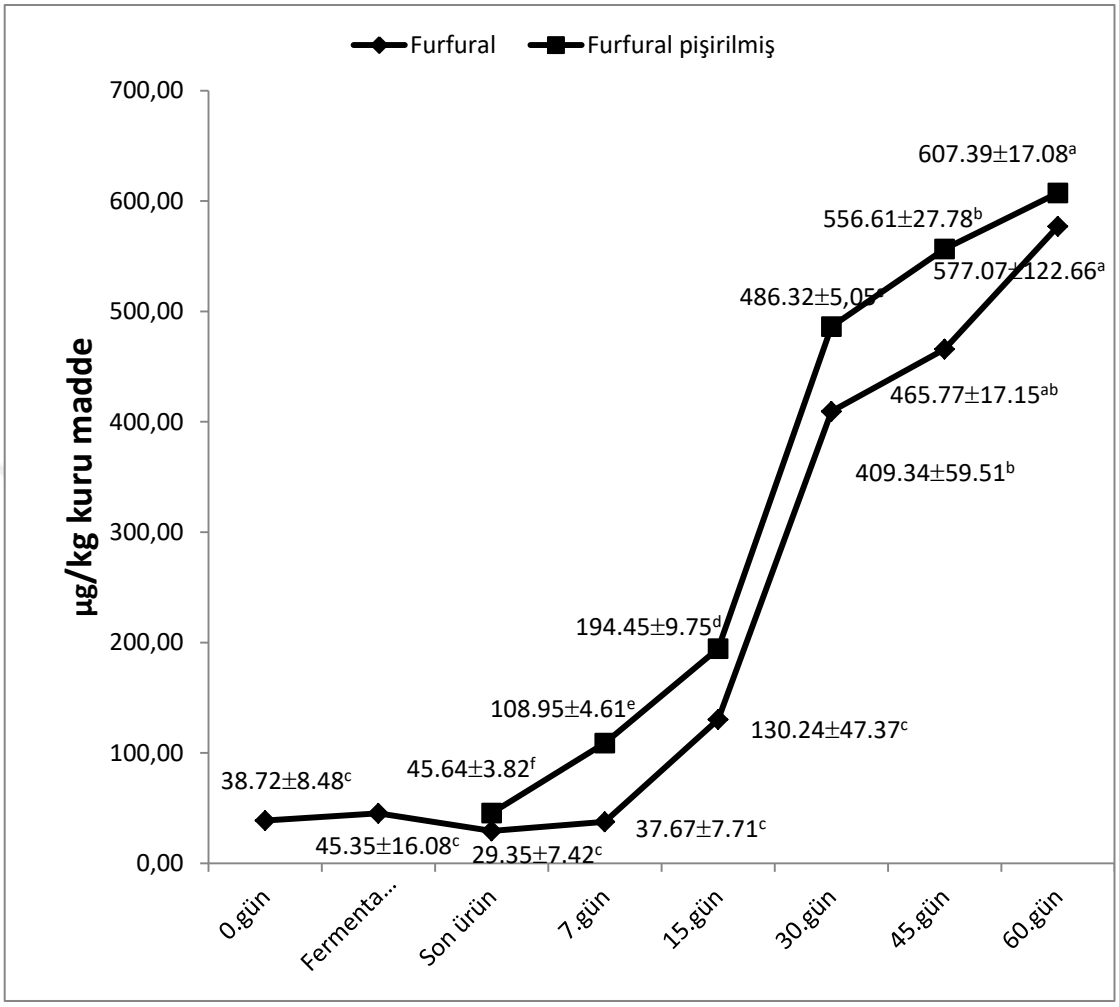
*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.19. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim ve Depolama Aşamalarında HMF ve Pişirilmiş Örneklerde HMF (µg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama HMF değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek HMF değeri 60.gün örneklerinde (581.33 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise 0.gün (205.07 µg/kg kuru madde), fermantasyon (183.66 µg/kg kuru madde), son ürün (188.59 µg/kg kuru madde) ve 7.gün (224.16 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama boyunca pişirilmiş örneklere bakıldığında çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek HMF değeri 45.gün (620.7788 µg/kg kuru madde)ve 60.gün örneklerinde (627.88 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise son ürün (230.83 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Pişirilmiş ürünle karşılaştırıldığında Şekil 4.20' de görüldüğü gibi oransal olarak depolama süresince pişirilmiş ürünlerde HMF miktarı fazladır.

HMF oluşumu esas olarak pH, sıcaklık, ısıtma süresine ve depolamaya bağlıdır (Agcam,2022; Chansataporn, 2019). Benzer şekilde Chansataporn (2019) tarafından tavukgöğsü eti model sisteminde sıcaklığın Maillard reaksiyonunun ana ara ürünleri ve ürünleri üzerindeki etkileri üzerine yaptıkları çalışmada sıcaklık ve süreye bağlı olarak farklı şekerler ve aminoasit varlığında oluşumun etkilendiğini tespit etmişlerdir. Mertoğlu (2015) tarafından portakal suyunun bileşimi ve HMF oluşum kinetiği üzerine ısıl işlem ve depolamanın etkileri üzerine yaptıkları çalışmada 4 ^{o}C' de depolama sonrasında HMF içeriklerinde artış oranı %270 ile %2420 arasında tespit etmişlerdir ve depolama da örneklerin HMF içeriklerinde başlangıç değerine göre depolama sonunda önemli derecede artış olduğu bildirilmiştir. Danowska-oziewicz (2007) buharlı konveksiyonlu fırında pişirmenin seçilen yemeklerin kalitesi üzerindeki etkisi üzerine yaptığı çalışma sonucunda HMF konsantrasyonunu fırınlanmış tavukta 5.68 µmol/100g, konveksiyonlu fırında 6.56 µmol/100g bulmuştur. Göğüş ve ark (1997) çoklu şeker ve aminoasit sistemlerinde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları üzerine yaptıkları çalışmada farklı sıcaklık (55-65-75 °C) uygulamaları kullanmışlardır. Çalışmada, depolama süresince HMF değerlerinde depolamanın üçüncü gününden itibaren artışlar gözlemlenmiş ve özellikle beşinci günde uygulanan ısıl işlemin sıcaklığına bağlı olarak artış olmuştur, en yüksek değerlerle ise depolamanın sonunda ulaşılmıştır. Agçam (2022) glikoz, fruktoz, asparjin ve askorbik asit içeren meyve suyu bazlı ortamlar için farklı ısıtma koşullarında (90-105-120 °C) hidroksimetilfurfural-(HMF)/furfural oluşumları ve kinetikleri üzerine yaptığı çalışmada en yüksek HMF değerini orta derecede fruktoz içeren örnekte (1541.27 µmol/L) tespit etmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim, son ürün ve depolama süreçlerinde sucukların furfural değerleri üzerine etkisi Şekil 4.20' de verilmiştir.



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

Şekil 4.20. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim Ve Depolama Aşamalarında Furfural (µg/kg kuru madde) ve Pişirilmiş Örneklerde Furfural (µg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

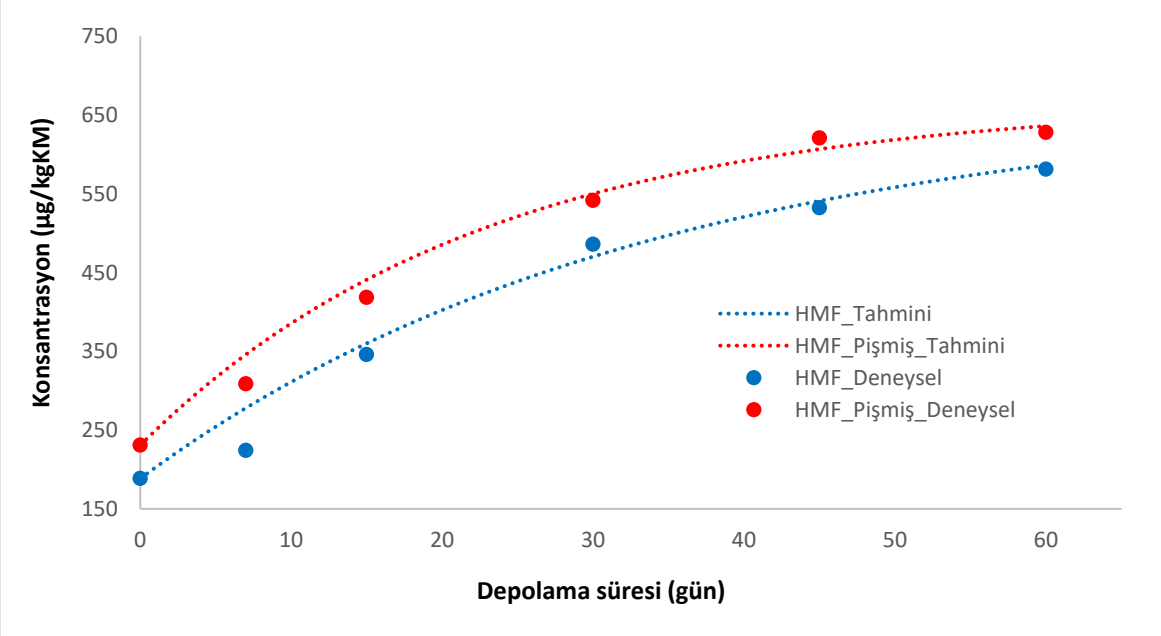
Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama furfural değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek furfural değeri 60.gün örneklerinde (577.07 µg/kg kuru madde), en düşük furfural değerleri ise son ürün (29.35 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama boyunca pişirilmiş örneklere bakıldığında çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek furfural değeri 60.gün örneklerinde (607.39 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise son ürün (45.64 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Pişirilmiş ürünle karşılaştırıldığında Şekil 4.20' de görüldüğü gibi oransal olarak depolama süresince pişirilmiş ürünlerde furfural miktarı fazladır. Agçam (2022) Glikoz, fruktoz, asparjin ve askorbik asit içeren meyve suyu bazlı ortamlar için farklı ısıtma koşullarında (90-105-

120 °C) hidroksimetilfurfural-(HMF)/furfural oluşumları ve kinetikleri üzerine yaptığı çalışmada en yüksek furfural sonuçları aminoasit, şeker ve askorbik asit karışımlarından gözlemlenmiştir.

