

**FARKLI HARDAL TOHUMLARININ KÖFTELERİN BAZI KALİTE
KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR

DANIŞMAN

Doç. Dr. Veli GÖK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EKİM, 2014

Bu tez çalışması 13.FEN.BİL.33 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI HARDAL TOHUMLARININ KÖFTELERİN BAZI
KALİTE KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR

DANIŞMAN

Doç. Dr. Veli GÖK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

EKİM, 2014

TEZ ONAY SAYFASI

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR tarafından hazırlanan “Farklı hardal tohumlarının köftelerin bazı kalite karakteristikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi” adlı tez çalışması lisanüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 24/10/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Veli GÖK

Başkan : Doç. Dr. Veli GÖK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Abdullah Kemal SEÇKİN
Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve
Mühendislik Fakültesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gökhan AKARCA
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinin yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

17/11/2014

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI HARDAL TOHUMLARININ KÖFTELERİN BAZI KALİTE
KARAKTERİSTİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veli GÖK

Bu araştırmada, öğütülmüş hardal tohumunun köftelerin bazı kalite karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada hardal tohumu içermeyen grup kontrol örneği olarak, farklı renkte, farklı konsantrasyonlarda ve farklı uygulamalarda toplam 13 farklı grup köfte örneği hazırlanmıştır. Çalışmada köfte örneklerinin nem, pH, TBA, renk, mikrobiyolojik ve duyu analizleri ve bu köftelere ilave edilen hardal tohumlarının kimyasal, antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriği analizi yapılmıştır.

Duyu değerlendirilmede yüzey rengi puanlarını en yüksek SN2 örneği almışken en düşük BO2 örneği almıştır. Depolama süresince örneklerin yüzey puanları önemli derecede düşmüştür ($p<0,05$). Örneklerin yüzey görünüş puanları karşılaştırıldığında depolama boyunca en yüksek puanı SO1 en düşük puanı KN1 örneği almıştır. Numunelerin tat ve aroma puanlarının değerlendirilmesinde depolama sonunda SO1 en yüksek puanları almışken, BO2 örnekleri en düşük puanı almıştır. Örneklerin genel beğeni değerlendirilmesi sonunda en çok beğenilen örneklerin SO1 ve SN1 örneklerinin olduğu, en az beğenilen örnek ise BO2 örneği olduğu görülmüştür. Otoklav işleminin yapılması ve hardal konsantrasyonunun artırılması duyu açıdan örneklerin puanını genellikle düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Köfte örneklerinde yapılan TBA analizinde depolama sonunda (15. gün) en düşük TBA sayısı SO₂ örneğinde (0,61 mg malonaldehit/kg) görülmüşken, en yüksek TBA sayısı kontrol (1,29 mg malonaldehit/kg) örneğinde görülmüştür (p<0,05). Ayrıca otoklavlı örnekler ile ısıt işlem uygulanmamış hardal ilaveli köfte örnekleri karşılaştırıldığında otoklav uygulamasının TBA sayısını önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir (p<0,05).

Yapılan mikrobiyolojik analizlerde depolama boyunca en düşük TMAB yükü SO₂ örneklerinde görülmüşken en yüksek kontrol örneklerinde görülmüştür. TPAB yükleri açısından depolama süresince köfte örnekleri mukayese edildiğinde kontrol örneği en fazla, SO₂ örneği en az yüke sahip olduğu tespit edilmiştir. Maya-küf yükleri açısından depolama boyunca kontrol örneği en fazla, SO₂ örneği en az yüke sahip olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre hardal ilavesi ve otoklav uygulaması olumlu sonuç vermiş ve mikroorganizmaların inhibisyonunda az da olsa etkili olduğu saptanmıştır.

2014, xiv + 88 sayfa

Anahtar Kelimeler: Köfte, hardal tohumu, antioksidan aktivite, TBA, duyu analizi, fenolik madde

ABSTRACT

M.Sc Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT GROUND MUSTARD SEED ON SOME QUALITY CHARACTERISTICS OF MEATBALLS

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veli GÖK

In this research, ground different mustard seeds on some quality characteristics of the meatballs were investigated. In the labor; as noninclusive mustard seed group control sample, total 13 separate group meatball samples are prepared in different color, concentrations and practices. In study moisture, pH, TBA, colour, micbiological and sensory analysis of meatballs samples and added to this meatballs chemical, antioxidant activity and phenolic content analysis of mustard seeds was performed.

While SN2 sample scores the highest surface color point in sensory evaluation, BO2 scores the lowest point. Throughout storage, samples' surface points decrease substantially ($p<0,05$). When examples of surface appearance points are compared, throughout storage, SO1 scores the highest, KN1 scores the lowest mark. In the evaluation of taste and aroma of samples; when SO1 scores the highest marks, BO2 scores the lowest mark at the end of storage. At the end of general appreciation assessment it is seen that SO1 and SN1 are the most liked, BO2 sample is the less liked. It is observed that performance of autoclave process and increasing of mustard concentration decrease samples' from sensorial angle.

In the TBA analysis of the samples of meatball; when the lowest TBA count is seen in SO₂ samples (0,61 mg malonaldehit/kg), the highest TBA count is seen in control sample (1,29 mg malonaldehit/kg) (p<0,05). Also, when autoclaved samples and non-heat treated added mustard meatball samples are compared, it is determined that autoclave process reduces TBA count significantly (p<0,05).

Made in microbiological analyses; thoroughout storage, when the lowest TMAB load (total mesophile aerob bacteria) is seen in SO₂ samples, the highest mark is seen in control samples. From the point of TPAB loads; thoroughout storage, when the meatball samples are compared, it is determined that, the control sample holds maximal, SO₂ sample holds lowest load. By this results, it is determined that mustard addition and autoclave process bring to a successful conclusion and influence microorganisms' inhibiton at the least.

2014, xiv + 88 pages

Key Words: Meatball, mustard, antioxidant, TBA, sensory properties, phenolic compound.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince bilgisiyle ve sabrıyla bana yardımcı olan ve her zaman bir adım sonrasını görmemi sağlayan Sayın Doç. Dr. Veli GÖK'e,

Tecrübesiyle yol gösteren ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda çalışma imkanını sağlayan Sayın Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR'a,

Laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Gökhan AKARCA'ya ve Öğr. Grv. Oktay TOMAR'a

Yüksek lisans süreci boyunca bana hoşgörüle yaklaşan ve çalışmamı destekleyen İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Bülent NAZLI'ya

Çalışmamda yardımını esigemeyen İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Laboratuvar Sorumlusu Sayın Bilal ÇAKIR'a

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen ve yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Fon Müdürlüğü (13.FEN. BİL.33) tarafından desteklenmiştir. Kuruma teşekkürü borç bilirim.

Muhammed Yusuf ÇAĞLAR
AFYONKARAHİSAR, 2014

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | iii |
| TEŞEKKÜR | v |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ | 4 |
| 2.1 Köfte ve Çeşitleri | 4 |
| 2.2 Et Lipitleri ve Lipit Oksidasyonu | 5 |
| 2.3 Antioksidanlar ve Sınıflandırılması | 9 |
| 2.4 Hardal | 13 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 20 |
| 3.1 Materyal | 20 |
| 3.1.1 Deneme Planı | 20 |
| 3.2 Metot | 21 |
| 3.2.1 Hardal Tohumlarının Hazırlanması | 21 |
| 3.2.2 Köftelerin Hazırlanması | 21 |
| 3.3 Analiz Metotları | 22 |
| 3.3.1 Nem Tayini | 22 |
| 3.3.2 Protein Miktarının Belirlenmesi | 22 |
| 3.3.3 Yağ Miktarının Belirlenmesi | 22 |
| 3.3.4 Kül Oranının Belirlenmesi | 22 |
| 3.3.5 Hardal Tohumlarının Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi | 23 |
| 3.3.5.1 Fenolik Bileşiklerin Standartlarının Hazırlanması | 23 |
| 3.3.5.2 Örnek Hazırlama | 23 |
| 3.3.5.3 Kromatografik analiz koşulları | 24 |
| 3.3.6 Hardal Tohumlarının Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi | 24 |
| 3.3.6.1 Örnek Ekstraktlarının Hazırlanması | 24 |
| 3.3.6.2 Serbest Radikal Giderme Etkisinin Saptanması | 25 |
| 3.3.6.3 Fe ⁺² ile Şelat Yapma Aktivitesinin Saptanması | 26 |
| 3.3.6.4 H ₂ O ₂ Giderme Etkisinin Saptanması | 26 |

| | |
|--|----|
| 3.3.6.5 Toplam Fenolik Madde Miktarı..... | 27 |
| 3.3.7 pH Tayini..... | 27 |
| 3.3.8 Renk Analizi..... | 27 |
| 3.3.9 Tiyobarbütirik Asit Değerinin (TBA) Tayini..... | 28 |
| 3.3.10 Mikrobiyolojik Analizler..... | 28 |
| 3.3.10.1 Numunelerin Analize Hazırlanması | 28 |
| 3.3.10.2 Toplam Mezofil Aerob Bakteri (TMAB) ve Toplam Psikrofil Aerob Bakteri (TPAB) Sayımı | 29 |
| 3.3.10.3 Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayımı..... | 29 |
| 3.3.10.4 Maya Küf Sayımı..... | 29 |
| 3.3.11 Duyusal Analizler..... | 29 |
| 3.3.12 İstatiksel Analizler..... | 30 |
| 4. BULGULAR | 31 |
| 4.1 Hardal Unlarının Kimyasal Bileşimi | 31 |
| 4.2 Hardal Tohumlarının Fenolik Madde İçeriği..... | 32 |
| 4.3 Hardal Tohumlarının Antioksidan Aktiviteleri..... | 33 |
| 4.4 Nem..... | 36 |
| 4.5 pH..... | 38 |
| 4.6 Renk | 40 |
| 4.6.1 L* (Parlaklık) Değeri | 40 |
| 4.6.2 a* (Kırmızılık) Değeri..... | 43 |
| 4.6.3 b* (Sarılık) Değeri..... | 45 |
| 4.6.4 C* Değeri | 47 |
| 4.6.5 h* Değeri | 49 |
| 4.7 Tiyobarbütirik Asit Değeri (TBA)..... | 50 |
| 4.8 Mikrobiyolojik Sonuçları..... | 53 |
| 4.8.1 Toplam mezofil aerob bakteri sayım sonuçları (TMAB Sayısı)..... | 53 |
| 4.8.2 Toplam Psikrotrof Aerob Bakteri (TPAB) Sayım Sonuçları | 55 |
| 4.8.3 Toplam Koliform Bakteri (TKB) Sayım Sonuçları..... | 57 |
| 4.8.4 Maya-Küf Sayım Sonuçları..... | 59 |
| 4.9 Duyusal Analiz Sonuçları | 61 |
| 5. SONUÇ..... | 71 |
| 6. KAYNAKLAR..... | 74 |
| 6.1 İnternet Kaynakları | 87 |

| | |
|---------------|----|
| ÖZGEÇMİŞ..... | 88 |
|---------------|----|

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

| | |
|------------------|--------------------|
| H ⁺ | Hidrojen iyonu |
| RH | Yağ asidi |
| R [·] | Alkil radikali |
| ROO [·] | Peroksit radikali |
| ROOH | Hidroperoksit |
| ROOR | Oksidasyon ürünü |
| Fe | Demir |
| ppm | Milyonda bir birim |
| <i>a</i> * | Kırmızılık |
| <i>b</i> * | Sarılık |
| <i>L</i> * | Parlaklık |

Kısaltmalar

| | |
|---------|--|
| BHA | Bütillenmiş hidroksianisol |
| BHT | Bütillenmiş hidroksitoluen |
| DPPH | (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) |
| EDTA | Etilendiamintetraasetikasit |
| AC-0,02 | %0,02 askorbik asit ilave edilmiş kıyım örneği |
| MK-0,1 | %0,1 hardal yaprağı ekstraktı ilave edilmiş kıyım örneği |
| MK-0,2 | %0,2 hardal yaprağı ekstraktı ilave edilmiş kıyım örneği |
| SN | Normal sarı hardal tohumu |
| SO | Otoklavlı sarı hardal tohumu |
| KN | Normal kahverengi hardal tohumu |
| KO | Otoklavlı kahverengi hardal tohumu |
| BN | Normal siyah hardal tohumu |
| BO | Otoklavlı siyah hardal tohumu |
| SN1 | %1 Normal sarı hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| SN2 | %2 Normal sarı hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| SO1 | %1 Otoklavlı sarı hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| SO2 | %2 Otoklavlı sarı hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| KN1 | %1 Normal kahverengi hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| KN2 | %2 Normal kahverengi hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| KO1 | %1 Otoklavlı kahverengi hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| KO2 | %2 Otoklavlı kahverengi hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| BN1 | %1 Normal siyah hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| BN2 | %2 Normal siyah hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| BO1 | %1 Otoklavlı siyah hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| BO2 | %2 Otoklavlı siyah hardal tohumu ilave edilmiş örnek |
| CIE Lab | Commission Internationale de L'Eclairage, Uluslararası Aydınlatma Komisyonu <i>L</i> *, <i>a</i> * ve <i>b</i> * |
| THQ | Timohidrokinon |
| TBHQ | Tersiyer bütildihidroksikinon |
| TMAB | Toplam mezofil aerob bakteri |

| | |
|-----|--|
| TKB | Toplam koliform bakteri |
| W | Peynir altı suyu ilave edilmiş sosis örneği |
| M | Peynir altı suyu ile öğütölmüş hardal ilave edilmiş sosis örneği |
| SM | Otoklavlanmış hardal katkısı ilave edilen sosis örneği |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | |
|---|----|
| Şekil 2.1 İnegöl Köftesi..... | 4 |
| Şekil 2.2 Lipit oksidasyonun mekanizması (Khayat and Schwall, 1983). | 7 |
| Şekil 2.3 Lipit oksidasyonunda oluşan parçalanma ürünlerinin meydana geliş sırası (Khayat and Schwall, 1983). | 8 |
| Şekil 2.4 Glikozinolatların mirozinaz enzimi vasıtasıyla hidrolizi (Fahey <i>et al.</i> , 2001).16 | |
| Şekil 2.5 Sinapik asit (sol) ve p-hidroksibenzoikasitin kimyasal yapısı (Lorenzo, 2008). | 18 |
| Şekil 4.1 Hardal unlarının kimyasal bileşimi. | 31 |
| Şekil 4.2 Hardal tohumlarının fenolik madde içeriği. | 33 |
| Şekil 4.3 Hardal tohumlarının antioksidan aktivitesi değerleri. | 34 |
| Şekil 4.4 Hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin nem içerikleri..... | 37 |
| Şekil 4.5 Hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin pH değerleri. | 39 |
| Şekil 4.6 Köfte numunelerinin 0, 4, 7,15 gündeki L* değerleri. | 42 |
| Şekil 4.7 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki a* değerleri. | 45 |
| Şekil 4.8 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki b* değerleri. | 47 |
| Şekil 4.9 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki C* değerleri. | 48 |
| Şekil 4.10 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki h* değerleri. | 50 |
| Şekil 4.11 Köfte örneklerinin depolama boyunca TBA değerlerindeki değişimi (mg malonaldehit/kg). | 52 |
| Şekil 4.12 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı (logkob/g). .. | 51 |
| Şekil 4.13 Köftelerin toplam psikrotrof aerob bakteri (TPAB) sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g). | 57 |
| Şekil 4.14 Köftelerin koliform bakteri sayısına (TKB) hardal ilavesinin etkisi (log kob/g). | 59 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.15 Köftelerin maya-küf sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g). | 60 |
| Şekil 4.16 Köfte örneklerinin depolama süresince renk puanları. | 62 |
| Şekil 4.17 Köfte örneklerinin depolama süresince yüzey görünüş puanları. | 64 |
| Şekil 4.18 Köfte örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puanları. | 65 |
| Şekil 4.19 Köfte örneklerinin depolama süresince tekstür puanları. | 67 |
| Şekil 4.20 Köfte örneklerinin depolama süresince sululuk puanları. | 69 |
| Şekil 4.21 Köfte örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları. | 70 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| | |
|--|----|
| Çizelge 1.1 Günlük diyetteki beslenme bileşenleri (Jul,1979)..... | 1 |
| Çizelge 2.1 Çeşitli hayvanlardaki önemli yağ asitlerinin miktarı (g/100g). | 5 |
| Çizelge 2.3 Bazı baharatların esansiyel yağ oranı ve antimikrobiyal bileşiklerle konsantrasyonları. | 11 |
| Çizelge 4.1 Hardal unlarının kimyasal bileşimi. | 31 |
| Çizelge 4.2 Hardal tohumlarının fenolik madde içeriği (mg/kg). | 32 |
| Çizelge 4.3 Hardal tohumlarının antioksidan aktivitesi değerleri. | 34 |
| Çizelge 4.4 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin % nem içerikleri..... | 36 |
| Çizelge 4.5 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin pH değerleri. | 38 |
| Çizelge 4.6 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki L* değerleri..... | 41 |
| Çizelge 4.7 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki a* değerleri. | 44 |
| Çizelge 4.8 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki b* değerleri. | 46 |
| Çizelge 4.9 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki C* değerleri..... | 48 |
| Çizelge 4.10 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki h* değerleri. | 50 |
| Çizelge 4.11 Köfte örneklerinin depolama boyunca TBA değerlerindeki değişimi (mg malonaldehit/kg)..... | 51 |
| Çizelge 4.12 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı (log kob/g). | 53 |
| Çizelge 4.13 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam psikrofil aerob bakteri (TPAB) sayısı (log kob/g)..... | 56 |
| Çizelge 4.14 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam koliform bakteri (TKB) sayısı (log kob/g). | 58 |
| Çizelge 4.15 Köftelerin maya-küf sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g). | 59 |
| Çizelge 4.16 Köfte örneklerinin depolama süresince renk puanları. | 61 |

| | |
|---|----|
| Çizelge 4.17 Köfte örneklerinin depolama boyunca yüzey görünüş puanları. | 63 |
| Çizelge 4.18 Köfte örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puanları..... | 65 |
| Çizelge 4.19 Köfte örneklerinin depolama süresince tekstür puanları..... | 66 |
| Çizelge 4.20 Köfte örneklerinin depolama süresince sululuk puanları..... | 68 |
| Çizelge 4.21 Köfte örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları. | 70 |

1. GİRİŞ

Çağımızın en önemli problemlerinden biri, insanların yeterince beslenememesidir. Beslenmenin dengeli bir şekilde yapılabilmesi için, vücudun yapı taşlarını oluşturan ve biyolojik değeri yüksek olan besin maddelerinin alınması gerekmektedir. İnsan beslenmesinde etin önemi, başta yüksek oranda protein içermesi, proteinin biyolojik değeri ve sindirilebilirliğinin yüksek olması ile vücudu hastalıklara karşı koruyan maddeler ihtiva etmesidir (Ertaş, 1979).

Beslenme açısından önemli olan demirin miktarı ve sindirilebilirliği ette oldukça yüksektir. Bitkisel kaynaklı demir alımı %10 olmasına rağmen, ette bu oran %30 civarındadır. Ayrıca et demir içeren besinlerle beraber alındığında bitkisel kaynaklı demirin emilme oranını da arttırmaktadır. Et vitamince de zengin gıda kaynağıdır. Özellikle B1 vitamini miktarı oldukça yüksektir (Jul,1979).

Çizelge 1.1 Günlük diyetteki beslenme bileşenleri (Jul,1979).

| | Günlük diyet içeriği miktarı | Et tarafından karşılanan miktar |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Kalori | 3,508 | 450 |
| Protein, g | 105 | 36 |
| Kalsiyum, mg | 2,070 | 20 |
| Fosfat, mg | 2,210 | 345 |
| Demir, mg | 25 | 5 |
| B ₁ -vit, µg | 2,631 | 655 |
| B ₂ -vit, µg | 3,648 | 390 |
| B ₁₂ -vit, µg | 11 | 4 |
| C-vit, mg | 140 | 2 |

Et ürünlerinin ilk günlük tazeliğinin muhafaza edilmesi, tüketici için çok önemlidir. Taze etten elde edilen ve ülkemizde en çok tüketilen et ürünlerinden biride kıymadır. Kıymanın dayanma süresi kısa olduğu için evlerde kullanımında daha çok dondurma işlemi uygulanmaktadır. Dondurulan kıymanın tüketilmesi öncesi çözündürülmesi gerekmektedir.