4.9. Depolanan Sucuk Örneklerinde HMF ve Furfural Oluşum Kinetiği

Depolama süresince örneklerin sahip olduğu HMF ve furfural bulguları 0. (Eş. 2), 1. (Eş.3) ve denge konsantrasyon temelli kinetik (Eş.5) yaklaşımlar ile test edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre pişmemiş ve pişmiş örneklerin 0. dereceden kinetiğe ilişkin R^2 değerleri sırasıyla HMF için 0.931 ve 0.911 olarak ve furfural için 0.964 ve 0.927 olarak belirlenmiştir. Öte yandan pişmemiş ve pişmiş örneklerin 1. dereceden kinetiğe ilişkin R^2 değerleri sırasıyla HMF için 0.872 ve 0.850 olarak ve furfural için 0.777 ve 0.737 olarak belirlenmiştir. Son olarak denge konsantrasyon temelli kinetik yaklaşımın R^2 değerleri 0.963-0.991 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlar depolama süresince HMF ve furfuralın oluşum kinetiğini açıklamada denge konsantrasyon temelli kinetik yaklaşımın 0. ve 1. derece madde oluşum kinetiği yaklaşımından daha iyi performansa sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle depolama süresince HMF ve furfuralın oluşum kinetiğini açıklamak için denge konsantrasyon temelli matematiksel yaklaşım kullanılmıştır.

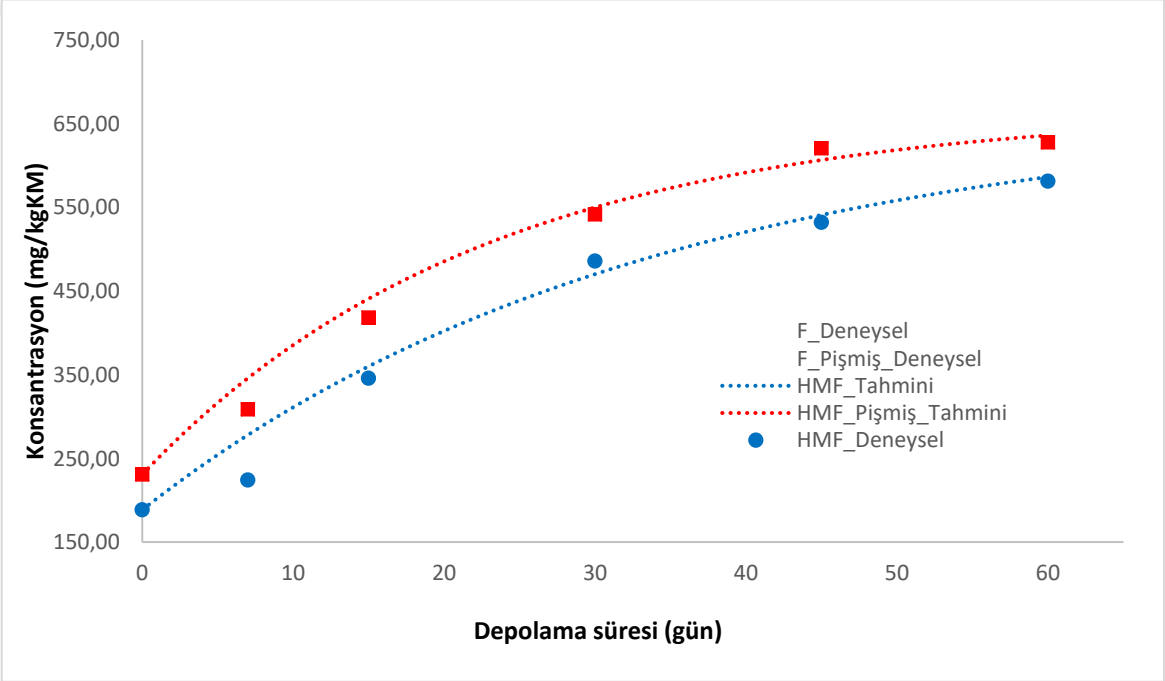
Isıl işlem görmüş kanatlı eti sucuğunda 4 ºC'deki depolama süresinde ve merkez sıcaklığı 74 ºC olana kadar uygulana pişirme işlemi sonucunda HMF içeriğindeki değişimlerin kinetik olarak hesaplanması Şekil 4.21'de verilmiştir.



Şekil 4.21. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Ve Depolama Aşamalarında HMF (µg/kg kuru madde) ve Pişirilmiş Örneklerde HMF (µg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Depolama örneklerinde 0.gün son ürün olarak kabul edilmiş ve HMF içeriği pişirme yapılmayan örnekte ortalama 188.59 µg/kg kuru madde, pişirilmiş üründe ise 230.83 µg/kg kuru madde bulunmuştur. Depolama sonunda örneklerin HMF içeriği 581.33 mg/kgKM, pişirilmiş örnekte ise 627.88 µg/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Bu değerlerden yararlanılarak tahmini HMF ve Pişirilmiş HMF artış hızı hesaplaması yapılmıştır. Hesaplama sonucunda Şekil 4.21' de görüldüğü gibi katlanma değerini t_{2x} sırasıyla 36.9 ve 41.6 olarak bulunmuştur. Şekil 4.21'de görüldüğü gibi pişirilmiş örneklerin pişirilmemiş örneklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Isıl işlem görmüş kanatlı eti sucuğunda 4 ºC'deki depolama süresinde ve merkez sıcaklığı 74 ºC olana kadar uygulana pişirme işlemi sonucunda furfural içeriğindeki değişimler Şekil 4.22' de verilmiştir.



Şekil 4.22. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Ve Depolama Aşamalarında Furfural (µg/kg kuru madde) ve Pişirilmiş Örneklerde Furfural (µg/kg kuru madde) Değerlerindeki Değişimler

Depolanan örneklerde 0.gün son ürün olarak kabul edilmiş ve furfural içeriği pişirme yapılmayan örnekte ortalama 29.35 µg/kg kuru madde, pişirilmiş üründe ise 45.64 µg/kg kuru madde bulunmuştur. Depolama sonunda örneklerin furfural içeriği 577.07 µg/kg kuru madde, pişirilmiş örnekte ise 607.39 µg/kg kuru madde olarak bulunmuştur. Şekil 4.22' de görüldüğü gibi pişirilmiş örneklerin pişirilmemiş örneklere göre daha yüksek olduğu görülmektedir

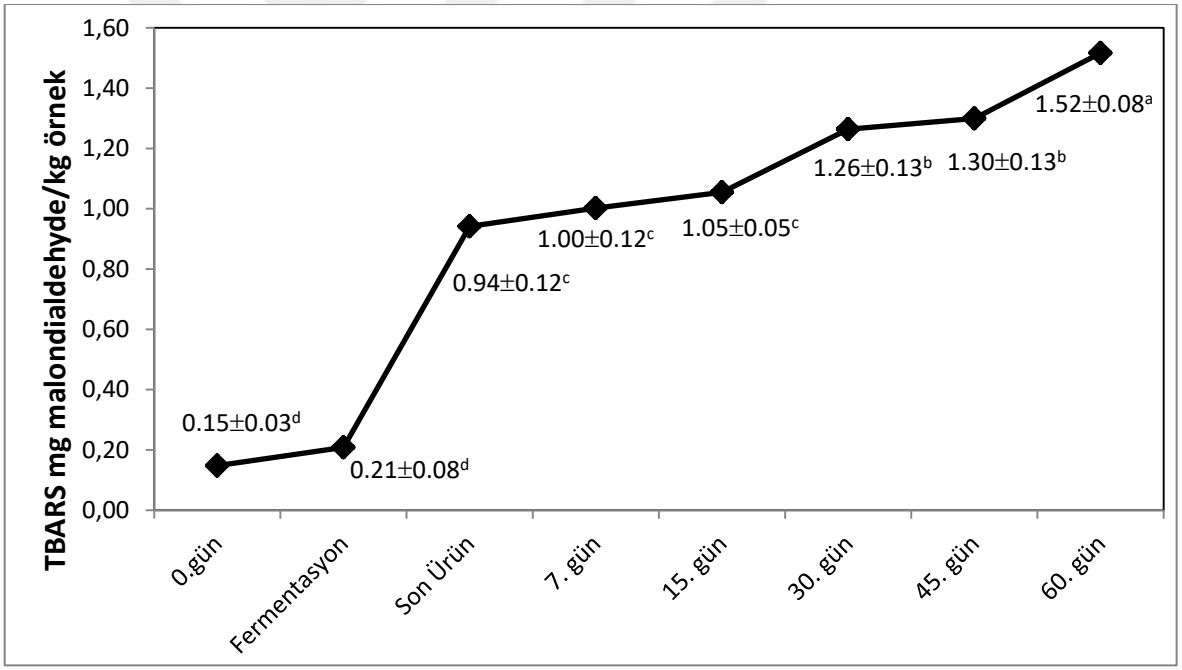
Çizelge 4.1. Katlanma Süresi

	HMF	HMF pişirilmiş	F	F pişirilmiş
R^2	0.989	0.974	0.963	0.991
k (1/gün)	0.02954	0.04371	0.03666	0.04933
t_{2x}	36.9	41.6	14.0	16.1

HMF ve furfural oluşum hızı arttıkça katlanma süresi kısalmaktadır. Çizelge 4.1' e bakıldığında başlangıç HMF ve furfural konsantrasyon sonuçları pişirilmiş ürünlerde daha yüksek olduğu için görece pişmiş üründe t_{2x} değeri HMF pişmiş için daha yüksek görünmektedir.

4.10. TBARS (Tiyobarbütirik asit reaktif substans) Analizi

Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımının, üretim ve depolama süreçlerinde sucukların TBARS değerleri üzerine etkisi Şekil 4.23' de verilmiştir.



*: Şekilde küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir($p<0.05$).

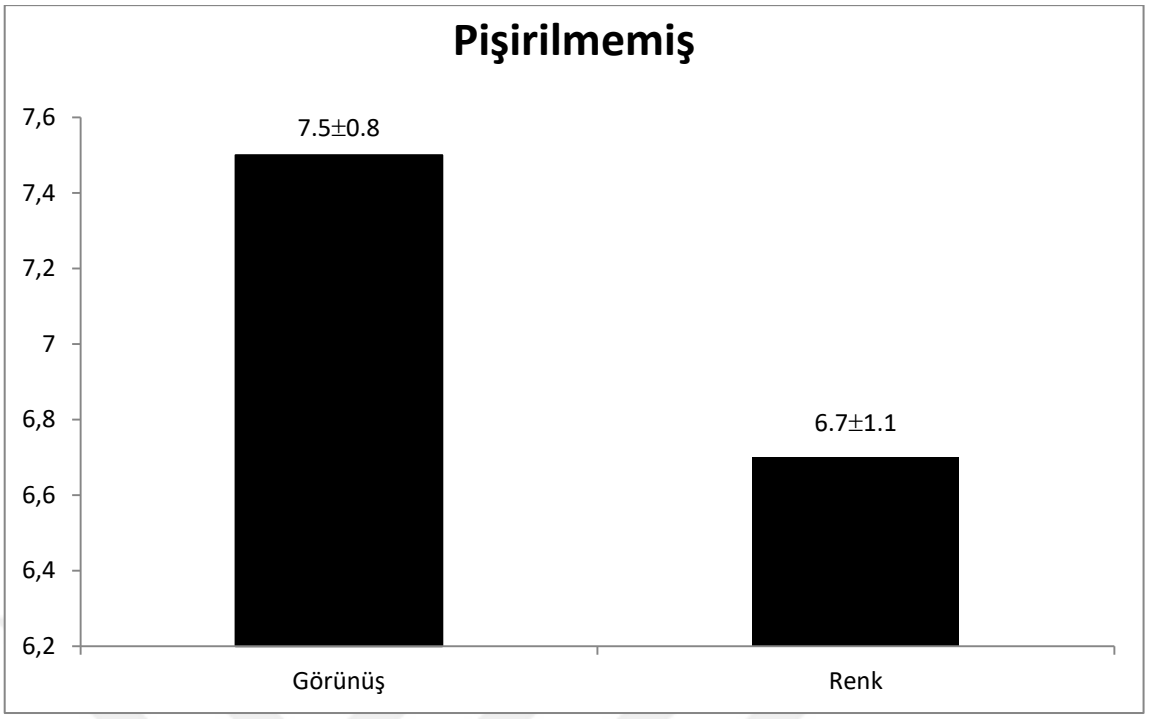
Şekil 4.23. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde, Kanatlı Eti Kullanımının Üretim Ve Depolama Aşamalarında TBARS (mg malonaldehit/Kg) Değerindeki Değişimler

Elde edilen ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama TBARS değerleri üzerine üretim aşamasının ve depolamanın etkisinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek TBARS değeri 60.gün örneklerinde (1.52 mg malonaldehit/kg) en düşük TBARS değerleri ise 0.gün (0.15 mg malonaldehit/kg) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim aşamasında özellikle fermantasyon aşamasını takiben ısıl işlem uygulaması sonucunda TBARS değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiş olup son

üründe TBARS değeri 0.94 mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir. Depolama süresince ısıl işlem görmüş piliç sucukların TBARS değerlerinde sayısal olarak ve 15. gün itibari ile ise istatistiksel olarak artış belirlenmiş olup, TBARS değerleri depolama süresince 1.00 mg malonaldehit/kg ile 1.52 mg malonaldehit/kg arasında değişmiştir. Benzer şekilde, Oral ve Kaban (2021) tarafından yerel olarak izole edilen starter kültür kullanımının ısıl işlem görmüş sucuğun bazı teknoloji özellikleri üzerine etkisine ilişkin bir çalışmada, üretim aşamaları ilerledikçe örneklerin TBARS değerlerinde artış olduğu ifade edilmiştir. Ergezer ve ark (2018) tarafından gerçekleştirilen başka bir çalışmada ise fermente sucuk örneklerinde TBARS değerlerinin 0.21 ile 1.04 mg malonaldehit/kg arasında değiştiği ve 28 günlük depolama sürecinde en yüksek TBARS değerinin kontrol grubunda görüldüğü bildirilmiştir. Sezer (2022) tarafından farklı sıcaklıkların (62 ^{o}C, 68 ^{o}C ve 75 ^{o}C) hindi sucuğunun kalite özellikleri üzerine etkileri ve kalite özelliklerinin depolama süresince değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada fermantasyon ve ısıl işlem uygulamalarında TBARS değeri hindi eti sucuğu hamurunda 0.60, fermantasyonda 0.85 ve uygulanan ısıl işlemde ise 1.25- 1.26 mg malonaldehit/kg arasında değiştiği bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında, Ergezer ve ark (2018)' nın yaptığı çalışmada üretim aşamasıdaki TBARS değerlerine benzer sonuçlar, Sezer (2022) tarafından bildirilen TBARS değerlerinden ise düşük sonuçlar tespit edilmiştir.

4.11. Duyusal Analiz

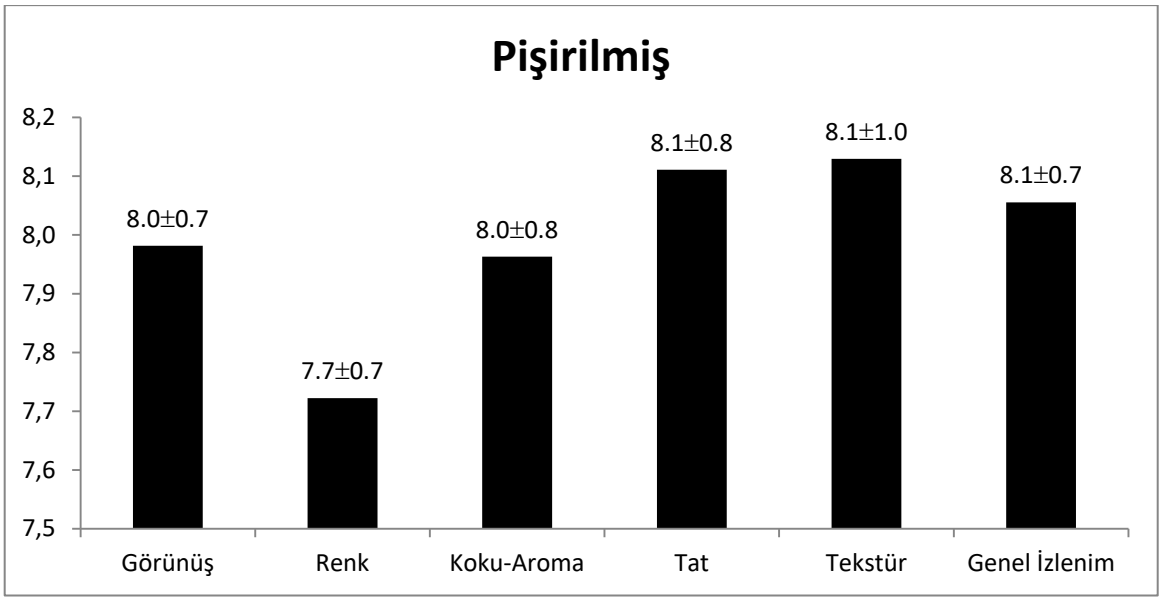
Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde piliç eti kullanımı ile elde edilen son ürün örneklerinde gerçekleştirilen duyusal analiz sonuçları Şekil 4.24' de ve Şekil 4.25'da verilmiştir. Duyusal değerlendirmede panelistlerden öncelikle pişirilmemiş sucukları görünüş ve renk olarak değerlendirilmeleri istenmiştir (Şekil 4.24). Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama görünüş değeri 7.5 puan alarak "orta derecede beğendim" ile "çok beğendim" arasında yer alırken, ortalama renk değeri 6.7 puan ile "orta derecede beğendim" noktasına yakın bir değer almıştır.



Şekil 4.24. Isıl İşlem Görmüş Piliç Sucuğun Son Ürünlerinde Gerçekleştirilen Pişirilmemiş Örneklerin Duyusal Analiz Değerleri

Duyusal değerlendirmede panelistlerden ikinci olarak pişirilmiş sucuklarda görünüş, renk, koku-aroma, tat, tekstür ve genel izlenim değerlendirilmelerini yapmaları istenmiştir (EK 1). Panelistler tarafından yapılan değerlendirme pişirilmiş sucukların ortalama görünüş değeri 8.0 puan ile "çok beğendim", ortalama renk değeri 7.7 puan ile "çok beğendim" noktasına yakın bir değer, ortalama koku-aroma değeri 8.0 puan ile "çok beğendim" ve ortalama tat, tekstür ve genel izlenim değerleri 8.1 puan ile "çok beğendim" noktasına yakın değerler almışlardır.