Çözündürme işlemi genellikle ortam koşullarında uzun sürede yapılmaktadır. Çözündürme işlemi sırasında çevreden kontaminasyon sonucu etin bakteriyel yükü artmaktadır. Donma işlemine tabi tutulan et hijyenik kurallara tam uyulmadan elde edilmişse, etin kalitesi çözünme sırasında olumsuz şekilde etkilenir. Mikrobiyolojik kontaminasyon yanında çözündürme sırasında ette %3-5'e yaklaşan fire meydana gelmektedir (Yıldırım, 1992). Ette firenin olması tüketici açısından ekonomik yönden olumsuz bir noktadır.

Kıyma direkt tüketilebildiği gibi, işlenmiş et ürünlerinin başlıca hammaddesi olarak da değerlendirilmektedir. Köfte, sucuk, salam, sosis gibi ürünlerde et kıyma şeklinde kullanılmaktadır. Dondurma işlemi başta etin su tutma kapasitesi olmak üzere diğer fonksiyonel özelliklerini de azalttığı görülmüştür (Sadler and Swan,1997). Taze etin sürekli olarak tedarik edilmesi için kıymanın dayanma süresinin dondurulmaksızın uzatılması son zamanlarda üzerinde çalışma yapılan en önemli konudur (Sadler and Swan,1997).

Günümüzde artan et talebinin karşılanması için etin raf ömrünü artırmak amacıyla yapılan araştırmalar artmıştır. Raf ömrünün uzatılması amacıyla yapılan araştırmalarda göz önüne alınan konulardan biri etin tazelik özelliğinin depolama sürecinde korunmasıdır. Bunun yanında artan enerji maliyetlerinden dolayı uygulanacak işlemlerin hem ekonomik olması, hem de insan sağlığına olumsuz etkilerinin önlenmesi amacı güdülmektedir. Etin raf ömrünü sınırlandıran konular başlıca; etin mikrobiyal, kimyasal olarak bozulması ve renginin depolama periyodunda istenmeyen bir hal almasıdır (Gök, 2001).

Kalite kavramı ülkemizin et sektöründe gittikçe önem kazanmaya başlayan bir unsur durumuna gelmiş ve tüketime sunulan etlerin kalitesi; duyu özelliklerinin yanında kimyasal, fiziksel, teknolojik ve hijyenik özellikleri de içermektedir. Et ve et ürünleri üretiminde uygulanan tüm işlemler et kalitesini etkilemektedir. Et kalitesinin geliştirilmesi hem tüketici beğenisini hem de tüketici sağlığını ilgilendirmektedir. (Kahraman vd., 2006). Tüketiciler gıda hakkında bilgilendirilmeleri ile birlikte, gıdaların besin değerini kaybetmemesi, gıdaların mümkün olduğunca doğal olması ve daha güvenilir bir şekilde üretilmesi amaçlanmaktadır (Zorba ve Kurt, 2005).

Küreselleşen dünyada kadınların da iş hayatında daha aktif bir rol almaları ve çalışma hayatlarındaki yoğunluk nedeniyle, insanlar mümkün olduğu kadar pratik gıdalar tüketmeye yönelmiştir. Ülkemizde ve dünyada köfte, pratik olarak tüketilen ve oldukça sevilen et ve et ürünleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye’de ve dünyanın birçok ülkesinde köfte üretimi et sanayinde önemli bir yere sahiptir. Köfteye farklı ülke ve yörelerde pek çok çeşit baharat, doğal bitki ve çeşitli katkı maddeleri ilave edilmektedir. İlave edilen bu maddelerin çeşit ve miktarı, üretilen ürünün çeşidine, pazar şartlarına ve ürünün üretildiği bölgeye, hatta yöreye göre değişmektedir. Geleneksel formülle yapılan ürünlere değişik ve farklı oranlarda, çeşitli maddeler ilave edildiğinden son ürün kalitesi ve duyuşal özellikler üründen ürüne farklılık göstermekte ve çeşitlilik artmaktadır (Gökalp vd. 1994, Varnam *et al.*, 1995).

Günümüzde, yağ ve yağlı gıda ürünlerinde oksidasyonla bozulmayı önlemek için yaygın olarak kullanılan sentetik antioksidanlar bütillenmiş hidroksianizol (BHA) ve bütillenmiş hidroksitoluen (BHT)’dir (Selvi vd., 2003). Son zamanlarda, gıda ürünlerinde lipid oksidasyonunu önleme, duyuşal ve besinsel kalite kaybını korumak amacıyla kullanılan söz konusu yapay katkı maddelerinde sağlık açısından ciddi tereddütler ortaya çıkmış ve bazı ülkelerde gıdalara katılmaları sınırlanmış veya yasaklanmıştır. Ayrıca, yapay antioksidanlar yüksek sıcaklıklarda uçucu ve kolayca bozulan maddeler olduklarından istenmeyen lezzet meydana getirdiği belirlenmiştir (Fernandez-Lopez *et al.*, 2005). Tüketiciler bu sebepten dolayı doğal antioksidanları sentetik olanlara tercih etmektedir. Tüketici eğiliminden dolayı uzun zamandan beri, besinlerin tat ve koku gibi özelliklerini geliştirmek amacıyla katkı olarak kullanılan baharat ve doğal aromatik bitkiler gittikçe önem kazanmıştır. Bu bitkilerin yapılarında bulunan fenolik bileşiklerin antioksidan etkisi serbest radikalleri temizleme, metal iyonlarla bileşik oluşturma ve tekli oksijen oluşumunu engelleme gibi özelliklerinden ileri gelmektedir (Tekinşen, 2000; Sherwin, 1990; Wanasundara and Shahidi, 1998; Fernandez-Lopez *et al.*, 2005).

Bu çalışmada, farklı tipteki (beyaz hardal, siyah hardal, kahverengi hardal) hardal tohumu ilavesinin köftelerin kimyasal, renk, duyuşal, mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Köfte ve Çeşitleri

Köfte, kıyma ile belirli baharatların belirli oranlarda karıştırılıp şekil verilmesiyle oluşturulan et karışımıdır. Köfte hamurunda kullanılacak et kasaplık hayvan gövde etlerinin kemik, tendon, fascia, kıkırdak, lenf yumrusu, sinir ve gerektiğinde yağları ayrıldıktan sonra elde edilmektedir. Bu ete iç yağı, tuz, baharat ve katkı maddelerinden biri veya birkaçı katıldıktan sonra karıştırılıp homojen hale getirildikten sonra şekil verme işlemi yapılmaktadır (Anar, 2010). Köfte hamuru hazırlanırken lezzet ve çeşni verici madde olarak kırmızıbiber, karabiber, kimyon, yenibahar gibi baharat yanında sarımsak, pastörize süt, süt tozu, galeta unu, ekme içi, kuru soğan vb. katılmaktadır (Öztan, 2013).

Köfte ülkemizde ve Dünya’da severek tüketilen gıdaların başında gelmektedir. Türk mutfağında birçok köfte çeşidi bulunmaktadır. Bu köfte çeşitlerine Tekirdağ Köfte’si, İnegöl Köfte, Tirit Köfte, İzmir Köfte, içli köfte, çiğ köfte, sulu köfte örnek olarak verilebilir (Anar, 2010).



Şekil 2.1 İnegöl Köftesi.

Genel olarak köfte hamurunun bileşiminde bulunan maddeler işletmeden işletmeye değişiklik göstermekle beraber, % 85 orta yağlı dana eti, % 5-8 ekme veya galeta unu, % 1-1,5 tuz, % 1 kimyon, % 0,3-0,5 karabiber, % 0,1-0,2 sarımsak kullanılmaktadır.

Orta yağlı dana eti kıyma makinesinin aynasından çekildikten sonra kıymaya tuz, kimyon, karabiber, diğer katkı maddeleri ilave edilir, karıştırıldıktan sonra tekrar kıyma makinesiyle çekilir. Hamur üstü kapalı bir şekilde soğuk hava deposu veya buzdolabında bir gün süre ile bekletilir. Ertesi gün köftelere şekil verilir ve çeşitli yöntemlerle pişirilir (Anar, 2010).

2.2 Et Lipitleri ve Lipit Oksidasyonu

Hayvansal yağlar, doğada bulunan sert yağlar grubunda olmakla birlikte balık veya bitkisel yağlara kıyasla daha fazla miktarda doymuş yağ asitlerini ihtiva etmektedir. Et yağında bulunan yağ asitlerinden toplam yağ asidi miktarının %10'unu veya daha fazlasını oluşturanlar palmitik asit, stearik asit ve oleik asittir. Bu 3 yağ asidinin toplamı, tüm yağ asitlerinin %80'ini oluşturmaktadır (Yıldırım, 1992). Çeşitli hayvanlardaki yağ asitleri miktarı Çizelge 2.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Çeşitli hayvanlardaki önemli yağ asitlerinin miktarı (g/100g) (Yıldırım, 1992).

| Hayvan Türü | Doymuş Yağ Asitleri | | | Doymamış Yağ Asitleri | | | | | |
|-------------|---------------------|---------------|--------------|-----------------------|------------|---------------|----------------|--------------------|-------------|
| | Toplam Asitlik | Palmitik asit | Stearik asit | Toplam Asitlik | Oleik asit | Linoleik asit | Linolenik asit | Diğer Yağ Asitleri | İyot sayısı |
| Sığır | 48 | 28 | 19 | 47 | 44 | 2 | İz | 1 | 47 |
| Keçi | 57 | 26 | 24 | 37 | 33 | 2 | - | 2 | 33 |
| Koyun | 56 | 29 | 25 | 40 | 36 | 3 | 1 | İz | 40 |
| Tavuk | 32 | 24 | 7 | 64 | 38 | 20 | 2 | 4 | 92 |

Ette meydana gelen önemli değişiklikler yalnız mikrobiyal kaynaklı olmayıp bunun yanında, etin bünyesinde meydana gelen kimyasal değişikliklerde önemlidir. Bu değişikliklerden en önemlisi lipit oksidasyonudur (Gök, 2001). Lipit oksidasyonu et ve et ürünlerinin kalitesinin bozulmasına neden olan temel etkenlerden birisidir (Ladikos and Lougovois, 1990). Bütün katı ve sıvı yağların yapısında bulunan doymamış yağ asitleri, oksijenle tepkimeye giren birer aktif merkez görevi görmektedir.

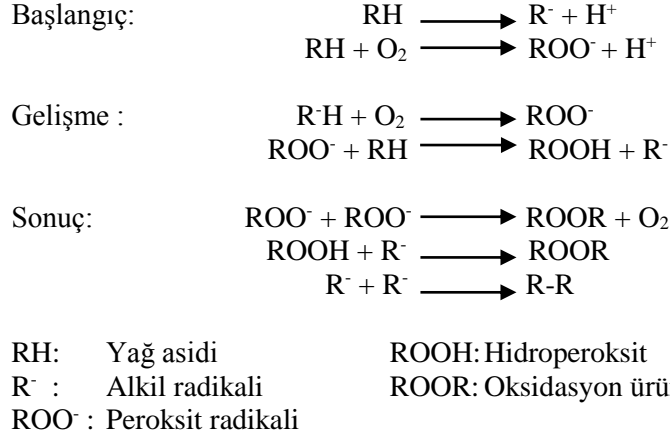
Lipit oksidasyonu doymamış yağ asitlerinin, moleküler oksijen ile reaksiyona girerek ikincil oksidasyon ürünleri olan aldehit, keton ve alkol gibi bileşikler oluşturması sonucu yağ ve yağ içeren besin maddelerinde tüketim için uygun olmayan durumların ortaya çıkmasına neden olan kimyasal bir reaksiyondur (De man, 1990). Et ve ürünlerinin kalitesinin bozulmasına neden olan lipit oksidasyonu ürünün koku, renk, tekstür ve besleyici değerinde değişiklikler ve toksik bileşenlerin oluşumu ile meydana gelmektedir (Gray *et al.*, 1992., Miller *et al.*, 1993., Kanner, 1994).

Ette lipit oksidasyonunun subelüler membranların yapısında bulunan yüksek oranda doymamış fosfolipit fraksiyonundan dolayı meydana geldiği görülmüştür (Gray and Pearson, 1987). Et yağlarının bozulması dokuda mevcut lipaz enzimi, lipooksidazlar, doymamış yağ asitlerinin yüksek oranda oluşu gibi endojen faktörlere bağlı olarak şekillenebileceği gibi; lipolitik organizmalar, ışık, oksijen, yüksek sıcaklık gibi eksojen faktörlere bağlı olarak da oluşabilmektedir (Anar, 2010). Stres gibi kesim öncesi olaylar ve pH değişikliği, vücut sıcaklığı, elektriksel uyarımlar gibi kesim sonrası gibi fiziksel koşulların etin oksidasyon oranını etkilediği bilinmektedir (Gray *et al.*, 1996). Ayrıca etin kıyma haline getirilmesi, et yapısında değişiklik yapılması ve pişirme sırasında kas membranlarının kompakt yapısının bozulduğu bilinmektedir. Membran yapısındaki bu bozulmalar, polidoymamış yağ asitleri ile prooksidanların temasını kolaylaştırarak serbest radikallerin oluşumunu ve oksidatif reaksiyonun yayılmasını hızlandırır (Asghar *et al.*, 1988, Dufrasne *et al.*, 2000).

Lipit oksidasyonu, serbest radikallerin oluşumu ile sonuçlanan başlangıç, gelişme ve sonuç olmak üzere üç aşamadan meydana gelen bir mekanizmadır (Şekil 2.1). Bu reaksiyonun başlangıç bileşiği doymamış yağ asitleridir (Ostendorf, 1987).

Lipit oksidasyonunda, doymamış yağ asidi tepkimenin başlangıç aşamasında çift bağa komşu karbon atomuna bağlı kararsız yapıdaki H⁺ iyonunun, ortamda bulunan oksijen, ışık, sıcaklık ve ağır metallerin etkisiyle uzaklaşması sonucu alkil ve hidroksil radikallerine parçalanmaktadır. Gelişme aşamasında, başlangıçta oluşan serbest radikaller, oksijenle reaksiyona girerek hidroperoksitleri oluşturmaktadırlar.

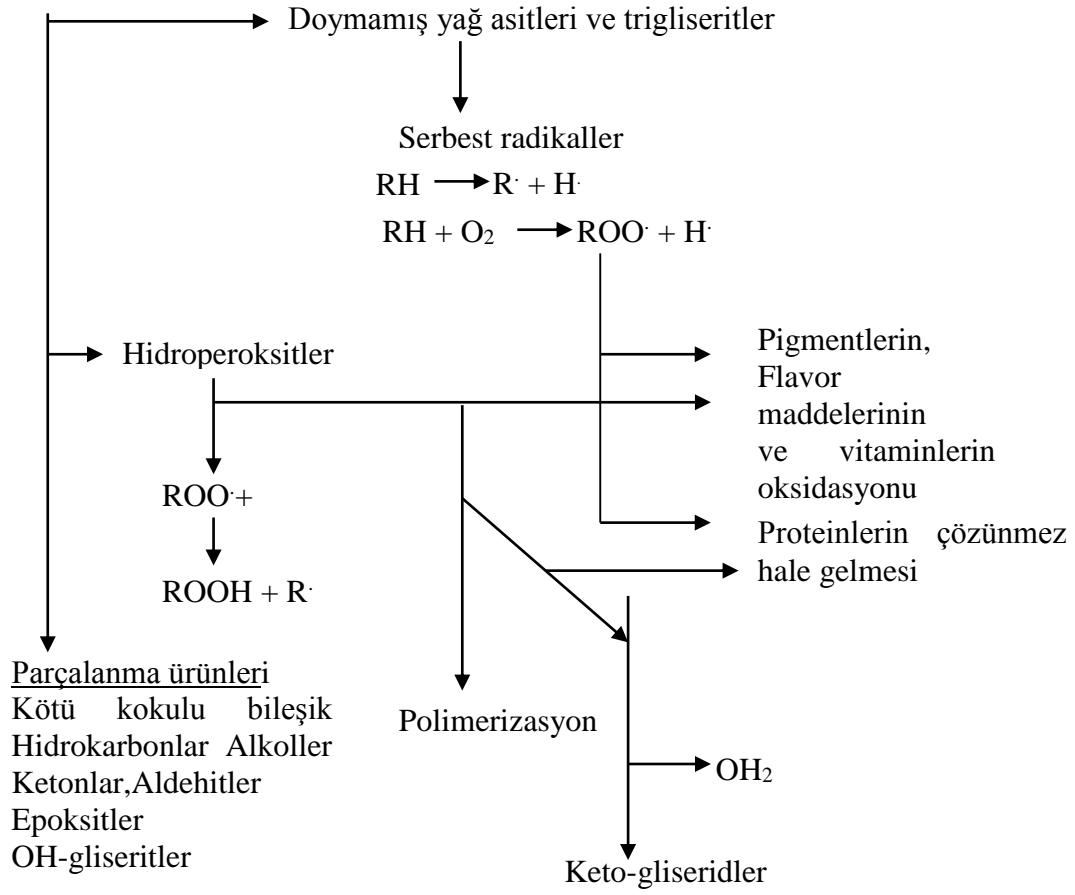
Bundan sonraki reaksiyonlar oluşacak ürünün niteliğini ve reaksiyonun hızını belirlemektedir (Khayat and Schwall, 1983).



Şekil 2.2 Lipit oksidasyonun mekanizması (Khayat and Schwall, 1983).

Kararlı bileşikler olmayan hidroperoksitler, pigment ve vitaminlerin oksidasyonuna neden olarak polimerizasyonla koyu renkli organik polimerler oluşturmaktadır. Oksidasyonun devam etmesiyle birlikte üründe kötü tat ve kokuya neden olan aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, hidrokarbonlar, epoksitler gibi oksidasyon ürünleri oluşmaktadır. Bunlardan aldehitler kötü koku ve lezzet kaybının başlıca sorumlusu olarak kabul edilmektedir (Khayat and Schwall 1983, Wu and Brewer 1994, Macleod,1998) (Şekil 2.2).

Lipit oksidasyonunun primer başlangıç ürünleri olan hidroperoksitler aslen kokusuzdurlar, fakat daha sonra ikincil ürünlere parçalanırlar. Hidrokarbonlar, furanlar ve alkoller oksidasyona uğrayarak etin lezzetini bozmaktadırlar (Gray *et al.*, 1996).



Şekil 2.3 Lipit oksidasyonunda oluşan parçalanma ürünlerinin meydana geliş sırası (Khayat and Schwall, 1983).

Et ürünlerinde istenmeyen tat ve koku oluşumunun yanında okside olan lipitlerin ette mevcut proteinler, karbonhidratlar ve vitaminlerle reaksiyona girmesiyle ürünün besin kalitesi de azalmaktadır (Labuza, 1971). Buna ilaveten oksidasyon, karsinojenik ve mutajenik maddelerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu meydana gelen malonaldehitin oluşmasına neden olarak gıdanın güvenilirliğini etkilemektedir (Shahidi and Rubin, 1987). Gıdalarda lipit oksidasyonunun kontrol edilmesinde antioksidan maddelerin kullanılması, uzun yıllardan beri kullanılan bir yöntemdir (Dziezak, 1986).

Et ürünlerinde ürünün raf ömrünü uzatmak ve lipit oksidasyonunun önüne geçmek için gıda sanayinde çeşitli uygulamalar yapılmaktadır.

Bu uygulamalardan en yaygın olanı et ve et ürünlerinde antioksidanların kullanılmasıdır (Chen *et al.*, 1984, Wu and Brewer 1994, Smith and Alfawaz 1995, Gray *et al.*, 1996, Sahoo and Anjaneyulu 1997, Lee *et al.*, 1999, Nassu *et al.*, 2003).

2.3 Antioksidanlar ve Sınıflandırılması

Antioksidanlar, zincir mekanizmasında stabil ara ürünlerin oluşumunu sağlamaktadırlar. Oluşan ürünler oksidasyon zincir tepkimesini kırmakta ve özellikle yağ ve yağlı gıdalarda mutlaka kullanılması gereken maddelerdir. Söz konusu maddelerinin beklenen etkiyi gösterebilmeleri için, yağ ve yağlı gıdaların üretimi sırasında veya üretimden hemen sonra eklenmesi ve gerek bitkisel gerekse hayvansal yağlarla çok iyi karıştırılması, ürünün içine homojen şekilde dağıtılması gerektiğine işaret edilmiştir (Çakmakçı ve Gökalp, 1992).

Lipit oksidasyonunu engellemek amacıyla kullanılan antioksidanlar, etki mekanizmalarına göre iki farklı gruba ayrılmaktadırlar. Bunlardan birincisi yağ asidinin parçalanması ile oluşacak radikalin oluşumunu engelleyerek işlev gören antioksidanlar, diğeri ise oluşan radikallerle birleşerek işlev gören antioksidanlardır. Bu iki grup antioksidan birlikte kullanıldıkları zaman sinerjistik etki göstererek antioksidatif etkiyi artırmaktadırlar (Sherwin, 1976).

Antioksidan maddeleri temel olarak dört grupta incelemek mümkündür. Birincisi; lipit oksidasyonunda serbest radikal zincirini sonlandıran antioksidanlar (fenolik yapıdaki maddeler, butillendirilmiş hidroksianizol (BHA), butillendirilmiş hidroksitoluen (BHT), ikincisi; kapalı sistemde oksijenle reaksiyona giren antioksidanlar (L-askorbil palmitat, L-askorbik asit, erithorbik asit, sodyum erithorbat), üçüncüsü lipit oksidasyonunu katalize ettiği bilinen demir ve bakır gibi metal iyonlarını bağlayan antioksidanlar (şelatlar, sitrik asit, EDTA) ve dördüncüsü: hidroperoksitleri parçalayarak etki gösteren sekonder antioksidanlar (dilaünil tiyodipropiyonat, tiyodipropiyonik asit) (Dizezak, 1986).

Gıdalarda kullanılacak antioksidanların sahip olması gereken temel özellikler şunlardır:

- İnsan sağlığı için zararsız olmalı,
- Çok küçük miktarlarda kullanılmalı, böylece maliyeti arttırmamalı,
- Gıdanın doğal koku, görünüş ve tadını bozmamalı,
- Koruyacağı madde içinde çözünmeli veya iyice karışmalı,
- Normal üretim sırasında etkisini kaybetmemelidir (özellikle yüksek sıcaklık uygulamalarında) (Sezgin, 2006).

Depolama, ısıtma ve sindirim sonucu lipit serbest radikallerin miktarı da artmaktadır. Antioksidanlar, lipit oksidasyonunu engellemekte veya geciktirmektedir. Böylece hem gıdaların kalitesi korunmakta hem de raf ömrü uzamaktadır. Bu amaçla gıdalara bütillenmiş hidroksitoluen (BHT), bütillenmiş hidroksianisol (BHA) ve tersiyer bütihidroksikinin (TBHQ) gibi sentetik antioksidanlar eklenmektedir. Ancak son yıllarda tüketicilerin sentetik antioksidanların sağlık üzerine etkileri hakkında kaygıları artmıştır. Bazı çalışmalarda antioksidanların fazla tüketimi insanda aşırı hassasiyete, alerjiye ve kansere yol açtığı bildirilmiştir (Kahveci ve Bayındırlı, 1991). Bu nedenle özellikle besinlerle alınabilecek doğal antioksidanlar hem ekonomik hem de daha fazla antioksidan aktivite gösterdiğinden bu bileşiklere yönelik arayış oldukça artmıştır. Günümüzde gıda ve ilaçlara ilave edilen stabilize edici sentetik antioksidan bileşiklerin kullanımı zararlı etkilerinden dolayı yasal olarak sınırlanmakta ve bunların yerine doğal antioksidan bileşikler tercih edilmektedir. Ayrıca sentetik antioksidanların karaciğer, akciğer ve bağırsak hasarlarına neden olduğu (Wanasundara and Shahidi, 1998) ve karsinojenik etkiye sahip olduğu tespit edilmiş ve bu nedenle doğal antioksidanlara olan ilgi artmıştır. Sentetik bileşikler yerine doğal ürünlerin kullanılmasına yönelik ilginin giderek artması bitkiler üzerindeki çalışma sayısının artmasına neden olmuştur.

Doğal antioksidan kullanımını açısından en başta gelen maddeler baharatlardır. Baharatın temel kimyasal bileşimi baharat tipine göre önemli değişimler gösterir. Baharatların genellikle nem oranı %5-14, protein oranı ise %5-20 arasında değişmektedir. Bazı tiplerinde %30 varan oranda lipit bileşikleri bulunmaktadır.

Bunların dışında karbonhidrat özelliğinde bileşikler, glikozitler (flavon, senevol, siyanojen, saponin, fenol, kumarin) alkaloidler, tanenler, organik asitler, vitaminler, enzimler, pigmentler, mineraller, antimikrobiyal maddeler, reçineler, uçucu yağlar belli oranlarda bulunmaktadır (Çizelge 2.3). Baharat içeriğinde bulunan antimikrobiyal etkili esansiyel yağların çoğu bir hidroksil grup ihtiva eden fenol yapısındaki bileşiklerdir. Bu nedenle fenolik bileşikler antimikrobiyal etkinlik açısından çeşitli çalışmalara konu olmaktadır. Nitekim böyle bir çalışmada Pradhan vd. (1999) yeşil biber (*Piper nigrum L.*) 'de bulunduğu bildirilen iki yeni fenolik bileşiğin *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, ve *Escherichia coli*'ye karşı antimikrobiyal etkinliğini araştırmışlardır. İncelenen 3,4 dihidroksifenil etanol glukozit ve 3,4 dihidroksi-6-(N-etilamino) benzamit maddeleri test edilen 4 patojen bakterinin üremesini inhibe edici nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 2.3 Bazı baharatların esansiyel yağ oranı ve antimikrobiyal bileşiklerle konsantrasyonları (Üner vd., 2000).

| Baharat | Esansiyel yağ oranı (%) | Antimikrobiyal bileşikler | Antimikrobiyal konsantrasyon (ppm) |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Adaçayı | 0,7-2,0 | Thymol Eugenol | |
| Hardal | 0,5-1,0 | Allyisothiocyanate | 100 |
| Karanfil | 16-19 | Eugenol Eugenolacetate | 1000 |
| Kekik | 2,5 | Thymol Carvacrol | 100 |
| Kırmızıbiber | | Capsicidin | 100 |
| Sarımsak | | Allylsulfonyl Allyisothiocyanate | 10-100 |
| Tarçın | | Cinnamic | 100-1000 |
| Yeni bahar | | Eugenol Methyleugenol | 1000 |

Köftede kullanılan baharatlar genellikle karabiber, kimyon ve kırmızıbiberdir. Bu baharatlar hem ete tat ve aroma kazandırmak hem de etin raf ömrünü uzatmak amacıyla ilave edilmektedir.

Bu baharatlardan karabiber, *Piper nigrum* L.'nin olgunlaşmış meyvelerinden elde edilmekte ve Dünya'da yaygın olarak kullanılmaktadır. Karabiber antioksidan, antimikrobiyal ve ateş düşürücü özelliğinden dolayı önemli bir baharattır. Karabiberin kalitesi acılığa sebep olan piperine, aroma ve lezzetten sorumlu uçucu yağlara bağlı olarak değişir. Piperine alkaloidi yeşil kristalli berrak bir maddedir ve karabibere acılığını veren bir bileşiktir. Karabiber antioksidan özellikli beş fenolik asit (piperettin, piperanin, piperylin A ve piperolein B ve piperisin) amidi ihtiva eder (Govindarajan, 1977). Bu bileşikler yağsız, kokusuz, tatsızdır ve α -tokoferolden daha güçlü antioksidan aktivite gösterir (Ravindiran and Kalluparackal, 2001). Nakatani ve arkadaşları karabiberin bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ve bütillenmiş hidroksianisol (BHA) gibi sentetik antioksidanlardan daha tesirli olduğunu belirtmişlerdir (Nakatani *et al.*, 1986). Bir çalışmada, karabiber ilave edilip pişirilmiş domuz etinin lipit oksidasyonunun geciktiği belirlenmiştir (Tıpsırsukond *et al.*, 1998).

Kimyon köftede kullanılan diğer baharattır. Kimyon maydonozgiller (*Apiceae*) familyasından gelmiş olup bir yıllık otsu bitkilerin meyvelerinden elde edilir. Kimyon genelde baharat olarak kullanılmakla birlikte ilaç sanayiinde hammadde olarak da kullanıldığı bildirilmektedir (Arslan, 1984). Halk arasında gaz söktürücü, uyarıcı, idrar söktürücü ve terletici olarak kullanılır. Kimyon meyveleri, %2,5-6 uçucu yağ, %10-23 sabit yağ, %15-25 protein, tanen, flavonoid, reçine ve zambak içerir. Diyabetli farelerde yapılan deneylerde kimyonun açlık kan şekerini düşürdüğü ve hipoglisemik etki gösterdiği gözlenmiştir (Ceylan vd., 2003).

Köfteye ilave edilen baharatlardan birisi de kırmızıbiberdir. Kırmızıbiber patlıcangiller (*Solanaceae*) familyasının *Capsicum* cinsinden (Beis, 1990), ılıman iklimlerde tek yıllık olarak yetişen bir kültür bitkisidir (Yemiş, 2001). Anavatanı Orta ve Güney Amerika olan biber, Amerika'dan Avrupa'ya, ilk kez 1493 yılında İspanya'ya, daha sonra, 1548 yılında ve 1578 yılında ise orta ve diğer Avrupa ülkelerine yayılmıştır (Şeniz, 1992).

Ayrıca kırmızıbiber Türkiye'nin bütün bölgelerinde yetişmektedir. Eski uygarlıklardan günümüze dünya mutfağında önemli bir yer tutan kırmızıbiberler, yüzyıllardır lezzet ve renk vermek amacıyla sos, çorba, makarna, pizza ve et ürünleri gibi birçok gıdaya katılmaktadır (Akgül, 1993; Daood *et al.*, 2002). Kırmızıbiberler lezzete kattıkları acı ve uyarıcı etkiden dolayı baharat grubunun en önemli üyeleri arasındadır. Bu etki 'kapsaisinoid' ortak ismiyle anılan ve 5 farklı bileşikten oluşan acılık öğeleri sayesinde oluşmaktadır. Kırmızıbiber bünyesinde bulunan ve acılık bileşeni olan kapsaisinin lipit peroksidasyonunu kuvvetli bir şekilde engellediği ancak etki mekanizmasının net olarak ortaya konulmadığı belirtilmektedir. Kapsaisinin, etanol ve membranlardaki DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) radikallerini ve sudaki OH radikallerini yok ettiği, etki düzeyinin α - tokoferollere benzer olduğu ve bir molekül kapsaisinin 2 molekül DPPH radikalini yok ettiği bildirilmiştir. Fakat α -tokoferolün sadece lipit membran içindeki radikal zincir reaksiyonlarını durdurduğu, buna karşın kapsaisinin hem aktif oksijen türlerinin farklı formlarını hem de radikal zincir reaksiyonlarını durdurduğu belirlenmiştir. Bu antioksidatif etkinin membrandaki yerleşim yeriyle de alakalı olduğu, membran yüzeyi ve yakınındaki reaktif oksijen türleri için kapsaisinin en etkin ajan olduğu ifade edilmektedir (Kogure *et al.*, 2002).

Doğal antioksidanların kaynağı ve kullanımı ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Sezgin 2006). Bitki ve baharatların bazılarının antioksidan kapasitelerinin, sentetik antioksidanlardan daha fazla olduğu ispat edilmiştir. Kendilerine has lezzet ve aromaları, antimikrobiyal ve antioksidan karakterlerinden dolayı, geniş bir biyoaktivite profiline sahip olan bitki ve baharatlar gıda sektöründe alternatif olarak kullanılabilir doğal antioksidan maddelerdir. Gıdalarda lipit oksidasyonunun bu tür doğal maddelerle engellenmesi ve önlenmesi başta tüketici olmak üzere üretici açısından da oldukça önemlidir (Rice-Avans *et al.*, 1995).

2.4 Hardal

Hardal tanınan ve yaygın olarak Çin ve Avrupa ülkelerinde yüzyıllardır kullanılan bir bahattır. Hardalın birçok botanik türü bulunmaktadır.

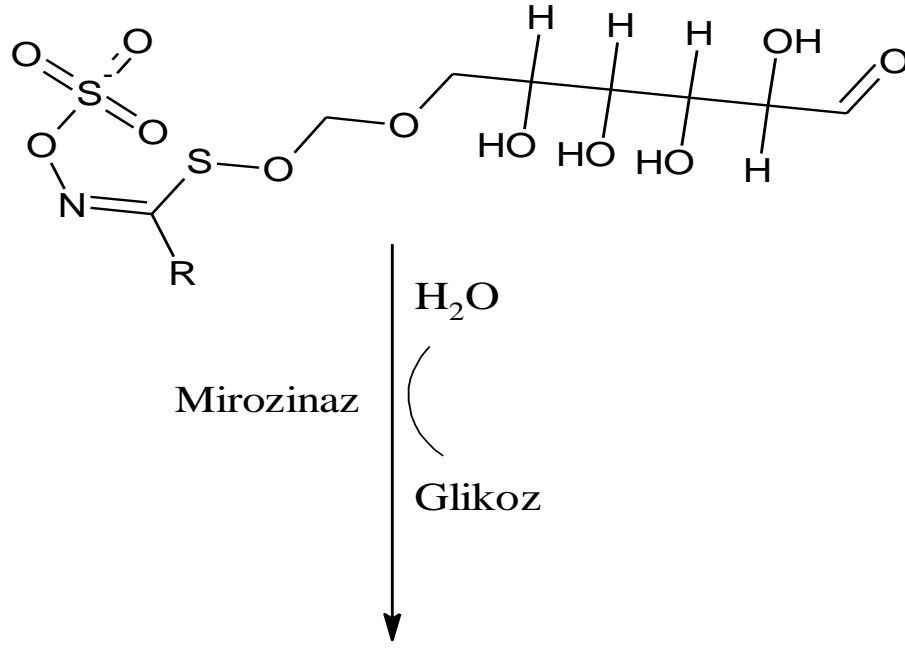
Üç ana hardal türü: *Sinapis alba* (beyaz veya sarı), *Brassica juncea* (kahverengi ya da oryantal) ve *Brassica nigra* (siyah) tohum rengi ile tanımlanabilir. Sarı, kahverengi ve oryantal hardallar popüler olarak pek çok ülkede kullanılmaktadır. Fakat siyah hardal genellikle gıda endüstrisinde tek başına kullanılmamaktadır. Siyah hardalın çok keskin ve acı bir tadı olmasına karşın kahverengi hardalın nispeten daha hafif bir tadı bulunmaktadır. Sarı hardal en yumuşak ve en az acılığa sahip olan türdür. Hardalın eşsiz keskin ve acı lezzeti nem varlığında bir dizi hidroliz reaksiyonu sonucu ortaya çıkmaktadır. Hardal tohumu kepeği lineer asidik bir polisakkarit olan müsilajinöz içermektedir. Bu içerik sayesinde hardal pişirilerek işlenmiş et ürünlerinde emülsifiyer, koyulaştırıcı ve bağlayıcı olarak önemli rol oynamaktadır (Cui and Eskin, 1998). Ancak, öğütülmüş hardal endojen mirozinaz enzimi (hardaldaki glikozinolatları izotiyosiyanalara çevrilmesi) tahrip etmek için termal olarak muamele yapıldıktan sonra sadece pişirilmiş et ürünlerinde kullanılabilir (Li, 2012). Hardaldaki izotiyosiyanalarda hardalın keskin koku ve acılığında sorumludurlar. Ayrıca otoklavlanmamış hardal tohumlarındaki mirozinaz enzimi et proteinleri ile reaksiyona girerek aroma üretmektedirler (Tainter and Grenis, 1993).

Hardalın baharat olarak kullanımı yaklaşık olarak 3000 yıl öncesine dayanmaktadır. Asya, Yunan, Eski Roma ve Mısır halkları hardalı kullanmışlardır. Hardal turp, şalgam ve lahananın üyesi olduğu ailedendir. İklim özellikleri sebebiyle, bütün Avrupa, Kuzey Afrika ve Hindistan'da yetişmekte olan hardal tohumlarının ekimi Türkiye'de genellikle Akdeniz bölgesinde yetiştirilmektedir. Hardal mart ortasından mayısa kadar tohumları bahçe ve tarlalara 25-30 cm ara olacak şekilde gerçekleştirilir. Hardal nemli, kireçli, killi veya kumlu topraklarda daha güçlü yetişmektedir (İnt. Kyn. 1).

Hardal gıdalara sadece baharat olarak değil, ayrıca fonksiyonel karakteri açısından da katılmaktadır. Hardalın geniş antimikrobiyal aktivitesi uzun zamandır çalışılmaktadır. Sarı hardal hem değerli bir protein kaynağı hem de iyi bir esansiyel aminoasit kaynağıdır. Hardal iyi bir diyet lifi kaynağı ve otoklavlanmasından sonra antioksidant kaynağınca da zengindir (Cui and Eskin, 1998).

Diğer turpgil bitkileri gibi, hardal da öncü lezzet bileşikleri olan glukozinolatları içermektedir. Glikozinolatlar hardal bitkisinin böceklerle karşı doğal savunma sisteminin bir parçasıdır. Bitki dokusu hasar görmesi durumunda, glukozinolatlar endojen mirosinaz enzim sisteminin etkisiyle hidrolize edilmektedir. Elde edilen hidroliz ürünleri izotiyosiyanatlar, nitriller, ve tiyosiyanatlardır (Mithen, 2001). Bu hidroliz ürünlerinden olan izotiyosiyanatlar hardalın acı lezzetinden sorumludurlar. İzotiyosiyanatların yüksek konsantrasyonu insanlar için toksiktir. İzotiyosiyanatlar tiroid fonksiyonunu engelleyerek büyüme ve üremeyi durdurmaktadır, ayrıca karaciğer ve böbrekler de zarar görmektedir (Diosady *et al.*, 2005; Tookey, 1980; Fahey *et al.*, 2001; Fenwick *et al.*, 1983). İzotiyosiyanatlar toksik olmasına rağmen, onların güçlü tadı zararlı miktarlarda kullanılmasını önlemektedir. Hardal işlenmiş gıda katkısı olarak kullanılacaksa, mirosinaz enzimi glikozinolat hidroliz ürünlerinin oluşumunu önlemek amacıyla ısı denatürasyon vasıtasıyla inaktive edilmelidir. Bu durum hardalın toksik etkisini gidermek ve bütün gıda ürününün tadını kontrol altına alınmasını sağlamaktadır (Minn-Dak Growers, 2002; Xu *et al.*, 2003). Buna ek olarak, hardal tohumu nemli bir ortamda glukozinolatlar ile reaksiyona girebilen mirosinaz enzimini içerir ve sırasıyla allil izotiyosiyanat ve p-hidroksibenzil izotiyosiyanat üretmektedir (Cui and Eskin, 1998).

Glikozinolatların (GLS) diğer bileşiklerle birlikte doğrudan veya sinerjistik bir etki ile, antibakteriyel ve antifungal özellik göstermektedir (Naidu, 2000a; Tolonen *et al.*, 2004; Almajano *et al.*, 2008; Graumann and Holley, 2008; Gutierrez *et al.*, 2008). Bu antimikrobiyal aktivite patojen saldırısına karşı turpgillerin bir savunma mekanizması olduğu ileri sürülmüştür (Radulovic' *et al.*, 2011).



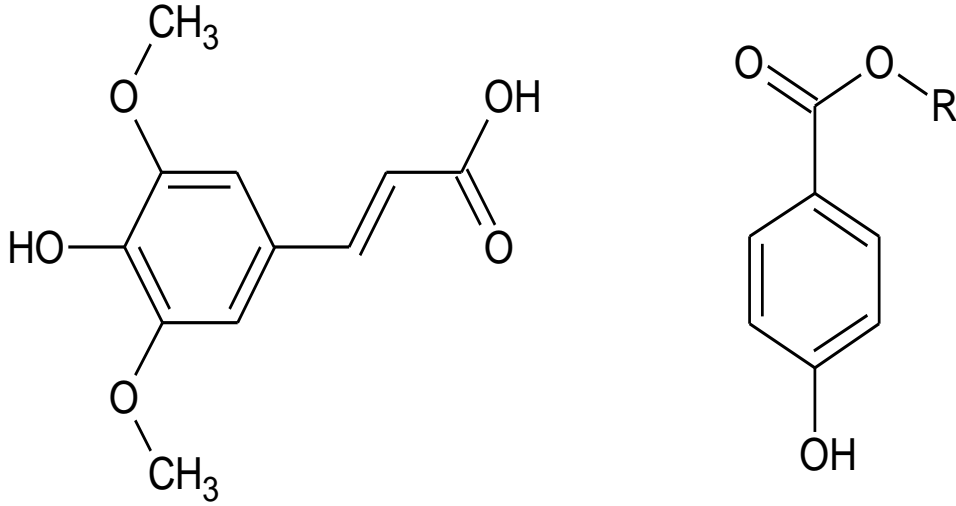
İzotiyosiyanatlar + Tiyosiyanatlar + Nitril

Şekil 2.4 Glikozinolatların mirozinaz enzimi vasıtasıyla hidrolizi (Fahey *et al.*, 2001).