Duyusal değerlendirme sonuçları, her ne kadar pişirilmemiş ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının özellikle renk konusunda beğeni değerlerinin düşük olduğuna işaret etse de sucukların tüketim öncesi pişirilmesi ile ısıl işlem görmüş piliç sucuğunun panelistler tarafından değerlendirilen özellikler yönünden çok beğenildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 4.25. Isıl İşlem Görmüş Piliç Sucuğun Son Ürünlerinde Gerçekleştirilen Pişirilmiş Örneklerin Duyusal Analiz Değerleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde en çok tüketilen et ürünlerinden birisi olan sucuğun, teknolojinin gelişmesi ve üretim süresinin kısaltılması için uygulanan fermantasyon ve ısıl işlemin sucukta uygulandığı bilinmektedir. Ayrıca kırmızı etin yanı sıra kanatlı eti kullanımı da sucuk üretiminde yaygınlaşmıştır.

Bu bağlamda, çalışmada ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde, kanatlı eti kullanımının ve depolamanın biyojen amin ve hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu ve sucuğun bazı kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek pH değeri 0.gün örneklerinde (5.87), en düşük pH değerleri ise fermantasyon (5.14) ve son ürün (5.15) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama sürecince pH değerlerinde kısmi bir artış belirlenmiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının pH değerleri 5.29 ile 5.43 arasında değişmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek nem değeri 0.gün örneklerinde (%62.18) en düşük nem değerleri ise son ürün (%54.51) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecinde nem değerlerinde kurumaya bağlı olarak belirgin bir azalış saptanmıştır.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek titrasyon asitliği değeri son ürün, 7.gün, 15.gün, 30.gün, 45.gün ve 60.gün örneklerinde (sırasıyla %1.30, %1.35, %1.35, %1.30, %1.29, %1.29) en düşük titrasyon asitliği değerleri ise 0.gün (%0.77) örneklerinde belirlenmiştir. Titrasyon asitliği değerlerinde depolama aşamasında sayısal olarak kısmi bir azalma gözlemlenmiş olsa da istatistiksel olarak titrasyon asitliği değerlerinde bir farklılık alınmamıştır.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kül değeri son ürün örneklerinde (%4.24) en düşük kül değerleri ise 0.gün (%2.84) örneklerinde belirlenmiştir. Beklenildiği gibi son üründeki kül içeriğinde üretim aşamalarındaki nem kaybına bağlı bir artış gerçekleşmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek L* değeri 7.gün örneklerinde (65.32) en düşük L* değerleri ise 30.gün (62.45) örneklerinde belirlenmiştir. Genel olarak, üretim ve depolama sürecince L* değerinde istatistiksel öneme sahip artış ve azalışlar belirlenmiş olsa da bu değişimin sayısal olarak sınırlı bir aralıkta gerçekleştiği (62.45- 65.32) belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek a* değeri 0.gün örneklerinde (9.26) en düşük a* değerleri ise 45.gün (8.10) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecince a* değerlerinde azalışlar belirlenmiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının a* değeri üretim süresince 8.70 ve 9.26 arasında değişmiştir. Depolama süresinde ise a* değerlerinde artış ve azalışlar belirlenmiş olup a* değeri 8.10 ve 8.66 arasında değişmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek b* değeri 0.gün örneklerinde (24.58) en düşük b* değerleri ise son ürün (20.84) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim sürecince b* değerlerinde azalış belirlenmemiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının b* değerleri 20.84 ile

24.58 arasında değişmiştir. Depolama süresince ise sayısal bir artış gözlemlenmiş olsa da b* değerleri 20.97 ile 22.20 arasında değişen benzer değerler olarak belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kroma değeri 0.gün örneklerinde (26.26) en düşük kroma değerleri ise son ürün (22,58) ve 7.gün (22.58) örneklerinde belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek Hue değeri 45.gün örneklerinde (65.95) en düşük Hue değerleri ise son ürün (67.33) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama sürecince Hue değerlerinde kısmi artış belirlenmiş olup, ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının Hue değerleri 67.92 ile 69.95 arasında değişmiştir. Ancak genel olarak, üretim ve depolama sürecince Hue değerlerinde istatistiksel öneme sahip artış ve azalışlar belirlenmiş olsa da bu değişimin sayısal olarak sınırlı bir aralıkta gerçekleştiği (67.33 – 65.95) belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek sertlik değeri 60.gün örneklerinde (156.37 N) en düşük sertlik değerleri ise son ürün (140.96 N) ve 30.gün (134.09 N) örneklerinde belirlenmiş ve depolamaya bağlı olarak sertlik değerlerinde kısmi bir artış gözlemlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek sakızımsılık değeri 60.gün örneklerinde (78.84 N) en düşük sakızımsılık değerleri ise son ürün (59.69 N) örneklerinde belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek çiğnenebilirlik değeri 60.gün örneklerinde (70.68 N) en düşük çiğnenebilirlik değerleri ise son ürün (54.55 N) ve 30.gün (61.19 N) örneklerinde belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama yaylanma, iç yapışkanlık ve esneklik değerleri üzerine depolamanın etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek triptamin değeri son ürün örneklerinde (106.31 mg/kg kuru madde) en düşük triptamin değeri ise 0.gün (31.60 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon ve ısıl işlem sürecinde triptamin değerinde artış belirlenirken depolama aşamasında triptamin değerinde azalışlar ve artışlar tespit edilmiştir.

Isıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama 2-feniletilamin değerleri üzerine üretim ve depolamanın etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) tespit edilmiştir. Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek 2-feniletilamin değeri son ürün örneklerinde (48.27 mg/kg kuru madde) en düşük 2-feniletilamin değerleri ise 0.gün (16.95 mg/kg kuru madde), fermantasyon (14.55mg/kg kuru madde) ve 45.gün (13.91mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim aşamasından özellikle ısıl işlem sonrasında 2-feniletilamin değerinde artış belirlenirken ve depolamanın 30.gününden sonra kısmi bir azalış tespit edilmiştir.

Sonuçlarına göre en yüksek putresin değeri fermantasyon örneğinde (36.22 mg/kg kuru madde) en düşük putresin değerleri ise 0.gün (23.47 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir.

Çalışmada fermantasyon aşamasında putresin değerinde bir artış olduğu son üründe kısmi bir azalış olduğu ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kadaverin değerleri fermantasyon (32.06 mg/kg kuru madde), son ürün (33.33 mg/kg kuru madde), 7.gün (33.84 mg/kg kuru madde), 15.gün (34.30 mg/kg kuru madde), 30.gün (31.89 mg/kg kuru madde), 45.gün (30.70 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (32.65 mg/kg kuru madde) örneklerinde, en düşük kadaverin değeri ise 0.gün (9.48 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon aşamasında kadaverin değerinde bir artış olduğu son üründe ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek histamin değeri son ürün (9.02 mg/kg kuru madde), en düşük histamin değeri ise 45.gün (2.32 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim süresince ve son üründe histamin değerin de artış belirlenirken depolama ilk aşamasında histamin değeri düşmüş ve depolama süresince sınırlı değişim göstermiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek tiramin değeri fermantasyon (345.89 mg/kg kuru madde), son ürün (306.20 mg/kg kuru madde), 7.gün (322.70 mg/kg kuru madde), 15.gün (326.07 mg/kg kuru madde), 30.gün (318.42 mg/kg kuru madde), 45.gün (319.66 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (314.05 mg/kg kuru madde) örneklerinde, en düşük tiramin değeri ise 0.gün (21.88 mg/kg kuru madde) örneğinde belirlenmiştir. Çalışmada fermantasyon aşamasında tiramin değerinde bir artış olduğu son üründe ve depolama aşamasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek spermidin değeri son ürün (54.63 mg/kg kuru madde), en düşük spermidin değerleri ise 0.gün (24.18 mg/kg kuru madde), fermantasyon (27.53 mg/kg kuru madde), 7.gün (24.19 mg/kg kuru madde), 15.gün (25.32 mg/kg kuru madde), 30.gün (29.16 mg/kg kuru madde), 45.gün (25.65 mg/kg kuru madde) ve 60.gün (28.13 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek spermin değeri son ürün (41.03 mg/kg kuru madde) ve 15.gün (39.39 mg/kg kuru madde), en düşük spermin değeri ise fermantasyon (21.56 mg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Fermantasyon aşamasında spermin değerinde bir azalış görülmüşken, ısıl işlem uygulaması ile spermin değeri sayısal olarak en yüksek değere ulaşmış ve depolama aşamasında iniş ve çıkışlar göstermiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek HMF değeri 60.gün örneklerinde (581.33 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise 0.gün (205.07 µg/kg kuru madde), fermantasyon (183.66 µg/kg kuru madde), son ürün (188.59 µg/kg kuru madde) ve 7.gün (224.16 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama boyunca pişirilmiş örneklere bakıldığında çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek HMF değeri 45.gün (620.7788 µg/kg kuru madde)ve 60.gün örneklerinde (627.88 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise son ürün (230.83 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek furfural değeri 60.gün örneklerinde (577.07 µg/kg kuru madde), en düşük furfural değerleri ise son ürün (29.35 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir. Depolama boyunca pişirilmiş örneklere bakıldığında çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek furfural değeri 60.gün örneklerinde (607.39 µg/kg kuru madde), en düşük HMF değerleri ise son ürün (45.64 µg/kg kuru madde) örneklerinde belirlenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre pişmemiş ve pişmiş örneklerin 0. dereceden kinetiğe ilişkin R^2 değerleri sırasıyla HMF için 0.931 ve 0.911 olarak ve furfural için 0.964 ve 0.927 olarak belirlenmiştir. Öte yandan pişmemiş ve pişmiş örneklerin 1. dereceden kinetiğe ilişkin R^2 değerleri sırasıyla HMF için 0.872 ve 0.850 olarak ve furfural için 0.777 ve 0.737 olarak belirlenmiştir. Son olarak denge konsantrasyon temelli kinetik yaklaşımın R^2 değerleri 0.963-0.991 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlar depolama süresince HMF ve furfuralın oluşum kinetiğini açıklamada denge konsantrasyon temelli kinetik yaklaşımın 0. ve 1. derece madde oluşum kinetiği yaklaşımından daha iyi performansa sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek TBARS değeri 60.gün örneklerinde (1.52 mg malonaldehit/kg) en düşük TBARS değerleri ise 0.gün (0.15 mg malonaldehit/kg) örneklerinde belirlenmiştir. Üretim aşamasında özellikle fermantasyon aşamasını takiben ısıl işlem uygulaması sonucunda TBARS değerlerinde belirgin bir artış gözlemlenmiş olup son üründe TBARS değeri 0.94 mg malonaldehit/kg olarak belirlenmiştir. Depolama süresince ısıl işlem görmüş piliç sucukların TBARS değerlerinde sayısal olarak ve 15. gün itibari ile ise istatistiksel olarak artış belirlenmiş olup, TBARS değerleri depolama süresince 1.00 mg malonaldehit/kg ile 1.52 mg malonaldehit/kg arasında değişmiştir.