Hardalın birçok gıda kaynaklı patojenlere karşı bakterisidal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir (Delaquis and Sholberg, 1997; Kyung and Fleming, 1997; Isshiki, Tokuoka, Mori and Chiba, 1992; Lin, Jeongmok, Du and Wei, 2000; Rhee, Dougherty and Kang, 2003). Hardalın bakterisidal etkisi bir dizi kimyasal reaksiyon sonucu gelişmekte ve bunun yanında acı bir tat ve keskin bir koku üretilmektedir. Hem Allil izotiyosiyanat (AIT) hem de Parahidroksibenzil izotiyosiyanat (p-HBIT)'ın gıda kaynaklı patojenlere karşı bakterisidal etkisi belirlenmiştir. Özellikle AIT *E. coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus*'un gelişmesini inhibe etmekte etkilidir. (Delaquis and Sholberg, 1997; Kyung and Fleming, 1997; Isshiki, Tokuoka, Mori and Chiba, 1992; Lin, Jeongmok, Du and Wei, 2000; Rhee, Dougherty and Kang, 2003). Yapılan bir çalışmada *E. coli*, *S. aureus*, *Campylobacter jejuni*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella boydii*, *L. monocytogenes* ve *Clostridium perfringens* mikroorganizmalarının p-HBIT tarafından inhibe edildiği tespit edilmiştir (Ekanayake *et al.*, 2006). Ayrıca, AIT ve p-HBIT çeşitli çalışmalarda antifungal aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Delaquis and Sholberg, 1997; Mayton, 1996; Shofran, Purrington, Breidt and Fleming 1998; Kyung and Fleming, 1997).

Li (2012) yaptığı çalışmada, *E. coli* O157:H7'nin yaşama kabiliyetini indirgemek amacıyla kuru sucukta stabilize edilmiş p-HBIT kullanmıştır. Söz konusu çalışmada p-HBIT içeren sucuklarda *E. coli* O157:H7 sayısında >4 log CFU/g'lık bir azalma olduğu tespit edilmiştir. Graumann ve Holley (2008) otoklavlanmış ve otoklavlanmamış sarı hardal tozunu fermente edilmiş sosise ilave ederek onların *E. coli* O157:H7 suşuna karşı bakterisidal etkisini değerlendirmişlerdir. Ayrıca Nilson ve Holley (2012) Westphalian jambonu üzerine %4 ve %6 oranında sarı hardal tohumu ilave etmişlerdir. Araştırmacılar *E. coli* O157:H7 gelişiminin başarılı bir şekilde kontrol altına alındığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Lara-Lledó vd. (2012), hardal tozunu polivinil polietilen glikol kraft kopolimer filmi bileşimine ilave ettikleri çalışmalarında *L. monocytogenes*'in önemli ölçüde inhibe edildiği rapor etmişlerdir.

Hardalın diğer önemli bileşiklerinden olan fenolikler, bitki metabolizma ürünleridir (Bravo, 1998; Jobstl *et al.*, 2004). Fenolik bileşikler bir hidroksil grubuna sahip en az bir aril halkası olan çeşitli sınıflardaki kimyasallardır (Bravo, 1998; O'Connell and Fox, 2001). Hardal tohumları içinde mevcut fenolik asitlerin iki ana tipi bulunmaktadır: Birincisi sinapik asit (~% 68) ve p-hidroksibenzoik asit (~% 27), ikincisi de sarı hardal içinde baskın olan glukozinolattır (Diosady *et al.*, 2007; Kazimierz *et al.*, 1984). Bu bileşenler şelat ajanlarıdır ve hardalda mevcut olan minerallerin ve proteinlerin biyoyararlılığını azaltırlar, böylece hardalın besleyici kalitesini düşürmektedirler (Diosady *et al.*, 2005; Naczka *et al.*, 1998, Xu *et al.*, 2003). Ayrıca bu bileşikler koyu renk oluşumu ve hardal ununda var olan buruk tattan da sorumludurlar (Rubino *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 2003).



Şekil 2.5 Sinapik asit (sol) ve p-hidroksibenzoik asitin kimyasal yapısı (Lorenzo, 2008).

Baharatlar arasında, hardal tohumu glukozinolat (Amarowicz *et al.*, 2003; Schuster-Gajzágó *et al.*, 2006) ve sistein, c-glutamilsistein, glutatyon gibi biyotiyoller içeriği nedeniyle antimikrobiyal kapasitesine sahip olduğu bildirilmektedir (Manda, Adams and Ercal, 2010). Hardal tohumları izosiyanatlar dışında antioksidan aktiviteye sahip olan fenolik asit ve fitin gibi diğer biyoaktif bileşikler de içermektedirler (Delaquis and Mazza, 1995). Luciano, Belland ve Holley (2011), basınç altında pişirme işleminin (otoklavlama) serbest fenolik asitler gibi bileşiklerin oranını artırdığını, böylece hardalın antioksidan aktivitesinin de dolaylı olarak yükseldiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde Shahidi vd. (1994) yağı alınmış hardal tohumlarının otoklavlamayla birlikte antioksidan aktivitesinin arttığını ifade etmişlerdir.

Yapılan çalışmalar hardal tozunun etkili bir antimikrobiyal olduğunu göstermesinin yanısıra, et ürünlerinde kullanımını takiben oluşabilen duyuusal etkileri önemli bir konudur (Ansorena, Gimeno, Astiasaran and Bello, 2001; Berdagué *et al.*, 1993; Montel, Masson and Talon, 1998; Erkkilä *et al.*, 2001). Kumar ve Tanwar (2010) % 1,5 öğütülmüş hardallı tavuk nuggetlarının tekstür olarak kontrol örneğinden daha yüksek duyuusal puanlar aldığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar hardal ununun hem %1,5 hem de % 2 konsantrasyonun tavuk nuggetlarının renk ve aromasında arzu edilen değişiklikler gösterdiğini belirtmişlerdir.

Saleemi vd. (1993) öğütölmüş hardal tohumunun domuz kıymasındaki kalite değışiklikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında öğütölmüş hardal tohumunu farklı miktarlarda (% 0.5, % 1, % 1,5 ve % 2) kürlenmiş ve kürlenmemiş domuz kıymasına ilave ederek pişirmişlerdir.

Çalışmada hardal tohumu unu ilavesinin pişirme kaybını düşürdüğü, kıymanın rengine olumsuz bir etkisinin olmadığı ve yüksek antioksidan etki gösterdiği saptanmıştır. Benzer şekilde Lee vd. (2010) kıymalara farklı oranlarda hardal yaprağı ekstraktları kattıkları çalışmalarında, hardal ekstraktlarının örneklerdeki lipit oksidasyonu gelişimini önemli oranda geciktirdiğini ve depolama sonunda kıyma örneklerinde daha düşük TBA değerleri saptadıklarını tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan sığır kıyması Afyonkarahisar ilinde Kardeşler Et entegre AŞ'den temin edilmiştir. Olgunlaşması tamamlanmış 2 yaşındaki sığır karkaslarından hijyenik koşullarda alınan etler kıyma makinasından geçirildikten sonra soğuk koşullarda Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir.

Araştırmada kullanılan sarı hardal tohumu (*Sinapis alba*) ve kahverengi hardal tohumu (*Brassica juncea*) www.gidahammaddeleri.com sitesinden, siyah hardal tohumu (*Brassica nigra*) ise Çakıroğlu Baharatçılık (Afyonkarahisar)'tan temin edilmiştir.

3.1.1 Deneme Planı

Denemede kontrol grubu dahil 13 grup oluşturularak köfteler hazırlanmıştır ve köfteler analiz süresince 2°C'de 15 gün süreyle bir buzdolabında muhafaza edilmiştir. Hardal tohumları köfte hamuru hazırlanmadan önce çekiçli değirmende ayrı ayrı öğütülmüştür. Öğütülen hardal tohumları köfte hamuruna % 1 ve % 2 oranlarında köftelere ayrı ayrı ilave edilmiş ve köfte hamurları ayrı gruplar halinde elle yoğrulmuştur. Daha sonra, her bir köfte ağırlığı yaklaşık 30-40 g olacak şekilde elle şekillendirilmiştir. Kontrol grubu köfte örneğine ise öğütülmüş hiçbir hardal tohumu ilave edilmeden hazırlanmıştır. Çalışma 4 örnek (kontrol, beyaz hardal tohumu, kahverenkli hardal tohumu, siyah hardal tohumu) x 2 uygulama (otoklavlanmış ve otoklavlanmamış) x 2 konsantrasyon (% 1; %2) x 4 zaman (0. gün, 4. gün, 7. gün, 15.gün.) deneme deseni ile yapılmıştır. Çalışma çift tekerrürlü ve her tekerrürde 3 paralel olarak planlanmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Hardal Tohumlarının Hazırlanması

Temin edilen öğütülmüş hardal tohumları laboratuvara getirilmiş ve tohumlar ışık almayacak şekilde kilitli poşetlerde depolanmıştır. Çalışmada kullanılan sarı, kahverengi ve siyah hardal tohumlarının hepsinden 200g alınıp fenolik aktivitesinin artırılması için paslanmaz çelik tepsilere 2 cm. kalınlığında konulmak suretiyle 121 °C’de 1 atm basınçta 15 dakika süreyle otoklavlanmıştır. Böylece hardal tohumları iki gruba ayrılmış olup: 1. grup hardal tohumları herhangi bir işlem görmemiş ve 2. grup hardal tohumları ise 121 °C’de 1 atm basınçta 15 dakika süreyle otoklavlanmıştır.

3.2.2 Köftelerin Hazırlanması

Sığır eti köfte örnekleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı’nda hazırlanmıştır. % 1,8 tuz, % 5 galeta unu, % 0,3 kırmızıbiber, % 0,3 karabiber, % 0,15 kimyon formülasyonu ile hazırlanan köfte hamurları 13 eşit parçaya bölünmüş ve her parça 1 kg. olarak hazırlanmıştır (Anar, 2010). Hardal tohumu katılmamış örnek kontrol grubu (K) olarak belirlenmiştir. Diğer gruplara % 1 normal sarı hardal tohumu (SN1), % 2 normal sarı hardal tohumu (SN2); % 1 normal kahverengi hardal tohumu (KN1), % 2 normal kahverengi hardal tohumu (KN2); % 1 normal siyah hardal tohumu (BN1), % 2 normal siyah hardal tohumu (BN2) ilave edilmiştir. Bu gruplara ek olarak aynı oranlarda otoklavlanmış hardal tohumları ilave edilmiştir (SO1; SO2, KO1; KO2, BO1;BO2). Hazırlanan karışımlar homojen hale gelene kadar ayrı ayrı elle yoğrularak şekillendirilmiştir. Hazırlanan köftelerden (30-40 g.), duyuşal, kimyasal ve fiziksel analizlerde yetecek kadar sayıda örnek polistren kaplara konulup 2 °C’de 15 gün süreyle buzdolabında depolanmıştır. Numunelere 0., 4., 7., 15., günlerde nem, pH, TBA, renk, mikrobiyolojik ve duyuşal analizler yapılmıştır. Denemeler çift tekerrür ve üç paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

3.3 Analiz Metotları

3.3.1 Nem Tayini

Her bir gruptaki parçalanmış köfte örnekleri ayrı ayrı homojen hale getirildikten sonra 5-10 g bir kurutma kabına alınmış ve $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlı etüvde sabit tartıma gelinceye kadar yaklaşık 12 saat tutulmuştur. Etüvden çıkarılan kurutma kapları desikatöre konulup oda sıcaklığına kadar soğutulup, tartılmıştır (AOAC, 2000).

3.3.2 Protein Miktarının Belirlenmesi

Homojen hale getirilmiş hardal tohumu tozları 5-10 g tartılarak içinde kaynama taşı, susuz potasyum sülfat ve bakır-2-sülfat bulunan Kjeldahl balonu içine konulmuş ve Kjeldahl balonuna sülfirik asit ilave edilerek renk tamamen berrak oluncaya kadar ısıtma cihazında asitle parçalanması sağlanmıştır. Balon 40°C 'ye soğutulup borik asit+sodyum hidroksit çözeltisi ile distile edildikten sonra hidroklorik asit çözeltisi ile titre edilmiştir. Sonuç 6,25 faktörü ile çarpılarak (%) protein miktarı olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.3.3 Yağ Miktarının Belirlenmesi

Farklı hardal tohumu tozları homojen hale getirildikten sonra 3-5 g bir kartuş içine aktarılıp tartılmıştır. Bu kartuş ekstraksiyon cihazında ekstraksiyon başlığına yerleştirilerek, çözücü olarak dietileter ile yaklaşık 6 saat süreyle, ekstrakte edilmiş ve ekstraksiyon kartuşu daha sonra etüvde $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat süreyle tutulup, ardından oda sıcaklığına soğutulduktan sonra tartılmıştır (AOAC, 2000).

3.3.4 Kül Oranının Belirlenmesi

Farklı hardal tohumu tozlarındaki kül miktarını belirlemek için, kül tayininde kullanılan porselen krozelere hassas terazide tartılmış 10'ar g örnek konulduktan sonra 525°C sıcaklıkta 18 saat boyunca yakma işlemi yapılmıştır.

İşlem sonrasında elde edilen kül, yakma öncesindeki örnek ağırlığına oranlanarak % kül miktarı hesaplanmıştır (Gökalp vd., 1993).

3.3.5 Hardal Tohumlarının Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

3.3.5.1 Fenolik Bileşiklerin Standartlarının Hazırlanması

Fenolik asitlerden gallik, p-hidroksibenzoik, siringik, kafeik, p-kumarik ve sinamik asitler için 1000 ppm lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bütün standartlar metanol içinde çözülmüştür. Bu standartlardan ara stoklar hazırlanmıştır. 6 adet fenolik bileşiğin kolonda ayırımını yapmak için bu bileşiklerin bir karışımı hazırlanmıştır. Her bir standart için alikonma zamanı tespit edilmiştir (Çam, 2005).

3.3.5.2 Örnek Hazırlama

Hardal tohumunun fenolik bileşik profilini belirlemek için Shui ve Leong (2002) ve Poyrazoğlu ve ark., (2002) tarafından uygulanan yöntemler baz alınarak örnek hazırlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Belli miktarda hardal unu ekstraktı 0,45 µm lik filtreden süzülüş ve aşağıda belirtilen kromatografik koşullar altında HPLC cihazına verilmiştir.

Hardal ununda fenolik bileşiklerin geri kazanım miktarlarını belirlemek için şu işlemler uygulanmıştır; hardal ununun ekstraksiyonu ile elde edilen ekstraktlardan 1 ml alınmıştır. Bunun üzerine yaklaşık olarak örnekte belirlenen konsantrasyonda fenolik bileşik standardından 1 ml eklenmiştir. Elde edilen yeni karışım 0,45 µm lik filtreden süzülüş ve HPLC'e 20 µl verilmiştir. Dış standart tekniği ile hesaplama yapılarak fenolik bileşik miktarındaki artıştan geri kazanım yüzdeleri hesaplanmıştır (Çam, 2005).

Hidroliz edilen hardal unu ekstraktındaki glikozit yapıdaki fenolik bileşiklerin aglikon formuna dönüştürülmesi amacıyla hidroliz işlemi gerçekleştirilmiştir. Asidik hidroliz işlemi için Chen ve ark., (2001) tarafından yapılan işlem baz alınmıştır. Bunun için 100 ml lik balon içerisinde 80 mg askorbik asit 20 ml saf su ile çözülmüştür. Bunun üzerine ekstrakte edilen hardal unu ekstraktından 5 ml eklenmiştir. Bu karışıma 25 ml metanol ilavesinden sonra 10 ml 6M HCl çözeltisi 5 dakika içinde yavaşça eklenmiştir.

Ultrasonik banyoda degaz işleminden sonra bu karışım çalkantılı su banyosunda azot atmosferi altında 35 °C sıcaklıkta 16 saat hidroliz işlemi uygulanmıştır. Bu süre sonunda karışım soğutulup 0,45 µm lik filtreden süzölmüş ve 15 ml lik kısım vakumlu evaporatörde 35 °C sıcaklıkta çözümler uçurulmuştur. Kalan kısım 5 ml metanol içinde çözümlere 0,45 µm lik filtreden süzölmüş ve aşağıda belirtilen kromatografik koşullarda HPLC cihazına verilmiştir.

3.3.5.3 Kromatografik analiz koşulları

Kolon: Hichrom, HI-5C18 (5µm, 4.6×250 mm)

Çözücü: pH'sı H₂SO₄ ile 2,5 e ayarlanmış saf su (Çözücü A), Metanol (Çözücü B)

Kolon fırın sıcaklığı: 30°C

Dalga Boyu: 280 nm

Enjeksiyon hacmi: 5-15 µl

Hassasiyet: 0,3 AUFS

Akış hızı: 1 mL/dak. (Dereceli elüsyon programı)

| Çözücü A | Çözücü B | Zaman |
|----------|----------|------------|
| % 100 | % 0 | 0. dakika |
| % 90 | % 10 | 10. dakika |
| % 70 | % 30 | 40. dakika |
| % 100 | % 0 | 50. Dakika |

Dereceli elüsyon programından sonra bir sonraki analiz için kolonu dengeye getirmek için 5 dakika kolondan sıvı geçirilmiştir.

3.3.6 Hardal Tohumlarının Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi

3.3.6.1 Örnek Ekstraktlarının Hazırlanması

İki buçuk gram hardal örneği tartılıp toplam 50 ml %50 sulu metanol ile karıştırıcıda (Ultra turrax) homojenize edilerek ekstrakte edilmiştir.

Adi süzgeç kağıdından süzülen ekstraktlar 4000 x g 3 dak. 4°C'de soğutmalı santrifüjde (Hettich Zentrifüger-Universal 32 R) santrifüjlenmiş ve süzüntü hacmi 50 ml'e tamamlandıktan sonra mavi bant (No 589) filtre kağıdından süzülmüştür.

3.3.6.2 Serbest Radikal Giderme Etkisinin Saptanması

Elde edilen ekstraktların ortama ilave edilen 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH[•]) radikalini giderme etkisini saptamak için Brand-Williams vd. (1995)'nin yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla, elde edilen ekstraktlardan metanol ile 0,4-4 mg/ml arasında dilüsyonlar hazırlanmıştır. Her bir dilüsyondan 0,1 ml alınarak üzerine 3,9 ml 6 x 10⁻⁵ M metanolla hazırlanmış DPPH[•] çözeltisi eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Örnekler karanlıkta ve oda sıcaklığında 60 dak. bekletilmiştir. Daha sonra 515 nm'de absorpsanları metanole karşı ölçülmüştür. Örneksiz DPPH[•] radikalinin absorpsansı kontrol olarak alınmıştır.

DPPH[•] (6 x 10⁻⁵ M) stok çözeltisinden yedi farklı konsantrasyonda hazırlanan seri çözeltilerin 515 nm'de absorpsanları okunarak konsantrasyonlara karşı absorpsanların lineer regresyon denklemi oluşturulmuştur:

$$A_{(515 \text{ nm})} = 17,492 (C_{\text{DPPH}^{\bullet}}) - 0,0124 \quad (R^2 = 0,986)$$

Farklı konsantrasyonlarda hazırlanan örnek serilerinin okunan absorpsan değerlerine karşılık gelen arta kalan DPPH[•] konsantrasyonları hesaplanmış ve buradan da arta kalan DPPH[•] yüzdesi: % arta kalan DPPH[•] = $[DPPH^{\bullet}]_{\text{örnek}} / [DPPH^{\bullet}]_{\text{kontrol}}$ eşitliği ile hesaplanmıştır.

Arta kalan DPPH \cdot yüzdesi ile deney ortamındaki örnek miktarının DPPH \cdot miktarına oranı (mg örnek/mg DPPH \cdot) arasında lineer regresyon denklemi oluşturulmuş ve bu denklemden yararlanılarak hardal için başlangıçtaki DPPH \cdot konsantrasyonunu %50 azaltan örnek konsantrasyonu (efficient concentration = EC₅₀) değerleri saptanmıştır. EC₅₀ değerleri bire bölünerek 1/EC₅₀ değeri yani antiradikal aktivite (AE) hesaplanmıştır.

3.3.6.3 Fe⁺² ile Şelat Yapma Aktivitesinin Saptanması

Örneklerin Fe⁺² ile şelat yapma aktivitesini saptamada Rival ve arkadaşları (2001) tarafından uygulanan yöntemler modifiye edilerek kullanılmıştır. 6-45 mg/ml arasında değişen farklı konsantrasyonlarda hazırlanan örnek ekstraktlarından 1 ml alınmış ve 3,7 ml deiyonize su ile karıştırılmıştır. Üzerine 0,1 ml 2 mM FeCl₂ çözeltisi eklenmiş, iyice karıştırılarak 70 dak. karanlıkta ve oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 0,2 ml 5 mM ferrozin eklenerek tekrar karıştırılmış ve 10 dak. sonra oluşan Fe⁺² - ferrozin kompleksinin absorbansı 562 nm'de ölçülmüştür. Kontrol okumada örnek yerine 1 ml su kullanılmıştır. Örneklerin Fe⁺² ile şelat yapma kapasitesi aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır (Yen and Wu 1999):

$$\% \text{ şelat yapma aktivitesi} = [1 - (\text{örnek absorbansı} / \text{kontrolün absorbansı})] \times 100$$

3.3.6.4 H₂O₂ Giderme Etkisinin Saptanması

Baharat ve bitki ekstraktlarının H₂O₂ giderme yeteneği spektrofotometrik olarak saptanabilmektedir (Ruch *et al.*, 1989). Bunun için 1 ml (2,6 ve 10 mg/ml) örnek, 3,4 ml 0,1 M fosfat tamponu (pH 7,4) ve 0,6 ml aynı tamponda hazırlanmış 43 mM H₂O₂ ile karıştırılmış ve 60 dak. sonra 230 nm'de karışımın absorbansı ölçülmüştür. Her örnek konsantrasyonu için H₂O₂ içermeyen kontrol çözelti hazırlanmıştır.

Ortamdaki reaksiyona girmemiş H₂O₂(mM) konsantrasyonunu saptamak için lineer regresyon denklemi kullanılmıştır.

Bunun için 3,4 ml fosfat tamponuna 0,6 ml 10, 15, 25, 43 ve 50 mM H₂O₂ çözeltisi eklenmiş ve 230 nm'de absorbanları ölçülmüş, konsantrasyona karşı absorbanların grafiği çizilerek lineer regresyon denklemi oluşturulmuştur:

$$A_{(230)} = 0,0089 \times C (\text{H}_2\text{O}_2, \text{mM}) + 0,0868 \quad (R^2 = 0,9872)$$

(+)-catechin referans antioksidan olarak kullanılmıştır. Örneklerin H₂O₂ giderme kapasitesi aşağıdaki denklemle hesaplanmıştır:

$$\text{H}_2\text{O}_2 \text{ giderme kapasitesi}(\%) = [1 - (\text{örnekte bulunan H}_2\text{O}_2 \text{ kons.} / \text{kontrolün H}_2\text{O}_2 \text{ kons.})] \times 100.$$

3.3.6.5 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Folin Ciocalteu kalorimetrik metodu kullanılarak örneklerin toplam fenolik madde içerikleri analiz edilmiştir (Singleton and Rossi, 1965). 765 nm dalga boyu kullanılarak spektrofotometrede okuma gerçekleştirilmiştir. Değerler mg GA/g olarak hesaplanmıştır.

3.3.7 pH Tayini

Örnekler distile su ile 1/10 oranında karıştırılıp homojenize edilmiş ve pH değerleri pH metre'de (Hanna HI 2211) belirlenmiştir. Okumalardan önce pH metre, pH 4 ve 7 tampon çözeltileriyle ayarlanmıştır (Gökalp vd. 1995).

3.3.8 Renk Analizi

Köfte örneklerinin renk ölçümleri oda sıcaklığında (20±2 °C); D₆₅, 2° gözlem aydınlatıcılı chromameter CR-400'ın (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japan) Diffuse/O mode, aydınlatma ve ölçüm için 8 mm diyafram açıklığı kullanılarak belirlenmiştir. Enstrüman, ölçümden önce beyaz referanslı fayans ile ($L^*=97.10$, $a^*=-4.88$, $b^*=7.04$) kalibre edilmiştir.

L^* , a^* (\pm kırmızı-yeşil) ve b^* (\pm sarı-mavi) renk koordineleri CIELab renk skalasına göre belirlenmiştir. Ölçümler doğrudan örneklerin 5 farklı noktasından aletin konumu değiştirilip okumalar yapılarak tamamlanmıştır (Kayaardı ve Gök, 2003).

3.3.9 Tiyobarbütirik Asit Değerinin (TBA) Tayini

10 g örnek 50 °C'deki 50 ml saf su ile 2 dk. homojenize edilmiştir. Homojenat destilasyon balonuna aktarılmış ve üzerine 47.5 ml saf su daha eklenmiştir. Üzerine 2,5 ml HCl çözeltisi (1:2, %37'lik konsantre HCl:saf su) ilave edilmiş ve toplam hacim 100 ml'ye tamamlanmıştır. Köpük önleyici olarak parafin, kaynamayı kolaylaştırmak amacıyla da kaynama taşları konulmuş ve sonra destilasyon düzeneğine bağlanmıştır. Yaklaşık 50 ml destilat toplanana kadar destilasyona devam edilmiştir. 5 ml destilat kapaklı tüplere alınıp üzerine 5 ml TBA reaktifi eklenmiştir. Şahit deneme için de 5 ml saf suya 5 ml TBA reaktifi eklenmiştir. Tüpler iyice karıştırıldıktan sonra kaynar su banyosuna konulup 35 dk. bekletilmiş, daha sonra 10 dk. su içinde soğutulmuştur. Hafif pembe renge sahip çözeltiler spektrofotometre küvetlerine aktarılmış, şahide karşı 538 nm'de absorbans okunmuş ve belirlenen katsayı (7,8) ile çarpılarak TBA sayısı mg malonaldehit/kg örnek olarak hesaplanmıştır (Gökalp vd., 1995).

3.3.10 Mikrobiyolojik Analizler

3.3.10.1 Numunelerin Analize Hazırlanması

Köfte örneklerinden steril koşullarda 10 g alınarak 90 ml. peptonlu su örneğin üzerine ilave edilmiş, stomacherde homojenize edilerek 10^{-1} dilüsyonu hazırlanmıştır. Seyrelti peptonlu su kullanılarak 10^{-7} 'e dilue edilmiştir. Mikroorganizmaların kolonilerinin sayısı, numunenin her seyreltisinden birer ml. kullanılarak ve üç seri halinde ekim yapılarak, petri kutusuna yayma plak metodu ile saptanmıştır. Koloni sayısı 30 ile 300 arasında olan plaklardaki koloniler sayılarak değerlendirilmiştir.

3.3.10.2 Toplam Mezofil Aerob Bakteri (TMAB) ve Toplam Psikrofil Aerob Bakteri (TPAB) Sayımı

TMAB ve TPAB sayımı için Merck firmasının Plate Count Agar (PCA) besiyeri kullanılmıştır. TMAB için 35 ± 2 °C'de 48 saat inkübe edilen plaklarda koloniler sayılarak değerlendirme yapılmıştır (Nortje *et al.*, 1990). TPAB için 6 °C'de 6-7 gün inkübe edilen plaklarda koloniler sayılarak değerlendirme yapılmıştır.

3.3.10.3 Koliform Grubu Mikroorganizmaların Sayımı

Bu grup bakteri sayımında Merck firmasının Violet Red Bile Agar besiyeri kullanılmıştır. Plaklar 35 ± 2 °C'de 24 saat inkübe edildikten sonra değerlendirilmiştir (Nortje *et al.*, 1990).

3.3.10.4 Maya Küf Sayımı

Maya ve küf sayımında Merck firmasının Potato Dextrose Agar (PDA) kullanılmıştır. Besiyeri sterilize edilip 50°C'ye kadar soğutulduktan sonra dökülerek petriyerler 20-25°C'de 5-7 gün inkübe edildikten sonra oluşan koloniler sayılmıştır (İnal, 1992).

3.3.11 Duyusal Analizler

Örneklerin duyusal analizlerinde her bir gruptaki köfte örnekleri önceden ısıtılmış (170-180 °C) elektrikli ızgarada her bir yüzü yaklaşık 3 dakika süre ile pişirme işlemi uygulanmıştır. Duyusal değerlendirme 8 adet panelist tarafından yapılmıştır. Panelistlere değerlendirmeye geçmeden önce köftelerin kalite karakteristikleri hakkında bilgi verilmiştir. Örneklerin duyusal değerlendirilmesi floresan ışık altında tüm tekrarlar aynı saatte yapılmış, panelistler tarafından köftelerde tat, koku, tekstür, görünüş, genel beğeni açısından değerlendirmede bulunmuşlardır. Örnekler arasında etkileşime olmaması için panelistlere her bir örneğin değerlendirilmesi öncesinde su ve ekmekek verilmiştir.

Panelistler değerlendirmeleri 1–3 (çok kötü- kabul edilemez), 4-5(orta), 6-7 (iyi), 8-9 (çok iyi) puan aralığındaki hedonik skalaları kullanarak yapılmışlardır (Altuğ 1993; Soyer 1995).

3.3.12 İstatiksel Analizler

Araştırmada örneklerin depolama aşamalarında yapılan analizlerin sonuçları SPSS 20.0 (SPSS Inc, USA) istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Farklı hardal katkılı örneklerin depolama periyodunda yapılan analizlerinden elde edilen veriler tesadüf blokları deneme düzeninde varyans analizi tekniği uygulanarak değerlendirilmiştir. Farklılık görülen gruplarda farklılığın hangi düzeyde olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir.

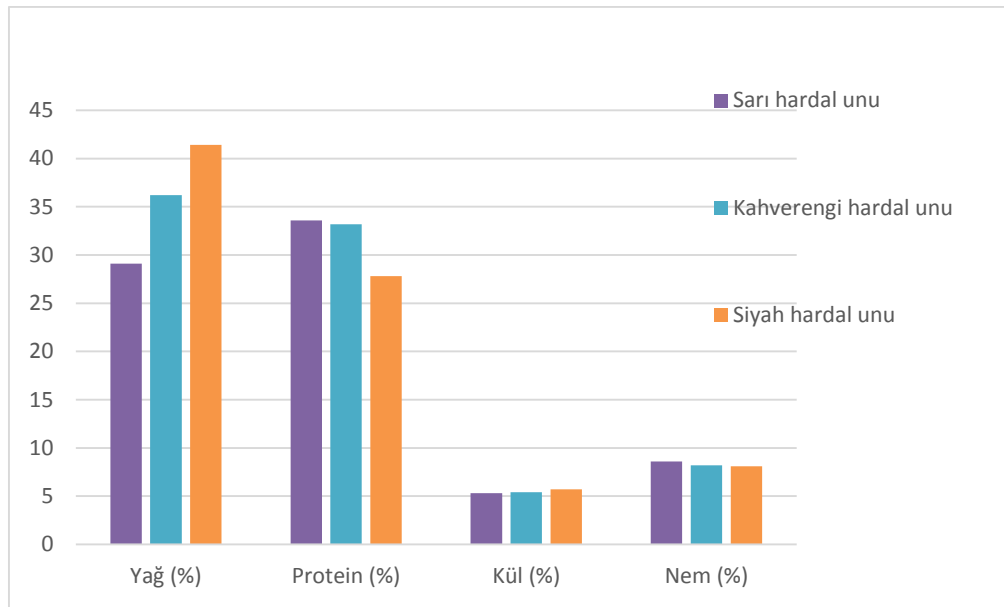
4. BULGULAR

4.1 Hardal Unlarının Kimyasal Bileşimi

Çalışmada kullanılan hardal unlarının kimyasal bileşimi Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Hardal unlarının protein oranı %27,8-%33,6 arasında değişmektedir. Hardal örneklerinin protein oranları karşılaştırıldığında en az protein oranına siyah hardal unu, en fazla protein oranına sarı hardal ununun sahip olduğu belirlenmiştir. Cui ve Eskin (1998) hardal tohumunun değerli bir aminoasit ve protein kaynağı olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.1 Hardal unlarının kimyasal bileşimi.

| Hardal Grubu | Yağ (%) | Protein (%) | Kül (%) | Nem (%) |
|-----------------------|---------|-------------|---------|---------|
| Sarı hardal unu | 29,10 | 33,60 | 5,30 | 8,60 |
| Kahverengi hardal unu | 36,20 | 33,20 | 5,40 | 8,20 |
| Siyah hardal unu | 41,40 | 27,80 | 5,70 | 8,10 |



Şekil 4.1 Hardal unlarının kimyasal bileşimi.

Yapılan kimyasal analizler sonucunda hardal unlarının yağ oranları %29,1-%41,4 arasında değişmekte olduğu tespit edilmiştir.

Yağ oranı en fazla olan hardal örneği siyah hardal unu iken, en az yağ oranı sarı hardal ununda tespit edilmiştir. Hardal unlarının kül oranları 5,3-5,7 nem oranlarının ise 8,1-8,6 arasında değiştiği belirlenmiştir.

4.2 Hardal Tohumlarının Fenolik Madde İçeriği

Hardal tohumlarının fenolik madde içeriği Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

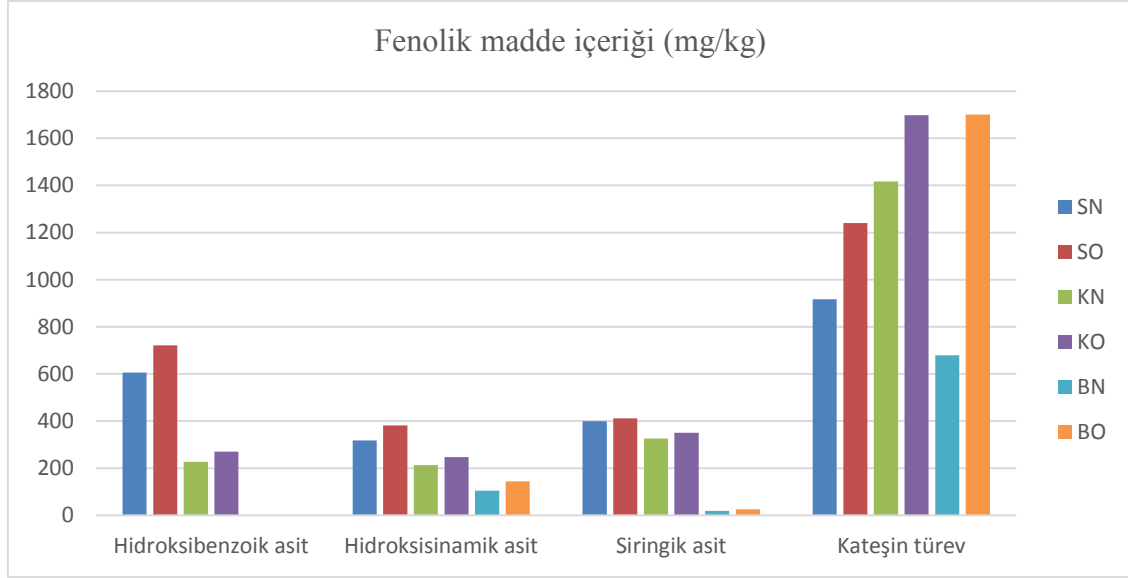
Çizelge 4.2 Hardal tohumlarının fenolik madde içeriği (mg/kg).

| Grup | Hidroksibenzoik asit | Hidroksisinamik asit | Siringik asit | Kateşin türevi |
|------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| SN | 605,69 ^B | 318,29 ^B | 399,13 ^B | 916,54 ^D |
| SO | 721,65 ^A | 381,66 ^A | 411,29 ^A | 1239,56 ^C |
| KN | 226,15 ^D | 212,61 ^D | 325,89 ^D | 1416,86 ^B |
| KO | 270,42 ^C | 246,97 ^C | 350,14 ^C | 1698,11 ^A |
| BN | 0 | 104,00 ^F | 18,30 ^E | 679,07 ^E |
| BO | 0 | 143,23 ^E | 25,58 ^E | 1701,11 ^A |

İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).

Yapılan çalışmada hardal tohumlarının fenolik madde içerikleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Hardal tohumlarının hidroksibenzoik asit içeriği en yüksek SO örneğinde en düşük değerin ise sırasıyla BN ve BO örneklerinde belirlenmiştir (p<0,05). Örneklerin hidroksisinamik asit içeriği birbirleriyle kıyaslandığında en yüksek değer SO örneğinde en düşük değer ise BN örneğinde tespit edilmiştir. Numunelerin siringik asit içeriği karşılaştırıldığında en yüksek değer SO en düşük değer BN ve BO örneğinde görülmüştür (p<0,05). Hidroksibenzoik asitler bitkisel gıdaların içeriğinde düşük miktarlarda bulunmaktadır. Başlıcaları salisilik asit, mhidroksibenzoik asit, phidroksibenzoik asit, gallik ve vanilik asit gibi asitler sayılabilir. Hidroksibenzoik asitler, hidroksisinamik asitlerden yağ asitlerinin β-oksidasyonu ile bir reaksiyon zinciri sonucunda meydana gelmektedirler.

Hidroksisünamik asitler ise bitkisel ürünlerde yaygın olarak bulunmaktadırlar ve fenilpropan halkasına bağlanan hidroksil grubunun konumu ve sayısına göre çeşitli özellikleri mevcuttur. Bu grup asitler arasında ferulik asit, kafeik asit, *o*-kumarik asit ve *p*-kumarik asit önemli yer tutmaktadır (Schuster and Herrmann 1985).



Şekil 4.2 Hardal tohumlarının fenolik madde içeriği.

4.3 Hardal Tohumlarının Antioksidan Aktiviteleri

Hardal tohumlarının antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3’de verilmiştir. Hardal tohumlarının antioksidan aktivitesinin antiradikal aktivite, Fe^{+2} şelatlama aktivitesi (%), H_2O_2 inhibisyonu ve toplam fenolik madde miktarı cinsinden değerlendirilmiştir.

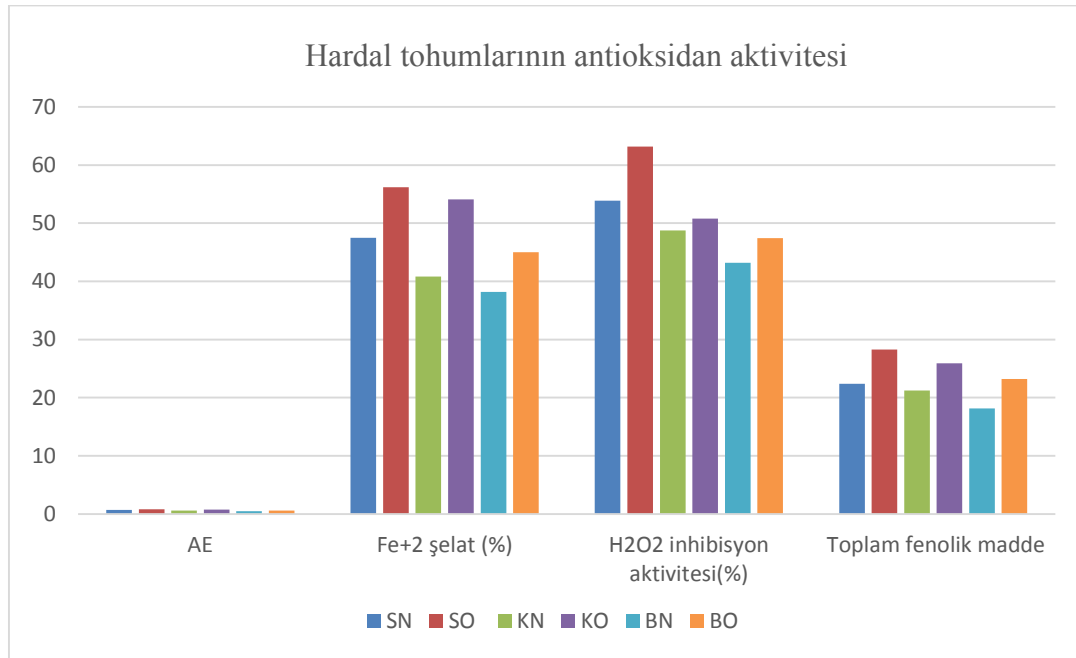
Yapılan çalışmada hardal tohumlarının antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmüştür ($p < 0,05$). Hardal örneklerinin antiradikal aktiviteleri karşılaştırıldığında en yüksek değer SO ve KO örneklerinde en düşük değer ise BN örneğinde görülmüştür ($p < 0,05$). Otoklav uygulamasının hardalın antiradikal aktivitesi üzerine etkisi incelendiğinde tüm hardal çeşitlerinde bu uygulama olumlu etki göstermiş olup örneklerin antiradikal aktivite değerlerini arttırmıştır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.3 Hardal tohumlarının antioksidan aktivitesi değerleri.

| Grup | Antiradikal aktivite (%) | Fe ²⁺ şelatlama aktivitesi (%) | H ₂ O ₂ inhibisyonu (%) | Toplam Fenolik madde miktarı (mg gallik asit/g) |
|------|--------------------------|---|---|---|
| SN | 68,00 ^{AB} | 47,50 ^B | 53,89 ^B | 22,39 ^{CD} |
| SO | 81,00 ^A | 56,17 ^A | 63,18 ^A | 28,29 ^A |
| KN | 60,00 ^{AB} | 40,81 ^C | 48,78 ^{CD} | 21,23 ^D |
| KO | 75,00 ^A | 54,10 ^A | 50,78 ^C | 25,93 ^B |
| BN | 45,00 ^B | 38,21 ^C | 43,22 ^E | 18,13 ^E |
| BO | 59,00 ^{AB} | 45,00 ^B | 47,44 ^D | 23,23 ^C |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).