Duyusal değerlendirmede panelistlerden öncelikle pişirilmemiş sucukları görünüş ve renk olarak değerlendirilmeleri istenmiştir. Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda ısıl işlem görmüş piliç sucuklarının ortalama görünüş değeri 7.5 puan alarak "orta derecede beğendim" ile "çok beğendim" arasında yer alırken, ortalama renk değeri 6.7 puan ile "orta derecede beğendim" noktasına yakın bir değer almıştır. Panelistler tarafından pişirilmiş sucuklar değerlendirilmesinde ise ortalama görünüş değeri 8.0 puan ile "çok beğendim", ortalama renk değeri 7.7 puan ile "çok beğendim" noktasına yakın bir değer, ortalama koku-aroma değeri 8.0 puan ile "çok beğendim" ve ortalama tat, tekstür ve genel izlenim değerleri 8.1 puan ile "çok beğendim" noktasına yakın değerler almışlardır.

Bu çalışma, ısıl işlem görmüş sucukta kanatlı eti kullanımının ve depolamanın biyojen amin, HMF ve furfural oluşumu ve sucuğun bazı kalite özellikleri üzerine üzerine etkisini araştırmak amacı ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ısıl işlem uygulamanın ve pişirme işleminin depolama boyunca HMF ve furfural oluşumuna ait değişiminin kinetik çalışması yapılarak depolamanın ve pişirmenin bu bileşikler oluşumu üzerine etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, sucuk üretiminde kullanılan karbonhidratların geleneksel ve ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde kalite özellikleri, biyojen amin oluşumu, HMF ve furfural içeriği ve kinetiği üzerine etkilerine yönelik araştırmaların daha sonra gerçekleştirilecek olan çalışmalarda yapılmasının önem taşıdığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abdolghafour, B., Saghir, A., 2014. Development in sausage production and practices-A review Sausage Production : Ingredients and Raw. Journal of Meat Science and Technology, 40–50, www.jakraya.com/journal/jmst

Abdulhameed, A. A., Yang, T. A., ve Abdulkarim, A. A. 2016. Kinetics of Texture and Colour Changes in Chicken Sausage during Superheated Steam Cooking. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 66(3), 199–209. doi:10.1515/pjfns-2015-0044.

Aberle, E. D., Forrest, J. C., Gerrard, D. E., Mills, E. W., Hedrick, H. B., Judge, M. D., ve Merkel, R. A., 2001. Principles of meat science (4th ed.). Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.

Anonim, 2019, Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği, Resmi Gazete, Erişim adresi https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm

Anonim, 1999. Tarım İstatistikleri. D.Ġ.E. Yayınları, 114-115.

Anonim, 2016. Türk Sucuğu TS.13297.

Anonym, 1991. The Secrets of Shelflife (Ingredient Technology). Dairy Foods. 92 (12) : 59-60.

Anonim, 1996. 1: https://dpn.com.tr/duyusal-analiz-ve-gida-tekstur-tanimlari/ 07.06.2023

Adab, S. E., Essid, I., ve Hassouna, M., 2014. Effect of Starter Cultures on Microbial and Physicochemical Paramethers of a Dry Fermented Poultry Meat Sausage. African Journals of Biotechnology, 4155-4164

Adab, S. E., Essid, I., ve Hassouna, M., 2015. Proteolysis, Lipolysis and sensory Characteeristics of a Tunisian Dry Fermented Poultry Meat Sausage With Oregano and Essential Oils. Journal of Food Safety, 19-32

Agcam, E., 2011. Vurgulu Elektrik Alan ve Isıl İşlem Uygulamalarını Portakal Suyunun Özellikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana

Agcam, E. A., 2022. Kinetic Approach to Explain Hydroxymethylfurfural and Furfural Formations Induced by Maillard, Caramelization, and Ascorbic Acid Degradation Reactions in Fruit Juice-Based Mediums, Food Anal. Methods 15, 1286–1299, https://doi.org/10.1007/s12161-021-02214-x.

Akyıldız, A., Mertoğlu, T. S., ve Agcam, E., 2021. Kinetic Study for Ascorbic Acid Degradation Hydroxymethylfurfural and Furfural Formations in Orange Juice. Journal of Food Composition and Analysis: 1-10. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103996

Almeida, J.R., Bertilsson, M., Gorwa-Grauslund, M.F., Gorsich, S., ve Lidén, G., 2009. Metabolic effects of furaldehydes and impacts on biotechnological processes. Applied microbiology and biotechnology, 82(4), 625-638.

Altuğ, T., 1993. Duyusal test teknikleri. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No.28, 56 s., İzmir

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International (17th ed.).AOAC International Suite Suit 500, 481 North Frederick Avenue Gaithersburg. Maryland,2417-2877, USA.

Armutcu, Ü., 2018. Isıl işlem Görmüş Sucuk Üretiminde Farklı İç Sıcaklık Uygulamalarının Ürün Özelliklerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Aquilania, C., Sirtori, F., Flores, M., Bozzi, R., Lebret, B., ve Pugliese, C., 2018. Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. Meat Science, 389–398.

Azim, Ö. 2002. Gıdalarda Yüksek Basınç Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile Biyojen Amin Analizleri. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 89.

Bardócz, S., Duguid, T., Brown, D., Grant, G., Pusztai, A., White, A., ve Ralph, A., 1995. The importance of dietary polyamines in cell regeneration and growth. British Journal of Nutrition, 73(6), 819-828. doi:10.1079/BJN19950087.

Baka, A. M., Papavergou, E. J., Pragalaki, T., Bloukas, J. G., Kotzekidou, P. 2011. Effect of selected autochthonous starter cultures on processing and quality characteristics of Greek fermented sausages. LWT-Food Science and Technology, 44(1): 54-61.

Barutçu, E., 2018. Adana ili'nde üretilen bazı sucuklarda ELISA ve gerçek zamanlı PCR teknikleri kullanılarak tavuk eti varlığının incelenmesi ve sucukların bazı fizikokimyasal özelliklerinin araştırılması.

Batu, A., Aydoymuş, R. E., ve Batu, H. S., 2014. Gıdalarda Hidroksimetilfurfural (HMF) Oluşumu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi Formation of Hydroxymethylfurfural In Foods and Its Effects On Human Health. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 9(1): 40–55.

Bayram, M., ve Bozkurt, H., 2007. The use of bulgur as a meat replacement: bulgur-sucuk (a vegetarian dry-fermented sausage). J Sci Food Agric 87:411-419 doi:Doi 10.1002/Jsfa.2712

Bayrak, D., 2012. Hindi Eti Kullanımının Isıl İşlem Uygulanmış Sucuk Benzeri Ürünün Kalitatif Özelliklerine Etkisi, Yükseklisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Bastıroğlu, A. Z., 2019. Farkli Yöntemler İle Üretilen Dana ve Hindi Sucuklarinda Et Yağı İkamesi Olarak Zeytinyağı Kullaniminin Protein Oksidasyonu Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Benli, H., 2017. Some chemical characteristics of sucuk and salami samples available at retail in Adana. Turk Tarim Gida Bilim Teknol Derg 5:1307 doi:10.24925/turjaf.v5i11.1307-

Bilenler, T., ve Karabulut, I., 2019. Effect of encapsulated starter culture inclusion and heat treatment on biogenic amines content of sucuk, Food and Health, 5(4), 215-226. https://doi.org/10.3153/FH19023.