Şekil 4.3 Hardal tohumlarının antioksidan aktivitesi değerleri.

Metal şelatlama kapasitesi, fenolik bileşiklerin yapısında bulunan fonksiyonel gruplara, bu fonksiyonel grupların pozisyonuna ve bulunma miktarına bağlıdır. Yapısında, -OH, -SH, -COOH, -PO₃H₂, C=O, -NR₂, -S ve -O fonksiyonel gruplarından en az iki tane bulunduran ve bunların uygun yapı ve fonksiyonel konfigürasyonundaki fenolik bileşiklerin, şelatlama özelliklerinin daha iyi olduğu bilinmektedir (Becker *et al.*, 2004).

Örneklerin Fe⁺² şelatlama aktivitesi arasında önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Hardal örneklerinin Fe⁺² şelatlama aktivitesi karşılaştırıldığında en yüksek değer SO ve KO örneklerinde en düşük değer ise KN ve BN örneğinde görülmüştür (p<0,05). Otoklav uygulamasının hardalın şelat bağlama kapasitesi üzerine etkisi incelendiğinde tüm hardal çeşitlerinde bu uygulama olumlu etki göstermiş olup numunelerin Fe⁺² şelatlama aktivitesi değerlerini arttırmıştır (p<0,05).

Numunelerin H₂O₂ inhibisyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olduğu tespit edilmiş (p<0,05) ve en yüksek değer SO örneğinde en düşük değer ise BN örneğinde olduğu belirlenmiştir. Otoklav uygulamasının benzer şekilde hardalın H₂O₂ inhibisyon değerlerini arttırdığı (p<0,05) tespit edilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite arasındaki ilişki birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Bazı araştırmalarda toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivite arasında doğrusal bir ilişki olduğu gösterilmiştir (Price *et al.* 1997, Ioku and Ayoma 2001, Vina and Chavez 2006). Buna karşın, bu konuda yapılan diğer araştırmalarda ise, bu iki parametre arasında ya böyle bir ilişkinin olmadığı ya da zayıf bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Work and Camire 1996, Kuti and Konuru 2004, Gerard and Roberts 2004, Lombard and Peffley 2005).

Aromatik bitki ve baharatlardaki antioksidan potansiyeli fenolik bileşiklerindeki redoks özelliklerine bağlı olup indirgen madde, hidrojen doyurucu ve tekli oksijen doyurucusu gibi muamele etmelerine müsaade etmektedir. Bitki fenolik bileşikleri yüksek antioksidan etkinliğine sahip ikincil ara maddelerdir ve ballıbabagiller türleri içinde yaygın olarak bulunurlar (Caragay 1992).

Numunelerin toplam fenolik madde miktarları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir (p<0,05). Hardal örneklerinin toplam fenolik madde miktarları kıyaslandığında en yüksek değer SO örneğinde en düşük değer ise BN örneğinde görülmüştür (p<0,05). Otoklav uygulamasının hardalın toplam fenolik madde miktarını arttırdığı belirlenmiştir.

Otoklavlama fenolik madde içeriğini SO örneğinde %26,33 oranında artırırken, KO ve BO örneğinde sırasıyla %22,17 ve %21,95 oranında artırmıştır. Benzer şekilde çeşitli çalışmalarda otoklav uygulamasının hardalın antioksidan aktivite kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir. Luciano, Belland ve Holley (2011), Nilson ve Holley'in (2012) otoklav uygulamasının hardalın sinalbin seviyesini stabilize ettiğini rapor etmişlerdir (Luciano, Belland and Holley., 2011; Nilson and Holley, 2012). Hardalda otoklav uygulaması sadece sinalbin değil sinigrin ve hardalda mevcut olan diğer glikozinatların da stabilizasyonuna neden olmaktadır.

4.4 Nem

Hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin % nem içerikleri Çizelge 4.4'de ve Şekil 4.4'de verilmiştir. Çeşitli hardal tohumu ilave edilen örneklerin 0, 4, 7, 15 gün sonrasında nem miktarlarında başlangıç oranlarına göre artış belirlenmiştir. Köftelerdeki nem değerindeki artış örneklerin konulduğu polietilen torbaların nem geçirgenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin % nem içerikleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 50,12 ^{bDE} | 50,17 ^{bFG} | 51,00 ^{abE} | 52,14 ^{aEF} |
| SN1 | 53,35 ^{cA} | 53,45 ^{cA} | 54,21 ^{bA} | 55,24 ^{aA} |
| SN2 | 51,12 ^{bBD} | 51,19 ^{bCE} | 52,02 ^{abCD} | 53,03 ^{aCE} |
| SO1 | 51,88 ^{cBC} | 52,00 ^{cBC} | 52,81 ^{bBC} | 53,84 ^{aBD} |
| SO2 | 50,88 ^{cCD} | 50,99 ^{cDF} | 51,86 ^{bD} | 52,88 ^{aDE} |
| KN1 | 52,25 ^{bB} | 52,35 ^{bB} | 53,16 ^{bB} | 54,16 ^{aB} |
| KN2 | 52,05 ^{bB} | 52,16 ^{bBC} | 53,05 ^{abB} | 54,07 ^{aBC} |
| KO1 | 50,17 ^{bDE} | 50,27 ^{bEG} | 51,05 ^{abE} | 52,08 ^{aEF} |
| KO2 | 49,16 ^{bEF} | 49,26 ^{bG} | 50,10 ^{abF} | 51,12 ^{aFG} |
| BN1 | 48,16 ^{bF} | 48,25 ^{bH} | 49,11 ^{bG} | 50,13 ^{aG} |
| BN2 | 50,01 ^{bDE} | 50,11 ^{bFG} | 50,97 ^{bE} | 51,99 ^{aEF} |
| BO1 | 51,47 ^{bBC} | 51,57 ^{bBD} | 52,41 ^{abBD} | 53,43 ^{aBD} |
| BO2 | 49,94 ^{cDE} | 50,03 ^{cFG} | 50,88 ^{bE} | 51,88 ^{aEF} |

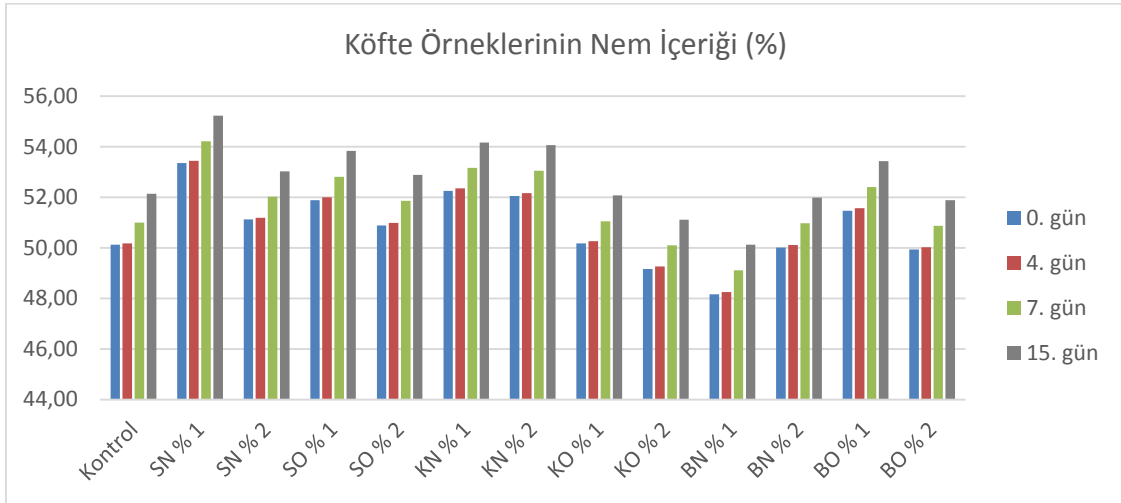
¹Sonuçlar iki tekrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Örneklerin başlangıçta nem oranı % 48,16-%53,35 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Başlangıçta örneklerin nem oranları incelendiğinde en yüksek değer % 1 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 normal siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Örneklerin 4. günde nem oranı % 48,25-%53,45 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). 4 gün sonrası örneklerin nem oranları incelendiğinde en yüksek değer % 1 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 normal siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Örneklerin 7. günde nem oranı % 49,11-% 54,21 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmiştir ($p<0,05$). 7 gün sonrası örneklerin nem oranları incelendiğinde en yüksek değer % 1 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 normal siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.4 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin nem içerikleri.

Numunelerin depolama sonundaki nem oranları % 50,13-%55,23 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir. 15 gün sonrası örneklerin nem oranları incelendiğinde en yüksek değer % 1 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 normal siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde saptanmıştır ($p<0,05$).

Hasbioğlu (1993) ve Poyrazoğlu (1992) hamburger köfteleri üzerine yaptıkları çalışmalarında, hamburger köftelerinin nem miktarını sırasıyla %56,97- 61,42 ve %59,20-60,76 arasında olduğu tespit etmişlerdir. TS 10580 pişmemiş hamburger köftesi standardında ise nem oranı en çok %65 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmada köftelerde bulunan nem miktarı TS 10580’de belirtilen sınırlar içinde kalmıştır (Anonim 2002).

4.5 pH

Köfte numunelerinin pH değerleri Çizelge 4.5’de ve Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin pH değerleri.

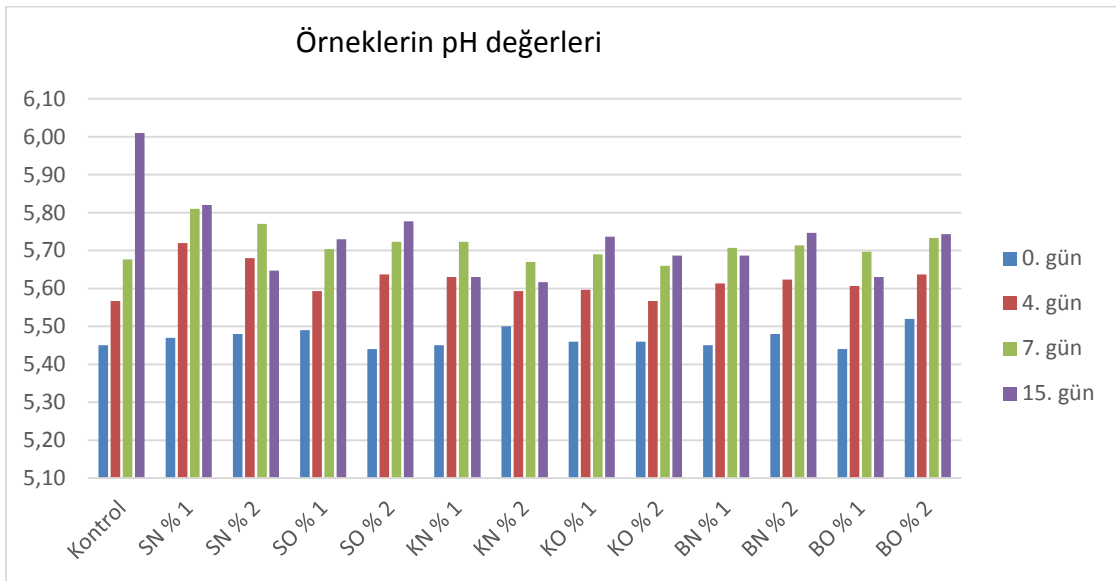
| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|----------|----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 5,45 bA | 5,57 bA | 5,68 bA | 6,01 aA |
| SN1 | 5,47 bA | 5,72 abA | 5,81 aA | 5,82 aAB |
| SN2 | 5,48 aA | 5,68 aA | 5,77 aA | 5,65 aB |
| SO1 | 5,49 aA | 5,59 aA | 5,70 aA | 5,73 aB |
| SO2 | 5,44 bA | 5,64 abA | 5,72 aA | 5,78 aAB |
| KN1 | 5,45 aA | 5,63 aA | 5,72 aA | 5,63 aB |
| KN2 | 5,50 aA | 5,59 aA | 5,67 aA | 5,62 aB |
| KO1 | 5,46 aA | 5,60 aA | 5,69 aA | 5,74 aB |
| KO2 | 5,46 aA | 5,57 aA | 5,66 aA | 5,69 aB |
| BN1 | 5,45 aA | 5,61 aA | 5,71 aA | 5,69 aB |
| BN2 | 5,48 bA | 5,62 abA | 5,71 abA | 5,75 aAB |
| BO1 | 5,44 aA | 5,61 aA | 5,70 aA | 5,63 aB |
| BO2 | 5,52 aA | 5,64 aA | 5,73 aA | 5,74 aB |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$).

Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilen örneklerin 0, 4, 7 gün boyunca pH değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Benzer şekilde Karwowska ve Dolatowski (2013) sosislere %0,2-0,5 oranında hardal ilavesinin depolama boyunca pH üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir.

Numunelerin 15. günde pH değerleri 5,62 ile 6,01 arasında olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Numunelerin pH değerleri incelendiğinde en yüksek değer kontrol örneği saptanmışken en düşük değer % 2 normal kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde belirlenmiştir ($p<0,05$). Hardal tozu ilavesi depolama boyunca örneklerin pH değerlerinde kontrol örneğine göre düşüşe neden olmuştur. Buna karşın Lee vd. (2010), kıyma örneklerinde yaptıkları çalışmalarında kontrol grubunun pH'sının, 0,02% askorbik asit, 0,1% hardal yaprağı ekstraktı ve 0,2% hardal yaprağı ekstraktı içeren örneklerden daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Ancak Rojas ve Brewer (2007) bu çalışmaya benzer şekilde hardal yaprağı ekstraktının kıymanın pH'ını 5,92'den 5,71'e düşürdüğünü rapor etmiştir.



Şekil 4.5 Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin pH değerleri.

Numunelerin depolama boyunca pH değerleri artmış ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Et ve et ürünlerinde mikrobiyal gelişim ürün pH'sını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür ve mikrobiyal gelişimi sınırlandırıcı uygulamalar da dolayısıyla pH değeri üzerine etki edebilmektedir. Benzer şekilde Kumar ve Tanwar (2011) 15 gün boyunca depolanmış öğütülmüş hardal tohumu içeren tavuk nuggetlarının pH'sında artış tespit etmişlerdir.

Stetzer vd. (2008), kekik ekstraktı, biberiye ekstraktı ve üzüm çekirdeği ekstraktının sığır etinden yapılan miyogloblin ekstraktlarına eklenmesiyle oluşturulan model sistemde, ekstrakt kullanılan grup pH'larının kontrol gruplarına göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Aynı şekilde Karpinska vd. (2008) %1 biberiye ekstraktı ilave ettikleri hindi köftelerinde soğuk (4°C) depolama süresince yapılan pH ölçümlerinde, kontrol grubunda pH değerlerinin (6,50-6,38) biberiye içeren gruplara (6,40-6,33) kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Poyrazoğlu (1992), farklı oranlarda sodyum polifosfat ile formüle edilen hamburger köftelerinde pH değerindeki değişimler üzerine donmuş depolamanın 60. gününe kadar olan süre içerisinde önemli bir farkın gözlenmediğini belirtmiştir ($p>0,05$). Akarpat vd. (2008), sığır etlerine %10 biberiye ekstraktı, %10 mirtle ekstraktı ve %10 limon ekstraktı ilavesinin -20°C'de depolama süresince pH değişimlerini inceledikleri çalışmada, depolamanın 120. gününden itibaren bütün gruplarda pH değerinde düşüş olduğunu rapor etmişlerdir.

4.6 Renk

4.6.1 L* (Parlaklık) Değeri

Köfte örneklerinin parlaklık olarak ifade edilen L* değeri Çizelge 4.6'da ve Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilen örneklerin başlangıçta parlaklık değeri 43,49 - 48,79 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Başlangıçta örneklerin parlaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer % 2 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 otoklavlanmış siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu farklılık hardal tohumlarının doğal renklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hardal tohumu ilave edilen örneklerin 4. günde parlaklık değeri 40,06 - 51,72 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolamanın 4. gününde örneklerin parlaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer % 1 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde saptanmışken en düşük değer kontrol örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.6 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki L* değerleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 48,38 bA | 40,06 dH | 44,4 cE | 53,63 aB |
| SN1 | 48,12 bAB | 42,93 dFG | 50,42 aB | 46,43 cFG |
| SN2 | 48,79 bA | 46,77 cC | 55,35 aA | 48,39 bDE |
| SO1 | 47,67 bAC | 45,31 cCD | 46,92 bD | 58,32 aA |
| SO2 | 44,71 cEF | 46,53 bC | 50,23 aB | 47,51 bEG |
| KN1 | 48,63 aA | 48,80 aB | 48,34 aC | 47,95 aDF |
| KN2 | 45,91 bDE | 44,00 bDF | 49,88 aB | 46,07 bGH |
| KO1 | 46,1 dCE | 51,72 bA | 54,39 aA | 48,81 cDE |
| KO2 | 45,87 aDE | 42,1 cG | 46,56 aD | 44,58 bHI |
| BN1 | 48,19 aAB | 43,58 bEG | 48,51 aC | 49,50 aD |
| BN2 | 46,67 bBD | 45,35 bCD | 46,77 bD | 53,12 aBC |
| BO1 | 43,49 cF | 43,3 cEG | 48,67 bC | 51,79 aC |
| BO2 | 45,68 aDE | 44,83 abDE | 45,00 abE | 43,49 bI |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

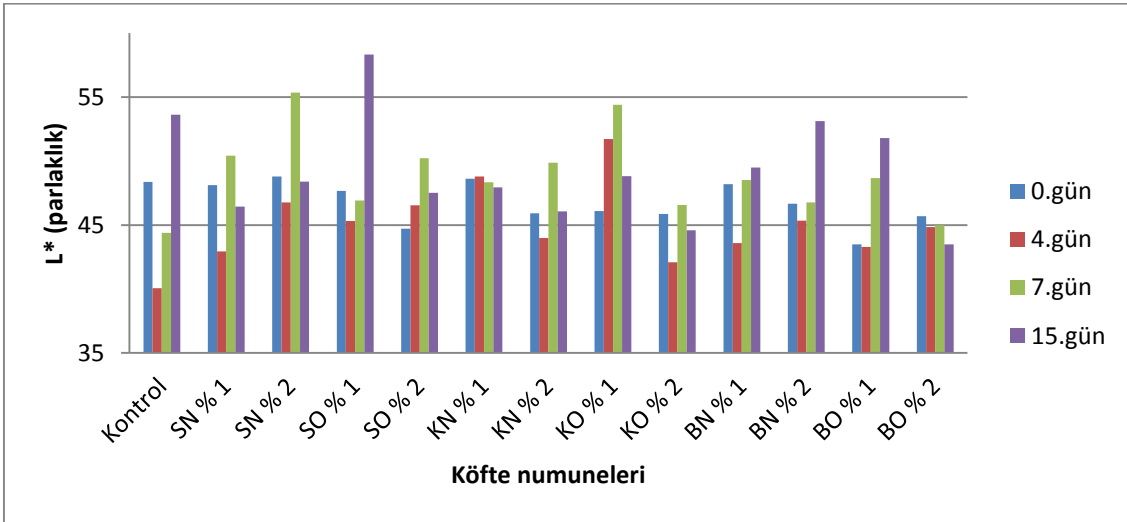
²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$).

Örneklerin 7. günde parlaklık değeri 44,4 – 55,35 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Depolama sonunda parlaklık değeri 43,49 - 58,32 arasında ($p<0,05$) saptanmıştır.

15. günde örneklerin parlaklık değerleri incelendiğinde en yüksek değer % 1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 2 otoklavlanmış siyah hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Renk oluşumu ve renk stabilitesi tüketici tarafından ürünleri kabul edilebilirliğini etkileyen et ürünlerinin önemli duyusal özelliklerindedir (Zhang *et al.*, 2007).

Köfte tipi ürünlerde depolama sırasında L^* değerinde gözlenen artışın metmiyogloblin (MMb) oluşumu ile ilgili olduğu belirtilmektedir (Fernández-López *et al.*, 2005). Antioksidan maddelerin varlığında MMb oluşumunun geciktirilebildiği ve L^* değerinin azaldığı bildirilmektedir (Fernández-López *et al.*, 2005).



Şekil 4.6 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki L^* değerleri.

Köftelerde depolama süresince 4 gün sonrası ve 15 gün sonrası L^* değerlerinin genelinde bir azalma meydana gelmiş 7 gün sonrası ise bir artış olmuştur. Wojciak vd. (2013) yaptıkları çalışmada 30 gün boyunca depolanmış bütün örneklerde (C, W, M, SM) parlaklık değerlerinde bir düşüş olduğunu belirtmişlerdir. Luciano vd. (2011) yaptıkları çalışmalarında peynir altı suyu asidi ile otoklavlanmış hardal tohumu ilavesinin fermente sosislerde depolama sonunda ürünün parlaklık değerini önemli derecede düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Araştırmacılar peynir altı suyu ve otoklavlanmış hardal içeren örneğinin parlaklıklığının düşük olmasını otoklav işlemi sırasında hardal tohumlarında oluşan maillard reaksiyonlarından kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

4.6.2 a* (Kırmızılık) Değeri

Köfte rneklerinin 0, 4, 7, 15. günde kırmızılık (a*) değerleri izelge 4.7’de ve Şekil 4.7’de gösterilmiştir.

Farklı oranlarda ğtlmş hardal tohumu ilave edilen örneklerin başlangıçta kırmızılık değeri 14,95 – 17,54 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Örneklerin a* değerindeki farklılık hardal tohumlarının doğal renk pigmentlerinden kaynaklanmaktadır. Depolamanın 4. gününde en yüksek kırmızılık değeri %1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte rneği saptanmişken en düşük değer % 1 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Depolamanın 7. gününde örneklerin kırmızılık değerleri 6,99 – 14,26 arasında olup örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Farklı oranlarda ğtlmş hardal tohumu ilave edilen örneklerin depolama sonundaki kırmızılık değerleri 8,73 – 17,66 arasında değişmekler beraber ($p < 0,05$) en yüksek a* değeri %1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte rneği saptanmişken en düşük değer %2 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Kırmızılık (a*) değeri, et ve et ürünlerinin görsel kabul edilirliliği açısından önemli parametrelerden birisidir (McCarthy *et al.*, 2001, Rhee *et al.*, 2003). Depolama süresince numunelerin kırmızılık değerlerinde genellikle bir düşüş tespit edilmiştir. Jakobsen ve Bertelsen (2000), et ürünlerindeki renk değişikliğini örneklerde meydana gelen lipid oksidasyonu reaksiyonlarından dolayı olduğunu belirtmişlerdir.

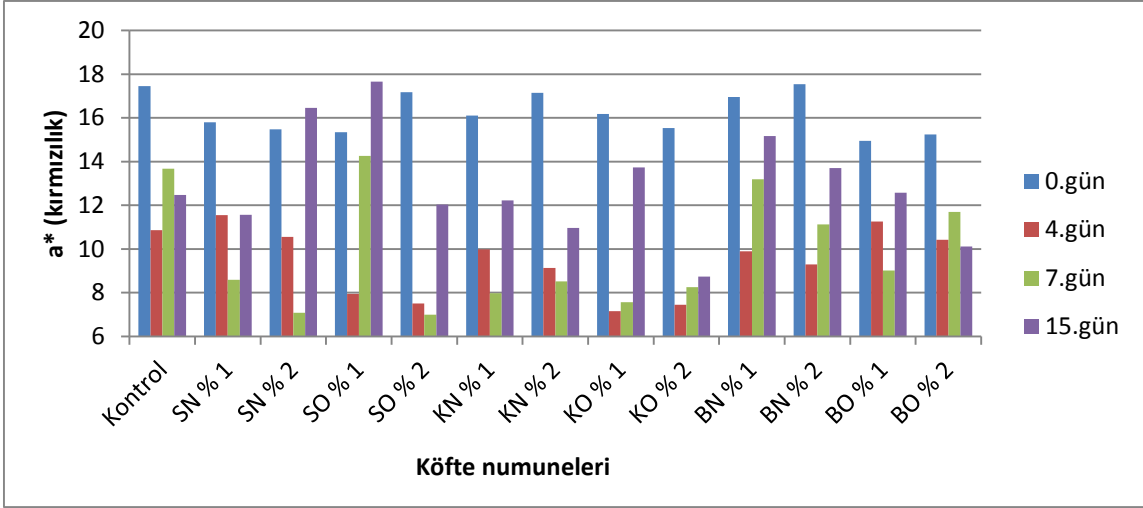
Lipit oksidasyonunda ortamda bulunan oksijenin reaksiyona katılmasıyla ortamda serbest oksijen azalmakta, bu yüzden ete kırmızı rengi veren oksimiyoglobin, kahverenkli methmyoglobine dönüşmektedir. Benzer şekilde Higgins vd. 1998, Lee vd. 1998 et ve et ürünlerinde oluşan oksidasyonun a* değerini azalttığını bildirmişlerdir. Her ne kadar hardal tohumunun doğal renkleri köftelerin rengi üzerinde önemli değişiklikler getirirse de SN2 ve SO1 örneklerindeki a* değerleri depolama sonunda daha yüksek çıkmıştır. Sebranek vd. (2005) doğal antioksidanların koruyucu etkisinin, bitkisel kaynaklardaki fenolik bileşiklerin, lipit oksidasyonu sırasında açığa çıkan peroksit gibi radikallerin myoglobini okside etmesini engellemesiyle meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.7 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki a* değerleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|-------------|-----------|------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 17,46 aAB | 10,86 cA | 13,67 bAB | 12,47 bcCD |
| SN1 | 15,8 aBCDE | 11,55 bA | 8,59 cE | 11,57 bCD |
| SN2 | 15,48 aDE | 10,56 bA | 7,08 cE | 16,46 aA |
| SO1 | 15,35 abDE | 7,95 cBCD | 14,26 bA | 17,66 aA |
| SO2 | 17,18 aABC | 7,51 cCD | 6,99 cE | 12,03 bCD |
| KN1 | 16,1 aABCDE | 9,98 bcABC | 7,98 cE | 12,22 bCD |
| KN2 | 17,15 aABC | 9,13 bcABCD | 8,52 cE | 10,96 bDE |
| KO1 | 16,18 aABCDE | 7,16 bD | 7,57 bE | 13,73 aBC |
| KO2 | 15,54 aCDE | 7,44 bCD | 8,26 bE | 8,73 bE |
| BN1 | 16,95 aABCD | 9,9c ABC | 13,19 bAC | 15,17 abAB |
| BN2 | 17,54 aA | 9,29 cABCD | 11,13 cCD | 13,71 bBC |
| BO1 | 14,95 aF | 11,26 bcEFG | 9,02 cC | 12,57 bCD |
| BO2 | 15,24 aDE | 10,42 bDE | 11,7 bE | 10,12 bDE |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).



Şekil 4.7 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki a* değerleri.

Fernández-López vd. (2005), doğal ekstraktların (biberiye, limon ve portakal lifi) pişmiş ve 8°C’de depolanmış sığır köftelerinin a* değerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, tüm örneklerin a* değerinin depolama süresince azaldığını, bu azalmanın en fazla kontrol örneğinde meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Wojciak vd. (2013) yaptığı çalışmada otoklavlı hardal tohumu ve peynir altı suyu ilave edilmiş örneğin kırmızılık değerlerinin önemli derecede yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Manda vd. (2010) hardal tohumunun glutatyon gibi biyolojik olarak aktif tiyollerden dolayı güçlü bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

4.6.3 b* (Sarılık) Değeri

Köfte örneklerinin depolama periyodundaki sarılık (a*) değerleri Çizelge 4.8’de ve Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilen örneklerin başlangıçta sarılık değeri 13,53 – 17,34 arasında değiştiği (p<0,05) saptanmıştır.

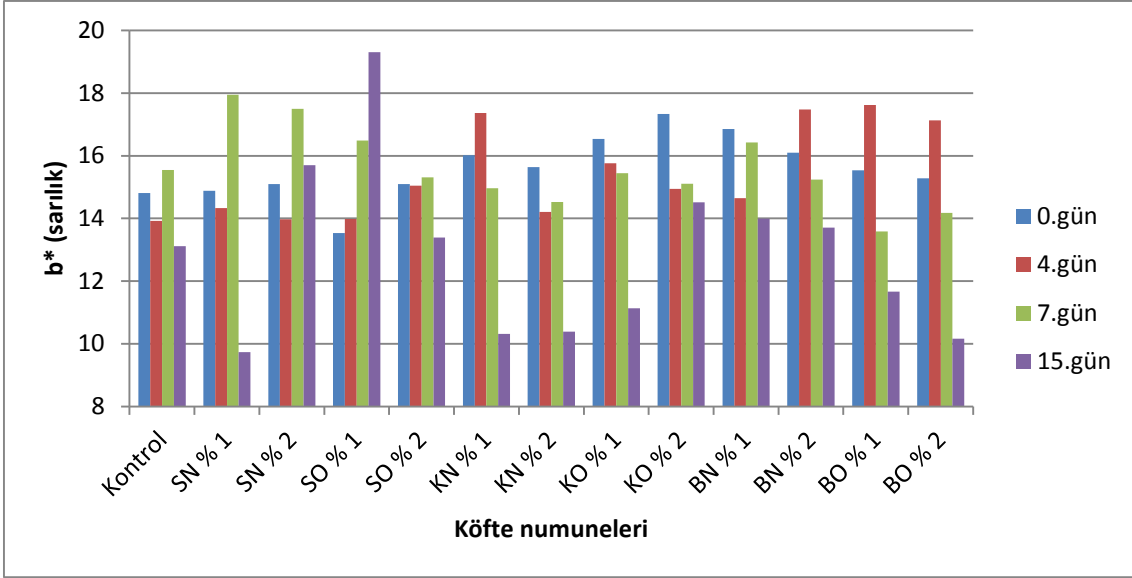
Çizelge 4.8 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki b* değerleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|------------|-------------|------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 14,81 aBC | 13,92 aC | 15,55 aBCD | 13,12 aBCD |
| SN1 | 14,88 bBC | 14,33 bC | 17,95 aA | 9,73 cE |
| SN2 | 15,1 abBC | 13,97 bC | 17,5 aAB | 15,7 abB |
| SO1 | 13,53 cC | 13,98 cC | 16,49 bABC | 19,31 aA |
| SO2 | 15,1 aBC | 15,05 aBC | 15,31 aBCD | 13,39 aBCD |
| KN1 | 16,02 aAB | 17,37 aA | 14,96 aCD | 10,31 bE |
| KN2 | 15,64 aABC | 14,21 aC | 14,53 aCD | 10,39 bE |
| KO1 | 16,54 aAB | 15,76 aABC | 15,45 aBCD | 11,13 bDE |
| KO2 | 17,34 aA | 14,94 abBC | 15,11 abBCD | 14,51 bB |
| BN1 | 16,86 aAB | 14,65 abC | 16,43 abABC | 13,99 bBC |
| BN2 | 16,1 abAB | 17,48 aA | 15,24 abBCD | 13,71 bBC |
| BO1 | 15,54 bABC | 17,62 aA | 13,58 bcD | 11,66 cCDE |
| BO2 | 15,28 abABC | 17,13 aAB | 14,18 bCD | 10,16 cE |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Başlangıçta örneklerin sarılık değerleri incelendiğinde en yüksek değer % 2 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir (p<0,05). Bununla beraber depolamanın 4. gününde örneklerin en yüksek sarılık değeri % 1 otoklavlanmış siyah hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer kontrol örneğinde tespit edilmiştir (p<0,05). Depolama sonunda örneklerin sarılık değerleri 9,73 – 19,31 arasında olup en yüksek değer % 1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 normal sarı hardal ilave edilmiş köfte örneğinde ölçülmüştür (p<0,05).



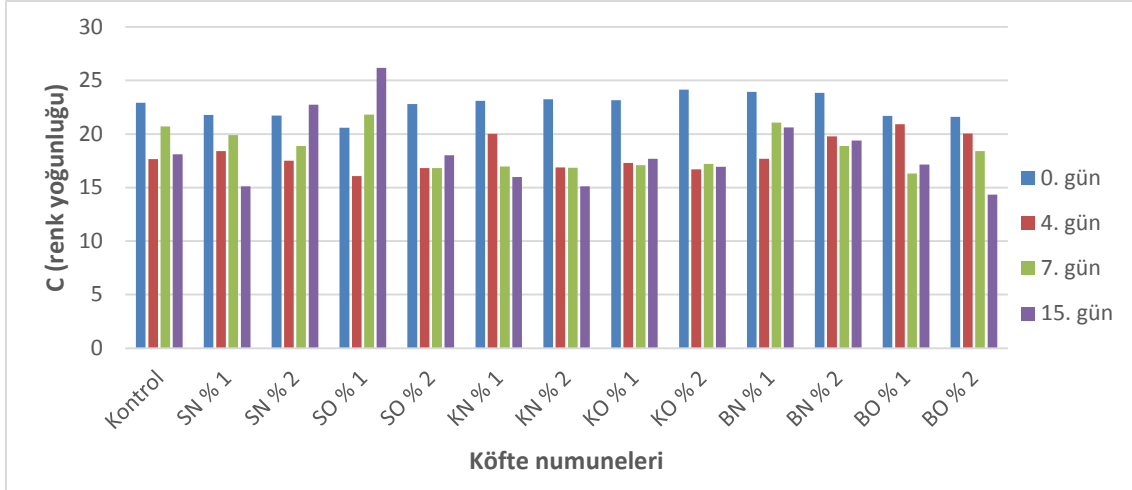
Şekil 4.8 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki b* değerleri.

Wojciak vd. (2013) yaptıkları çalışmada peynir altı suyu ve otoklavlanmış hardal ilave edilmiş sosisin kırmızılık değerinin arttığını ve sarılık değerinin azaldığını rapor etmişlerdir (Wojciak *et al.* 2013).

4.6.4 C* Değeri

Köfte örneklerinin 0, 4, 7, 15 gün sonrası renk yoğunluğu olarak ifade edilen C değeri Çizelge 4.9'da ve Şekil 4.9'da gösterilmektedir.

Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilen örneklerin başlangıçta renk yoğunluğu değeri 20,59 – 24,14 arasında olup örnekleri arasında farklılığın önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Başlangıçta örneklerin renk yoğunluğu değerleri incelendiğinde en yüksek değer % 2 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer % 1 otoklavlanmış sarı hardal ilave edilmiş köfte örneğinde tespit edilmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 4.9 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki C* değerleri.

Örneklerin renk yoğunluğu değerleri depolama sonunda SN2 ve SO1 örnekleri hariç tüm örneklerde düşmüştür ($p < 0,05$). Köfte örneklerinin depolama sonundaki renk yoğunluğu değerleri 14,35 – 26,17 arasında değişmekle beraber ($p < 0,05$) en yüksek renk yoğunluğu değerleri SO1 ve SN2 örneğinde saptanmıştır ($p < 0,05$). Benzer şekilde duyusal değerlendirmede panelistler en yüksek renk değerlendirme puanlarını (Çizelge 4.16) SO1 ve SO2 örneklerine vermişlerdir.

Çizelge 4.9 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki C* değerleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|------------|-------------|------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 22,93 aABC | 17,66 bBC | 20,7 aAB | 18,1 bDE |
| SN1 | 21,78 aABC | 18,4 bABC | 19,89 abABC | 15,12 cFG |
| SN2 | 21,73 aABC | 17,51 bBC | 18,88 bBCD | 22,75 aB |
| SO1 | 20,59 bC | 16,08 cC | 21,8 bA | 26,17 aA |
| SO2 | 22,79 aABC | 16,82 bC | 16,83 bD | 18,05 bDE |
| KN1 | 23,1 aAB | 20,03 abAB | 16,96 bcD | 15,99 cEFG |
| KN2 | 23,24 aAB | 16,89 bC | 16,84 bD | 15,1 bFG |
| KO1 | 23,17 aAB | 17,31 bBC | 17,1 bCD | 17,68 bDEF |
| KO2 | 24,14 aA | 16,69 bC | 17,22 bCD | 16,94 bDEF |
| BN1 | 23,92 aAB | 17,68 cBC | 21,07 bAB | 20,63 bBC |
| BN2 | 23,84 aAB | 19,79 bAB | 18,87 bBCD | 19,39 bCD |
| BO1 | 21,68 aABC | 20,91 aA | 16,3 bD | 17,14 bDEF |
| BO2 | 21,60 aBC | 20,05 abAB | 18,39 bBCD | 14,35 cG |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0,05$).

4.6.5 h* Değeri

Köfte örneklerinin 0, 4, 7, 15 gün sonrası renk tonu olarak ifade edilen h değeri Çizelge 4.10'da ve Şekil 4.10'da gösterilmektedir.

Farklı oranlarda öğütölmüş hardal tohumu ilave edilen örneklerin başlangıçta renk tonu değeri 40,33 – 46,73 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Başlangıçta örneklerin renk tonu değeri incelendiğinde en yüksek değer % 1 otoklavlanmış siyah hardal ilave edilmiş köfte örneği saptanmışken en düşük değer kontrol örneğinde tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Hardal tohumu ilave edilen örneklerin 4. günde renk tonu açısı değeri 51,13 – 65,67 arasında olup kontrol, sarı, kahverengi ve siyah hardallı köfte örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). 4 günlük depolama sonunda örneklerin renk tonu değeri artmıştır ($p<0,05$) ve en yüksek artış SO2 örneğinde tespit edilmiştir.

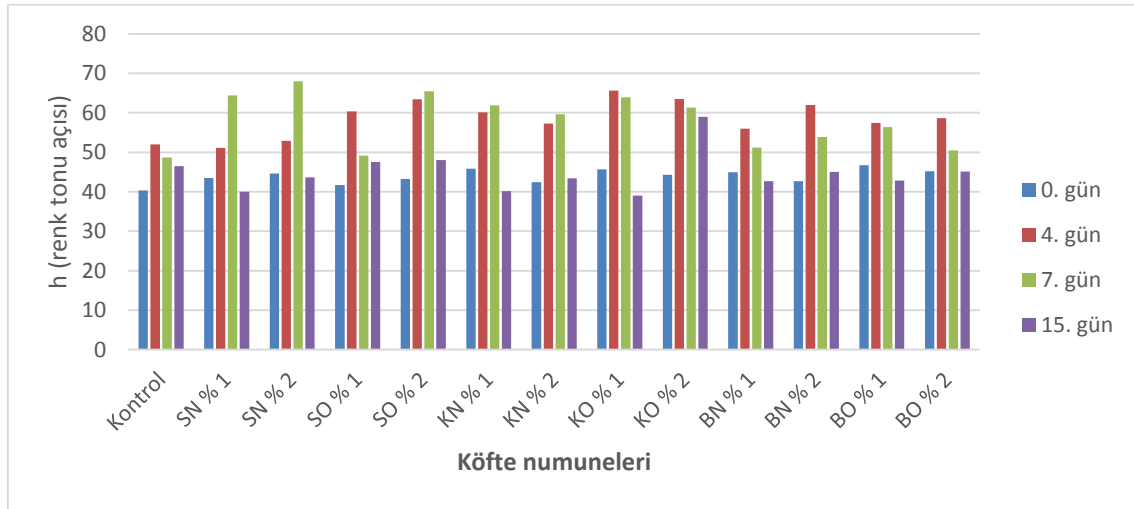
Depolamanın 15. gününde renk yoğunluğu değeri depolamanın 7. gününe göre tüm örneklerde düşüş göstermiştir. Depolama sonunda en yüksek renk tonu değeri % 2 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde saptanmışken (SO2), en düşük değer % 1 otoklavlanmış kahverengi hardal ilave edilmiş köfte örneğinde (BO1) tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.10 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki h* değerleri.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|-----------|------------|------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 40,33 cF | 52,05 aG | 48,69 bH | 46,46 bBCD |
| SN1 | 43,53 cBCDE | 51,13 bG | 64,43 aBC | 40,04 dFG |
| SN2 | 44,66 cABCD | 52,91 bG | 67,98 aA | 43,65 dDE |
| SO1 | 41,73 cEF | 60,4 aCD | 49,16 bH | 47,55 bBC |
| SO2 | 43,23 cBCDE | 63,47 aAB | 65,45 aB | 48,05 bB |
| KN1 | 45,82 bAB | 60,13 aCD | 61,92 aCDE | 40,14 cFG |
| KN2 | 42,44 bDEF | 57,27 aEF | 59,6 aE | 43,45 bE |
| KO1 | 45,67 bAB | 65,67 aA | 63,91 aBCD | 39,02 cG |
| KO2 | 44,34 cABCD | 63,52 aAB | 61,33 abDE | 58,95 bA |
| BN1 | 44,93 cABCD | 55,96 aF | 51,24 bH | 42,68 cEF |
| BN2 | 42,71 cDEF | 62,02 aBC | 53,87 bG | 45,02 cCDE |
| BO1 | 46,73 bA | 57,43 aEF | 56,42 aF | 42,85 cEF |
| BO2 | 45,22 cABC | 58,7 aDE | 50,49 bH | 45,11 cCDE |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).