Bilişli, A., 2015. Gıda Kimyası,Çanakkale: Sidas Bouzalakou-Butel,l., Provatidis, P., Sturrock, K., Flore A., 2018. Primary Investigation into the Occurrence of Hydroxymethylfurfural (HMF) in a Range of Smoked Products. Journal of Chemistry,1-8

Bouzalakou-Butel, L., Provatidis, P., Sturrock, K., ve Fiore, A., 2018. Primary Investigation into the Occurrence of Hydroxymethylfurfural (HMF) in a Range of Smoked Products. Journal of Chemistry, 2018(), 1–8. doi:10.1155/2018/5942081

Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M., ve Vidal-Carou M. C., 1999. Effect of proteolytic starter cultures of Staphylococcus spp. on biogenic amine formation during the ripening of dry fermented sausages. Int J Food Microbiol 46:95–104

Bover-Cid, S., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M. C., 2001. Changes in biogenic amine and polyamine contents in slightly fermented sausages manufactured with and without sugar. Meat Sci 57:215-221

Bozkurt, H., ve Erkmen, O., 2002. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). Meat Sci 61:149-156 doi:Pii S0309-1740(01)00176-0 Doi 10.1016/S0309-1740(01)00176-0

Bozkurt, H., ve Erkmen, O., 2004. Effects of temperature, humidity and additives on the formation of biogenic amines in sucuk during ripening and storage periods. Food Sci Technol Int 10:21-28 doi:Doi 10.1177/1082013204041992

Bozkurt, H., 2006. Investigation of the effect of sumac extract and BHT addition on the quality of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). J Sci Food Agric 86:849-856 doi:10.1002/jsfa.2431

Bozkurt, H., ve Erkmen, O., 2007. Effects of some commercial additives on the quality of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Food Chem 101:1465-1473 doi:10.1016/j.foodchem.2006.04.002

Capuano, E., ve Fogliano V., 2011. Acrylamide And 5-Hydroxymethylfurfural (HMF): A Review On Metabolism,Toxicity, Occurrence In Food And Mitigation Strategies. Food Science And Technology,793-810

Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., ve Suri, S., 2020. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Formation, Occurrence and Potential Health Concerns: Recent Developments. Toxin Reviews 0(0): 1–17. https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1756857.

Chansataporn, W., Nopharatana, M., Samuhasaneetoo, S., Siriwattanayotin, S., ve Tangduangdee, C., 2019. Effects of temperature on the main intermediates and products of the Maillard reaction in a chicken breast meat model system, International Journal of Agricultural Technology, 15(4): 539-556

Çelebi Sezer, Y., 2021. Kayseri Piyasasında Satışa Sunulan Endüstriyel Tip Fermente, Kasap ve Isıl İşlem Gömüş Sucukların Biyojen Amin Miktarlarının Belirlenmesi. European Journal of Science and Technology doi:10.31590/ejosat.800887.

Danowska-Oziewicz, M., Karpińska-Tymoszczyk, M., ve Borowski, J., 2007. The effect of cooking in a steam-convection oven on the quality of selected dishes, 18(5), 187–197. doi:10.1111/j.1745-4506.2007.00065.x.

Delgado-Andrade, C., Morales, F. J., Seiquer, I., ve Navarro, M. P., 2010. Maillard reaction products profile and intake from Spanish typical dishes. 43(5), 0–1311. doi:10.1016/j.foodres.2010.03.018

Dilber, A., 2012. Koyun mekanik ayrılmış tavuk ve hindi etlerinin sucuğun bazı fizikokimyasal tekstürel ve duyusal özellikleri üzerine etkisinin optimizasyonu.

Doeun, D., Davaatseren M, Chung MS., 2017. Biogenic amines in foods. Food Science and Biotechnology, 26:1463-1474 doi:10.1007/s10068-017-0239-3.

Doğan, Y.N., Lenger, Ö. F., Düz, M., Doğan, I., ve Gürler, Z., 2020. Effects of wild type lactic acid bacteria on histamine and tyramine formation in sucuk. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 71(4): 2553-2558.

Düz, M., ve Fidan, A. F., 2016.Biyojen Aminler ve Etkileri. Kocatepe Veterinary Journaly, 9(2)114-121

Eerola, S., Hinkkanen, R., Lindfors, E., ve Hirvi, T., 1993. Liquid chromatographic determination of biogenic amines in dry sausages. Journal of AOAC International. 76,575-577.

EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), (2011). Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. EFSA Journal, 9,2393.

Ekici, K., vee Omer, A. K., 2018. The determination of some biogenic amines in Turkish fermented sausages consumed in Van. Toxicol Rep 5:639-643 doi:10.1016/j.toxrep.2018.05.008

Ensoy, U., Kolsarici, N., Candogan, K., ve Karslioglu, B., 2010. Changes in Biochemical and Microbiological Characteristics of Turkey Sucuks as Affected by Processing and Starter Culture Utilization. Journal of Muscle Foods 21:142-165

Ercan, S. Ş., Soysal S., ve Bozkurt H.,2017. Gıdalarda Bulunan Biyojen Aminlerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Derğisi, 3(2):534-550.

Ercoşkun, H., Çon, A.H., ve Gökalp, H.Y., 2000. Biyojenik aminler ve gıdalarda miokroorganizmalarca üretimi. Standard, 56-61.

Ercoşkun, H., Tagi, S., ve Ertas, A. H., 2010. The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. Meat Sci 85:174-181 doi:10.1016/j.meatsci.2009.12.022.

Ercoşkun, H., 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermantasyon süresinin etkileri.

Estevez, M., Ventanas, S., ve Cava, R., 2006. Protein Oxidation in Frankfurters with Increasing Levels of Added Rosemary Essential Oil: Effect on Color and Texture Deterioration. Food Chem Tox; **7**:427-432.

Ergezer, H., Gökçe, R., Elgin, Ş., ve Akcan T., 2018. Effects of cornelian cherry (Cornus mas L.) extract on quality characteristics of sucuk. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 24:1376-1381 doi:10.5505/pajes.2018.00921

Erkmen, O., ve Bozkurt, H., 2004. Quality characteristics of retailed sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Food Technol Biotechnol 42:63-69

Ertaş, N., ve Doğruer, Y., 2010. Besinlerde tekstür, Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 7(1): 35-42.

Galgano, F., Favati, F., Bonadio, M., Lorusso, V., ve Romano, P., 2009. Role of biogenic amines as index of freshness in beef meat packed with different biopolymeric materials. Food Res. Int., 42(8):1147-1152. DOI: 10.1016/j.foodres.2009.05.012.

Gençcelep, H., 2006. Sucuk üretiminde değişik starter kültürler ve farklı nitrit seviyelerinin biyojen amin oluşumu üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Erzurum.

Gedik, A., 2001. Kuru Soğanların Kurutulması ve Depolanması Sırasında Bazı Kalite Karakteristiklerinin (Renk, Aroma) Bozunma Kinetiği ve Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 92s.

Göğüş, F., Bozkurt, H., ve SAMI, E., 1998. Nonenzymic Browning Reactions In Multi Sugar And Amino Acid Systems, 22(2), 81–90. doi:10.1111/j.1745-4549.1998.tb00806.x

Gökalp, H. Y., Kaya, M., ve Zorba, Ö. 2015. Et ve Et Ürünleri İşleme Mühendisliğ, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi

Gök, V., 2006. Antioksidan kullanımının fermente sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkileri, Doktora tezi. Ankara Üni. Fen. Bil. Enst., Ankara.

Jaguey-Hernández, Y., Aguilar-Arteaga, K., Ojeda-Ramirez, D., Añorve-Morga, J., González-Olivares, L. G., ve Castañeda-Ovando, A. 2021. Biogenic amines levels in food processing: Efforts for their control in foodstuffs. Food Research International, doi:10.1016/j.foodres.2021.110341.

Halász, A., Barath, A., Simon-Sarkadi, L., ve Holzapfel, W., 1994. Biogenic Amines and Their Production by Microorganisms In Food, Trends in Food Science and Technology.5: 42-49.

Huda, N., Lin, O. J., Ping, Y. C. ve Nurkhoeriyati, T., 2010. Effect of Chicken and Duck Meat Ratio on the Properties of Sausage, International Journal of Poultry Science 9(6): 550 555.

İnce, E., 2017. Fermente ve Isıl İşlem Görmüş Sucuklarda Histolojik İncelemeler, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Kaban, G., Bayraktar, F., Jaberi, R., Fettahoglu, K., ve Kaya, M., 2022. Effects of NaCl substitution with KCl on quality properties of heat-treated sucuk during the production stages. J Food Nutr Res 61:43-52

Kaban, G., ve Bayrak, D. 2015. The Effects of Using Turkey Meat on Qualitative Properties of Heat-Treated Sucuk. Czech Journal of Food Sciences, 377–383.

Kara, R., ve Akkaya, L., 2010. Geleneksel ve Isıl işlem Uygulanarak Üretilen Türk Sucuklarında *Salmonella typhimurium*'un Gelişimi. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt:5, No: 3, 1-8.

Karahan, A. G., 2003. Gıdalarda Biyojen Aminler, Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 21-32.

Kargozari, M., Moini, S., Basti, A.A., Emam-Djomeh, Z., Ghasemlou, M., Martin, R.I., Gandomi, H., Carbonell-Barrachina, A. A., ve Szumny, A., 2014. Development of Turkish Dry-Fermented Sausage (Sucuk) Reformulated with Camel Meat and Hump Fat and Evaluation of Physicochemical, Textural, Fatty Acid and Volatile Compound Profiles During Ripening LWT. Food Science and Technology, 59:849- 858.

Karovicova, j. ve Kohajdova, Z., 2005. Biogenic Amines in Food, Chem. Pap. 59 (1) 70-79.

Kaya, M. ve Kaban, M., 2019. Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss.157- 195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.

Kerimoğlu, B. Ö., Kavuşan, H. S., Gürel, D. B., Çağındı, Ö., ve Serdaroğlu, M. 2021. Cold-set or hot-set emulsion gels consisted of a healthy oil blend to replace beef fat in heat-treated fermented sausages. Meat Science, 1-10.

Kerimoğlu, B. Ö., Nacak, B., Özyurt, V. H., ve Serdaroğlu, M., 2019. Protein oxidation and in vitro digestibility of heat-treated fermented sausages: How do they change with the effect of lipid formulation during processing? Food Biochemistry, 1-13.

Keskin, H., 1981. Besin Kimyası. I. Cilı (4. Baskı). Fatih Yayınevi ve Matbaası, İstanbul

Kocadağlı, T., Hamzalıoğu, B.A., Taş, N. ve Gökmen, V., 2014. Gıdalarda Isıl İşlem Sırasında Oluşan Zararlı Bileşikler (İ. SALDAMLI editör). Gıda Kimyası, 4.baskı, Hacettepe Üniversitesi Hastaneleri Basımevi, Ankara, s. 479-520.

Kolsarıcı, N., 2005. Hindi Sucugu Üretiminde Starter Kültür ve Isıl işlem Uygulamasının Ürün Kalitesine Etkisi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Ankara

Komprda, T., Neznalova, J., Standara, S., ve Bover-Cid, S. 2001. Effect of starter culture and storage temperature on the content of biogenic amines in dry fermented sausage polic˘an. Meat Science, 267–276.

Komprda, T., Sladkova, P., ve Dohnal, V., 2009. Biogenic amine content in dry fermented sausages as influenced by a producer, spice mix, starter culture, sausage diameter and time of ripening. Meat Sci 83:534-542 doi:10.1016/j.meatsci.2009.07.002

Konica, M., 2007. Precise color communication color control from perception to instrumentation. https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/pdf/color_communication.pdf Accessed 15 Haziran 2018

Kurt, Ş., ve Zorba, Ö., 2009. The effects of ripening period, nitrite level and heat treatment on biogenic amine formation of "sucuk" – A Turkish dry fermented sausage. Meat Science, 82(2), 179–184.

Łaszkiewicz, B., Piotr S., Dorota Z., ve Danuta K., 2021. Application of Lactiplantibacillus Plantarum Sch1 for the Bioconservation of Cooked Sausage Made from Mechanically Separated Poultry Meat. Applied Sciences (Switzerland), 1–17. https://doi.org/10.3390/app11041576

Lee, S. K., Kim, Y. S., Kim, J. Y., Song, ve Y. H. 2001. Effect of muscle pH and display conditions on surface color in Hanwoo (Korean Native Cattle) Beef. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, 14,365-371.

Leroy, F., Geyzen A., ve Janssens, M., 2013. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition: A historical outlook. Trends in Food Science and Technology 31: 130-137.

Li, Y. Z., Geng, Y. K., Shi, D., Li, R. T., Tang, J., Lu, S. L.., 2023. Impact of Coreopsis tinctoria Nutt. Essential oil microcapsules on the formation of biogenic amines and quality of smoked horsemeat sausage during ripening, Meat Sci 195 doi:ARTN 109020 10.1016/j.meatsci.2022.109020.

Lorenzo, J. M., Martínez, S., Franco, I., ve Carballo, J. 2007. Biogenic Amine Content During The Manufacture Of Dry-Cured Lacón, A Spanish Traditional Meat Product: Effect Of Some Additives, Meat Science, 77:287-293.

Martuscelli, M., Crudele, M. A., Gardini, F., ve Suzzi, G., 2000. Biogenic amine formation and oxidation by Staphylococcus xylosus strains from artisanal fermented sausages. Lett Appl Microbiol 31:228-232 doi:DOI 10.1046/j.1365-2672.2000.00796.x

Mafra, I., Herbert, P., Santos, L., Barros, P., ve Alves, A., 1999. Evaluation of Biogenic Amines in Some Portuguese Quality Wines by HPLC Fluorescence Dedection of OPA Derivatives. American Journal of Enology and Viticulture. 50(1):128- 132.

Manzoor, A., Ahmed, S. ve Yousuf, B., 2022. Effect Of Bioactive-Rich Mango Peel Extract On Physicochemical, Antioxidant And Functional Characteristics Of Chicken Sausage, Applied Food Research, https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100183.

Marco, A., Navarro, J. L., ve Flores, M., 2007. The sensory quality of dry fermented sausages as affected by fermentation stage and curing agents. European Food Research and Technology, 226(3), 449–458. doi:10.1007/s00217-006-0556-x.

Meilgaard, M. C., Carr, B. T., ve Civille, G. V., 2006. Sensory evaluation techniques. CRC press. s.424.

Mertoğlu, T. Ş., 2015. Portakal Suyunun Bileşimi ve Hmf Oluşum Kinetiği Üzerine Isıl İşlem Ve Depolamanın Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Miguélez-Arrizado, M.J., Bover-Cid, S., Latorre-Moratalla, M. L., ve Vidal-Carou, M. C., 2006. Biogenic amines in Spanish fermented sausages as a function of diameter and artisanal or industrial origin. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86(4): 549-557.

Miller, M. F., Anderson, M. K., Ramsey, L. B., ve Reagan, J. O., 1993. Physical and sensory chatecteristic of Low fat Ground Beef Patties. J.Food Sci., 58(3); 461-463.

Oliveira, M., Ferreira, V., Magalhães, R., ve Teixeira, P. 2018. Biocontrol Strategies for Mediterranean-styleFermented Sausages. Food Research International, 438–449.

Oral, Z. F. Y., ve Kaban, G., 2021. Effects of autochthonous strains on volatile compounds and technological properties of heat-treated sucuk. Food Biosci 43 doi:ARTN 101140 10.1016/j.fbio.2021.101140

Özhan, N. B., 2008. Depolama Süresince Keçiboynuzu Pekmezinde Enzimatik Olmayan Esmerleşme Reaksiyonları Kinetiği. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,Gıda mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 49 s.

Özdestan, Ö., 2009.Türkiye'de Üretilen Bazı Fermente Gıdalarda Biyojen Aminlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özdestan, Ö., ve Üren, A., 2012. Gıdalarda Biyojen Aminlerle İlgili Yasal Düzenlemeler, Gıda ve Yem Bilimi- Teknoloji Dergisi, 27-40

Papavergou, E. J., 2011. Biogenic Amine Levels in Dry Fermented Sausages Produced and Sold in Greece. Procedia Food Science, 1126 – 1131.

Rabie, M. A., Peres, C., ve Malcata, F. X., 2014. Evolution of amino acids and biogenic amines throughout storage in sausages made of horse, beef and turkey meats. Meat Sci 96:82-87 doi:DOI 10.1016/j.meatsci.2013.05.042.

Rice, S.L., Eitenmiller, R.R. and Koehler, P.E. (1976) Biologically active amines in food: A review. Journal of Milk and Food Technology 39, 353– 358.

Rigdon, M., Stelzleni, A. M., McKee, R. W., Pringle, T. D., Bowker, B., Zhuang, H., ve Thippareddi, H., 2021. Texture and quality of chicken sausage formulated with woody breast meat. Poultry Science, 100(3), 100915. doi:10.1016/j.psj.2020.12.014

Saldamlı, I., 1998. Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara: 60-62.

Sallan, S., Kaban, G., ve Oğraş, Ş. Ş., Çelik, M., ve Kaya, M., 2019. Nitrosamine formation in a semi-dry fermented sausage: Effects of nitrite, ascorbate and starter culture and role of cooking. Meat Science, *107917*. doi:10.1016/j.meatsci.2019.107917.

Santos, M. S., 1996. Biogenic amines: their importance in foods. International Journal of Food Microbiology, 213-231.

Saricoban, C., ve Unal K (2022) Influence of pre-treated bitter orange albedo on the physicochemical, textural and sensory properties of fermented sausages (sucuk). J Food Sci Tech Mys 59:1478-1486 doi:10.1007/s13197-021-05158-6

Shalaby, A. R., 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. 29(7), 0–690. doi:10.1016/s0963-9969(96)00066-x.

Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. İ., ve Gan S. H., 2018. 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) Levels in Honey and Other Food Products: Effects on Bees and Human Health. Chemistry Central Journal 12(1): 1–18. https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3.

Sinell, H. J., 1978. Biogene Amino als Risikofaktoren in der Fischhygiene, Archiv für Lebensmittelhygine, (29), 206-210.

Soncu, E. D., Arslan, B., Erturk, D., Kucukkaya, S., Ozdemir, N., ve Soyer, A., 2018. Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of turkish fermented sausages (sucuk) coated with chitosan-essential oils. LWT-Food Science and Technology, 97: 198-204.

Sun, Q. X., Zhao, X. X. , Chen, H. S., Zhang, C., ve Kong, B. H., 2018. Impact of spice extracts on the formation of biogenic amines and the physicochemical, microbiological and sensory quality of dry sausage. Food Control 92:190-200 doi:10.1016/j.foodcont.2018.05.002

Suzzi, G., ve Gardini F., 2003. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. 88(1), 41–54. doi:10.1016/s0168-1605(03)00080-1

Sezer, Y. Ç., 2021. Kayseri Piyasasında Satışa Sunulan Endüstriyel Tip Fermente, Kasap ve Isıl İşlem Görmüş Sucukların Biyojen Amin Miktarlarının Belirlenmesi . Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi , (23) , 43-51 . DOI: 10.31590/ejosat.800887

Suzzi,G. ve Gardini F., 2003. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review, 88(1), 41–54. doi:10.1016/s0168-1605(03)00080-1.

Suzzi, G., ve Torriani, S., 2015. Editorial: Biogenic amines in foods. Frontiers in Microbiology, 6. doi:10.3389/fmicb.2015.00472

Soyer, A., 2002. Fermente et ürünlerinde kaliteyi etkileyen iç faktörler. Gıda, 27(1): 15-19.

Şahan, Ü., Yılmaz Dikmen, B., ve Sözcü, A., 2015. Kırsal Kalkınma Paradigması ve Yeni Arayışlar, Tavukçuluk Sektörünün Gelişimi, Üretim Potansiyeli ve Karşılaşılan Sorunlar, Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, Ankara

Şenöz, B., Işıklı, N., ve Çoksöyler, N. 2000. Biogenic Amines in Turkish Sausages (Sucuks). , 65(5), 764–767.

TİGEM., 2021. 2020 Yılı Hayvancılık Sektör Raporu, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü. Ankara

Toldra, F., Hui, Y. H., Astiasaran, I., Sebranek, J. G. ve Talon, R., 2015. Handbook of Fermented Meat and Poultry, Wiley Blackwell, 532s.

Topal, D., 2021. Fermente Sucuk Üretiminde Farklı Kalibrede Kılıf Kullanımının Bazı Kalite Özellikleri Ve Biyojen Amin İçeriği Üzerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Turhan, E. U., Erginkaya, Z., ve Selli. S., 2017. The effect of microencapsulated Lactobacillus rhamnosus and storage period on aroma properties of Turkish dry-fermented sausage (sucuk). J Food Meas Charact 11:2131-2141 doi:10.1007/s11694-017-9597-z

Usan, E., Kilic, G. B., ve Kilic, B., 2022. Effects of Aloe vera utilization on physochemical and microbiological properties of Turkish dry fermented sausage. J Food Sci Tech Mys 59:1727-1738 doi:10.1007/s13197-021-05183-5

Xiang, R., Cheng, J. R., Zhu, M. J., ve Liu, X. M., 2019. Effect of mulberry (Morus alba) polyphenols as antioxidant on physiochemical properties, oxidation and bio-safety in Cantonese sausages. LWT-Food Sci Technol 116 doi:ARTN 108504 10.1016/j.lwt.2019.108504

Yalçın, H., Can, Ö. P., ve Türkoğlu, M. (2012). Mersin İlinde Tüketime Sunulan Salam, Sosis ve Sucuklardaki Kalıntı Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Belirlenmesi, Gıda, 37 (1) , 33-37 . https://dergipark.org.tr/tr/pub/gida/issue/6923/92460

Yan, X. L., Yang, L., Zhang, Y. N., Han, W. Y., ve Duan, Y., 2022. Effect of collagen casing on the quality characteristics of fermented sausage. Plos One 17 doi:ARTN e0263389 10.1371/journal.pone.0263389

Yerlikaya, P., ve Gökoğlu, N., 2002. Gıdalarda Biyojen Aminler ve Önemi, Gıda Mühendisliği Dergisi, 24-30

Yücesoy, F. ve Kaya, H., 2022. Kanatlı Et Kalitesi Üzerine Beslemenin Etkisi. Palandöken Journal of Animal Sciences Technology and Economics, 1(1), 42-53, https://dergipark.org.tr/en/pub/paste/issue/71334/1149004

Zinina, O., Merenkova, S., Soloveva, A., Savostina, T., Sayfulmulyukov, E., Lykasova, I., ve Mizhevikina, A., 2018. The effect of starter cultures on the qualitative indicators of dry fermented sausages made from poultry meat. Agron Res 16:2265 2281 doi:10.15159/AR.18.199

Zhang, L., Kong, Y., Yang, X., Zhang, Y., Sun B., Chen, H., ve Sun, Y.,2019. Kinetics of 5-Hydroxymethylfurfural Formation in the Sugar–Amino Acid Model of Maillard Reaction. Journal of the Science of Food and Agriculture , 2340–47.

ÖZGEÇMİŞ

Hilal CAN KOYUNCU, İlkokulu Kilis'te, ortaokul ve lise öğrenimini Kozan'da tamamladı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı. 2020 yılında mezun oldu. 2020 yılında Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

EKLER

EK 1. Duyusal Değerlendırme Formu

Adı-Soyadı: **Yaş:**

Çizelge 1- Isıl işlem görmüş sucuğun duyusal özellikleri

Özellik	Değer
Renk ve Görünüş	Kendine özgü renk ve görünüşte olmalıdır. Sucuğun kılıf bütünlüğü bozulmamış olmalı, kılıf ile dolgu arasında boşluk bulunmamalı, yapışkanlaşma (likalanma) olmamalı, kesit yüzeyi mozaik görünümünde olmalıdır
Tat ve Koku	Kendine özgü tat ve kokuda olmalı, yabancı tat ve koku ihtiva etmemelidir.
Yabancı madde	Bulunmamalıdır.

Kaynak: Türk Standardı, TS 13297/Nisan 2016

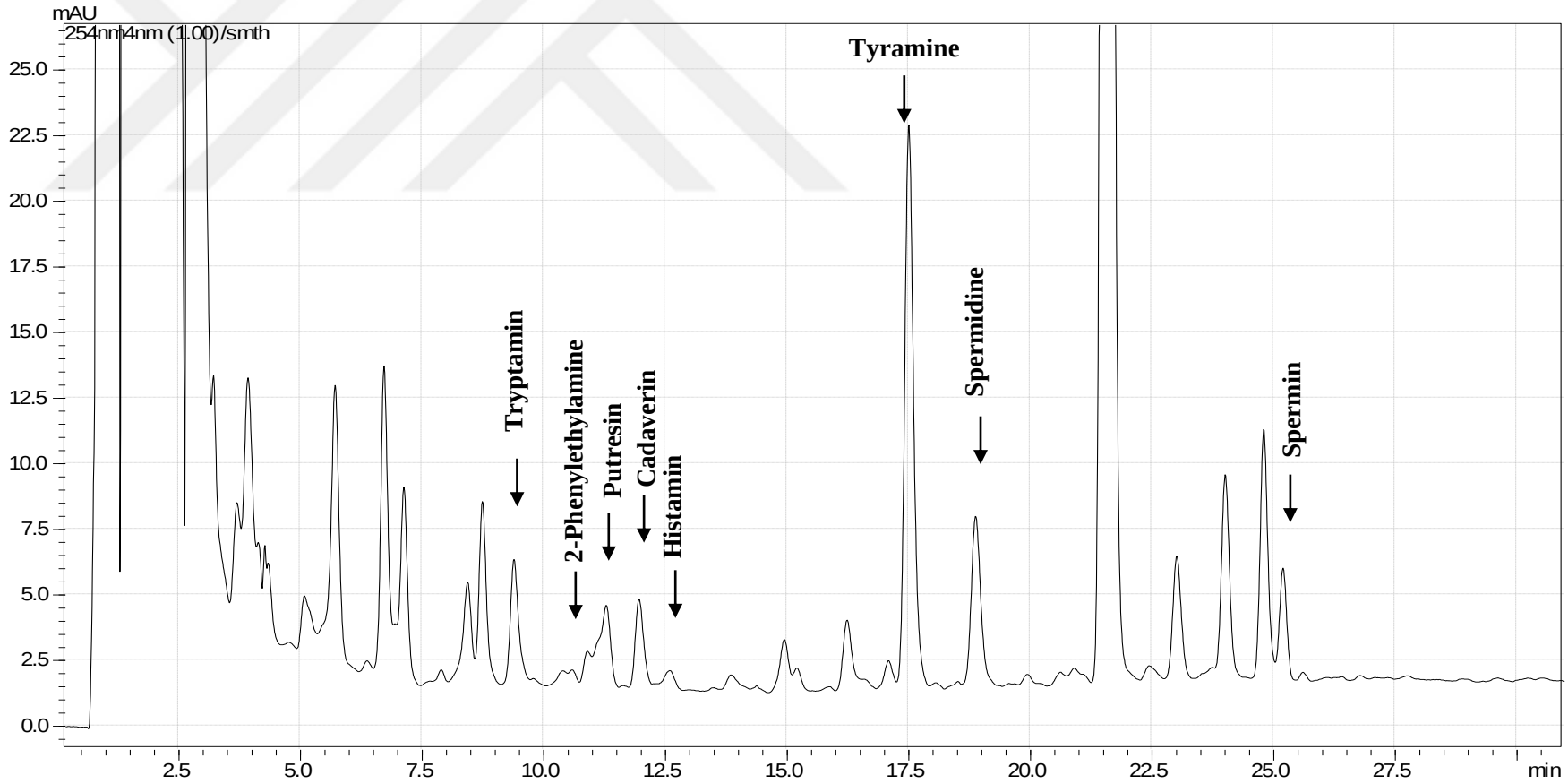
Örnek için değerlendirilen "ÖZELLİK" ile ilişkili hissettiğinizi en iyi yansıtan puanı yazınız.

Hiç Beğenmedim	Çok Beğenmedim	Orta Derecede Beğenmedim	Biraz Beğenmedim	Ne Beğendim Ne Beğenmedim	Az Beğendim	Orta Derecede Beğendim	Çok Beğendim	Çok Fazla Beğendim
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ÖZELLİKLER	GÖRÜNÜŞ	RENK
Isıl işlem görmüş sucuk **"PİŞİRİLMEMİŞ"**		

ÖZELLİKLER	GÖRÜNÜŞ	RENK	KOKU-AROMA	TAT	TEKSTÜR	GENEL İZLENİM
Isıl işlem görmüş sucuk **"PİŞİRİLMİŞ"**						

Ek 2. Biyojen Amin HPLC Kromatogramı



Ek 3. HMF ve Furfural HPLC Kromatogramı (275nm ve 285nmde)