Şekil 4.10 Köfte numunelerinin 0, 4, 7, 15 gündeki h* değerleri.

4.7 Tiyobarbütirik Asit Değeri (TBA)

Köfte örneklerinin 15 günlük depolama boyunca TBA değerleri Çizelge 4.11’de ve Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Örneklerin başlangıçta TBA değeri 0,3 – 0,38 mg malonaldehit/kg arasında değişmektedir (p<0,05). Örneklerin TBA değerleri depolama boyunca artmış ve en büyük artışta kontrol örneğinde saptanmıştır (p<0,05) (Şekil 4.11).

Benzer şekilde Gök ve Bor (2012) çeşitli doğal antioksidan kaynaklarını köftelere ilave ettikleri çalışmalarında köfte örneklerinin TBA değerlerinin 10 günlük depolama boyunca arttığını en büyük artışın kontrol örneğinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.11 Köfte örneklerinin depolama boyunca TBA değerlerindeki değişimi (mg malonaldehit/kg).

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|----------|---------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 0,38 dA | 0,59 cA | 0,79 bA | 1,29 aA |
| SN1 | 0,37 dABC | 0,48 cEF | 0,64 bDE | 0,92 aF |
| SN2 | 0,35 dBCDE | 0,42 cG | 0,54 bH | 0,85 aH |
| SO1 | 0,33 dEFG | 0,37 cH | 0,48 bI | 0,72 aJ |
| SO2 | 0,30 dG | 0,34 cI | 0,42 bJ | 0,61 aK |
| KN1 | 0,36 dABCD | 0,54 cBC | 0,72 bB | 1,05 aD |
| KN2 | 0,34 dCDE | 0,46 cF | 0,62 bEF | 0,88 aG |
| KO1 | 0,33 dEFG | 0,47 cF | 0,58 bG | 0,78 aI |
| KO2 | 0,31 dFG | 0,42 cG | 0,52 bH | 0,74 aJ |
| BN1 | 0,37 dAB | 0,52 cCD | 0,70 bBC | 1,18 aB |
| BN2 | 0,37 dABC | 0,53 cBC | 0,68 bC | 1,12 aC |
| BO1 | 0,35 dBCDE | 0,55 cB | 0,65 bD | 0,96 aE |
| BO2 | 0,34 dDEF | 0,50 cDE | 0,61 bF | 0,9 aFG |

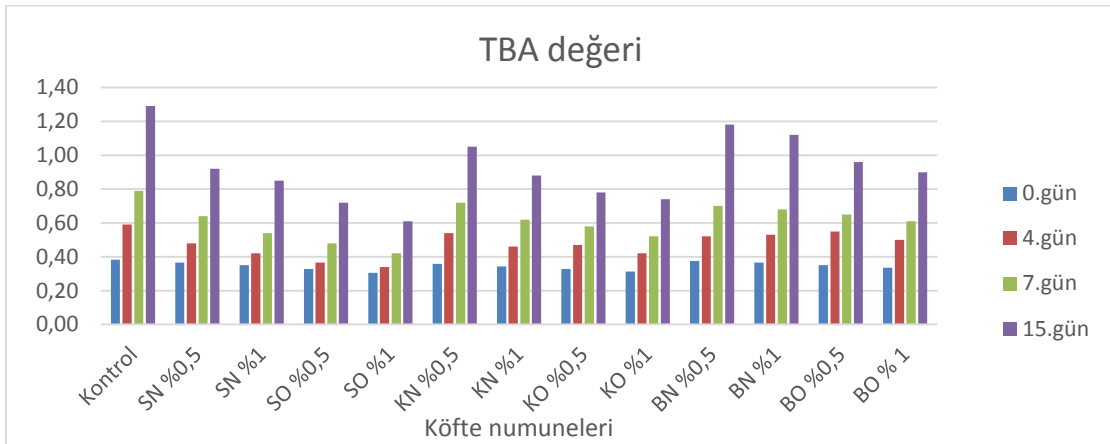
¹Sonuçlar iki tekrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Hardal tohumu ilave edilen örneklerin TBA değerleri depolamanın dördüncü gününde kontrol örneğine göre daha düşük çıkmıştır (p<0,05). En küçük değer 0,34 mg malonaldehit/kg ile SO2 örneğinde saptanmıştır. Hardal katkılı köfte örneklerinde TBA değerlerinin düşük çıkması hardalın antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle otoklavlama işlemi yapılmış hardal tohumları içeren köfte örneklerinde lipit oksidasyonu gelişimi daha yavaş gerçekleşmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarlarından da (Çizelge 4.3) görüleceği gibi en yüksek antioksidan kapasite otoklavlama işlemi yapılmış sarı hardal tanesi örneklerinde görülmektedir. Benzer şekilde Luciano vd. (2011) otoklavlama işleminin sarı hardal tohumunun fenolik madde içeriğini 20,91 mg/ferulik asit eşdeğerinden 25,31 mg/ferulik asit eşdeğeri'ne yükselttiğini saptamışlardır.

Üretimin yedinci gününde örneklerin TBA değerleri 0,42 – 0,79 mg malonaldehit/ kg arasında görülmüştür. Tüm örneklerin TBA değerleri artmış ve artışların istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. 15 günlük depolama sonunda kontrol örneğinin TBA değeri 0,91 birim artarak 1,29 mg malonaldehit/kg yükselmiştir. Bununla beraber TBA değerindeki artış SO1 ve SO2 örneklerinde sırasıyla 0,39-0,31 birim olarak en düşük seviyede olmuştur ($p<0,05$). Bu sonuçlar hardal örneklerinin, antioksidan aktivitesi değerleri ile (Çizelge 4.3) örtüşmektedir. Benzer şekilde Lee vd. (2010), domuz kıymalarına askorbik asit ve hardal yaprağı ekstraktı ilave ettikleri çalışmalarında, hardal yaprağı ekstraktı içeren örneklerin kontrol ve askorbik asit içerenlere göre daha düşük TBA değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar hardal yaprağında bulunan fenolik bileşiklerin kıymalarda lipit oksidasyonunu geciktirdiğini belirtmişlerdir. Shahidi vd. (2008) ise % 0-2 oranında hardal tozu ilavesinin 20 günlük depolama boyunca pişirilmiş mekaniksel ayrılmış tavuk etleri lipit oksidasyonuna karşı koruduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, Mc Carthy vd. (2001) hardal tohumlarının dondurulmuş tavuk köftelerinde daha düşük lipit oksidasyonu olduğu saptamışlardır.

Et ürünlerinde istenmeyen tat ve koku oluşumuna, karsinojenik, mutajenik maddelerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu meydana gelen malonaldehitlerin oluşmasına neden olan ve gıdanın güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyen lipit oksidasyonuna karşı otoklavlama işlemi yapılmış hardal tohumlarının kullanılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir



Şekil 4.11 Köfte örneklerinin depolama boyunca TBA değerlerindeki değişimi (mg malonaldehit/kg).

4.8 Mikrobiyolojik Sonuçları

4.8.1 Toplam mezofil aerob bakteri sayım sonuçları (TMAB Sayısı)

Soğukta depolanan köfte örneklerinde belirlenen toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) Çizelge 4.12’de ve Şekil 4.12’de verilmiştir. Depolama başlangıcında kontrol örneğinin TMAB sayısı 3,82 log kob/g olarak belirlenmiştir. Hardal tozu katkılı örneklerin TMAB sayıları ise depolama başlangıcında 3,68-3,86 log kob/g arasında tespit edilmiştir ($p>0,05$). Depolama boyunca tüm örneklerin TMAB sayıları artmıştır ($p>0,05$). Depolamanın yedinci gününde kontrol örneğinin TMAB sayısı 6,92 log kob/g’a ulaşmıştır. Bununla birlikte hardal içeren örneklerin TMAB sayıları kontrol örneğine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Sözü edilen örneklerdeki bakteri sayısının düşük çıkması hardalın antimikrobiyal etkili bileşiklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çeşitli araştırmalarla hardalın, antimikrobiyal aktivitesi ortaya konmuştur (Delaquis and Sholberg, 1997; Kyung and Fleming, 1997; Isshiki, Tokuoka, Mori and Chiba, 1992; Lin, Jeongmok, Du and Wei, 2000; Rhee, Dougherty and Kang, 2003).

Çizelge 4.12 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı (log kob/g).

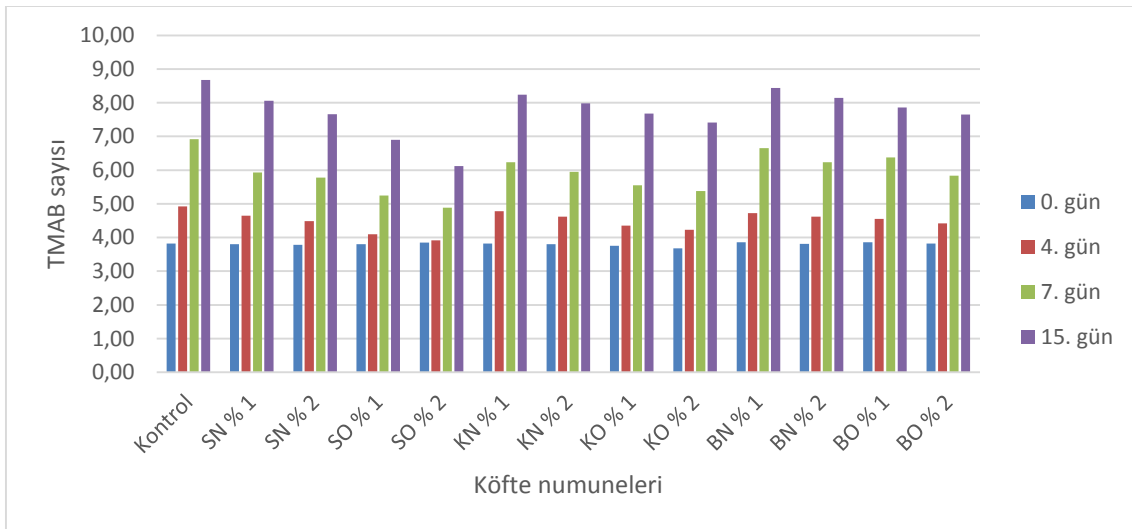
| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|-----------|----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 3,82 cA | 4,92 cA | 6,92 bA | 8,68 aA |
| SN1 | 3,80 cA | 4,65 bcA | 5,93 bA | 8,06 aA |
| SN2 | 3,78 cA | 4,49 bcA | 5,78 bABC | 7,66 aAB |
| SO1 | 3,80 bA | 4,10 bA | 5,25 bBC | 6,90 aAB |
| SO2 | 3,85 bA | 3,92 bA | 4,88 bC | 6,12 aB |
| KN1 | 3,82 cA | 4,78 cA | 6,23 bABC | 8,24 aA |
| KN2 | 3,80 cA | 4,62 cA | 5,95 bABC | 7,98 aA |
| KO1 | 3,75 cA | 4,35 cA | 5,55 bABC | 7,68 aAB |
| KO2 | 3,68 cA | 4,23 bcA | 5,38 bBC | 7,41 aAB |
| BN1 | 3,86 cA | 4,72 cA | 6,65 bAB | 8,44 aA |
| BN2 | 3,81 cA | 4,62 cA | 6,23 bABC | 8,14 aA |
| BO1 | 3,86 cA | 4,55 cA | 6,38 bAB | 7,86 aAB |
| BO2 | 3,82 cA | 4,42 cA | 5,83 bABC | 7,65 aAB |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($P>0,05$).

Hardalın bileşiminde bulunan allil izotiyosiyonat (AIT) ve parahidroksibenzen izotiyosiyonat (p-HBIT)'in bakterisidal etkisi olduğu belirlenmiştir (Rhee, Dougherty and Kang, 2003). Depolamanın 7. gününde kontrol örneğinin TMAB sayısında 3,10 log'luk bir artış, SO2 örneğinde ise 1,03 log'luk bir artış tespit edilmiştir. Hardal konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak TMAB yükü azalmaktadır ($p<0,05$). Benzer şekilde Lee vd. (2010) hardal yaprağı etanolik ekstraktı ilavesinin bakteri sayısını konsantrasyona bağlı olarak düşürdüğünü rapor etmişlerdir ($p<0,05$).

Depolama sonunda en yüksek TMAB sayısı kontrol örneğinde 8,68 log kob/g, en düşük SO2 (6,90 log kob/g) örneklerinde belirlenmiştir. Bununla birlikte otoklavlama işlemi görmemiş hardal içeren örneklerdeki TMAB sayısı, otoklavlanmış hardal içeren örnekler göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Nitekim depolamanın 7. gününde SN2 örneğinin TMAB yükü 5,78 log kob/g iken SO2 örneğinin TMAB yükü 4,88 log kob/g'dır ($p<0,05$). Benzer şekilde Luciano vd. (2011) otoklavlama işlemi sonunda sarı hardal tohumlarının *E. coli* O157:H7 üzerine daha fazla antibakteriyel özellik gösterdiğini saptamışlardır. Otoklavlama mirozinaz enzimini inaktive ederek hardalın sinalbin seviyesini stabilize etmektedir (Luciano, Belland and Holley., 2011; Nilson and Holley, 2012).



Şekil 4.12 Köftelerin toplam aerob mezofil bakteri (TMAB) sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g).

Depolama sonunda en düşük TMAB sayısı SO2 ve SN1 örneklerinde saptanmıştır. Benzer şekilde Kumar ve Tanwar (2011) tavuk nuggetlarına hardal tozu ilavesinin 15 günlük depolama sonunda örneklerin toplam canlı sayısını 2,8 log'luk düşüğe neden olduğunu tespit etmişlerdir. Nilson ve Holley (2012) yaptıkları çalışmalarında, Westphalian jambonuna %4 ve %6 oranlarında ilave edilen otoklavlanmış sarı hardal tozunun *S. carnosus* popülasyonunu hızlı bir şekilde düşürdüğünü belirtmişlerdir. Hardal tozunun daha yüksek konsantrasyonları *S. carnosus*'a karşı daha iyi inhibitör etki gösterdiği bildirilmiştir (Graumann and Holley, 2008).

Türk Gıda Kodeksi çiğ kırmızı et ve hazırlanmış kırmızı et karışımları tebliğine göre aerobik mezofil bakteri sayısı 6,7 log kob/g (5×10^6 kob/g) olarak sınırlandırılmıştır (Anonim, 2006). Buna göre bu sınırı 7. günde geçen sadece kontrol örneği olmuştur. Depolamanın 15. günde ise bu sınırı sadece SO2 örneği dışında bütün örnekler geçmiştir.

Hardal ilave edilen örneklerde TMAB yükünün daha az olmasının sebebi içerdiği glikozinatlar ve sinapik asit, parahidroksi benzoik asit gibi antimikrobiyal etkili bileşiklerin olduğu düşünülmektedir. Köftelere otoklavlama işlemi yapılmış sarı hardal örneklerinden %1 ve %2 oranında katılmasının ürünlerin raf ömrünü artırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

4.8.2 Toplam Psikrotrof Aerob Bakteri (TPAB) Sayım Sonuçları

Farklı düzeylerde ve çeşitli hardal tozları içeren örneklerin ve kontrol örneklerinin soğukta depolama boyunca toplam psikrotrof aerob bakteri (TPAB) yükleri Çizelge 4.13 ve Şekil 4.13'de verilmiştir.

Köfte örneklerinde depolama başlangıcında TPAB sayıları 3,50-3,70 log kob/g arasında tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Depolama boyunca örneklerin TPAB sayıları artış göstermiştir. Bununla birlikte kontrol örneğindeki artış hardal içeren örneklere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Özellikle hardalın bileşiminde bulunan allil izotiyosiyonat (AIT) ve parahidroksibenzenil izotiyosiyonat (p-HBIT) gibi bileşiklerin psikrofilik bakteriler üzerine de önemli düzeyde antibakteriyel özellik gösterdiği söylenebilir. Depolama süresi boyunca en fazla TPAB yükü artışı kontrol numunesinde görülürken en az artış SO2 numunesinde tespit edilmiştir. Kontrol örneğinin TPAB sayısı 4,75 log artmışken SO2 numunesinde söz konusu artış 2,83 log olmuştur. TMAB sayısına benzer şekilde otoklavlanmış hardal örneklerinde depolama boyunca daha düşük TPAB artış saptanmıştır. Depolama sonunda en yüksek TPAB sayısı kontrol ve BN1 örneklerinde, en düşük ise SO1 ve SO2 örneklerinde tespit edilmiştir (p<0,05).

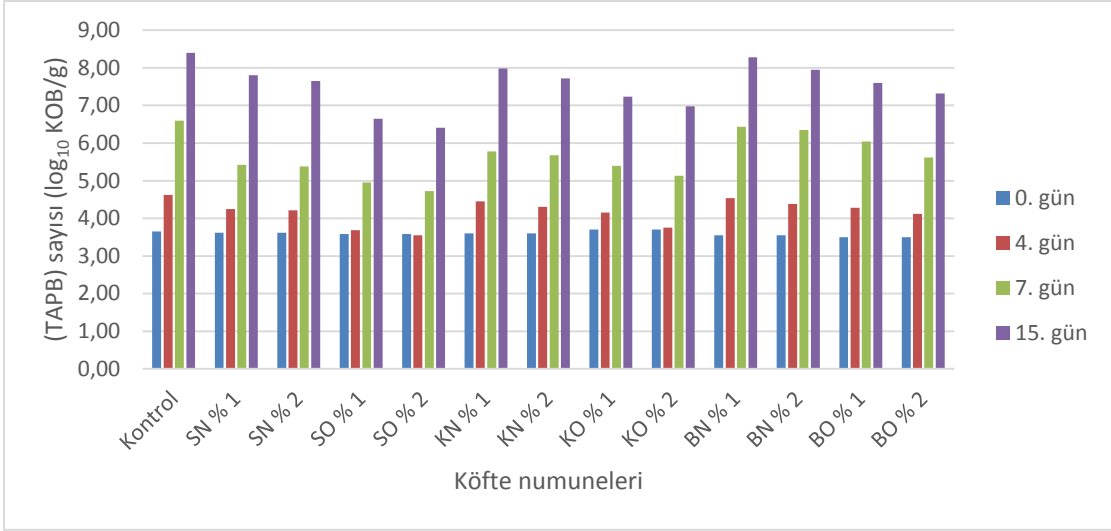
Son yıllarda bu çalışmaya benzer şekilde doğal antimikrobiyal içerikli bitki ekstraktlarının et ürünlerinde kullanılmasına yönelik araştırmalar hızla artmıştır. Carno vd. (2008), taze biftekleri biberiye ekstraktı ve kekik ekstraktı katılmış yenilebilir filmler kaplamışlardır. Araştırmacılar 1°C’de 8 gün süren depolama sonunda kontrol gruplarında TPAB sayısını 7-8 log kob/g olarak tespit etmiş, kekik ve biberiye ekstraktı ilave edilmiş yenilebilir film kullanılan gruplarda ise bu değer 5-6 log kob/g olarak saptamışlardır.

Çizelge 4.13 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam psikrofil aerob bakteri (TPAB) sayısı (log kob/g).

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|------------|-----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 3,65 dA | 4,62 cA | 6,60 bA | 8,40 aA |
| SN1 | 3,62 cA | 4,25 bcA | 5,42 bABCD | 7,80 aABC |
| SN2 | 3,62 cA | 4,21 bcA | 5,38 bABCD | 7,65 aABC |
| SO1 | 3,58 cA | 3,69 cA | 4,95 bCD | 6,65 aBC |
| SO2 | 3,58 bA | 3,55 bA | 4,72 bD | 6,41 aC |
| KN1 | 3,60 cA | 4,45 bcA | 5,78 bABCD | 7,98 aAB |
| KN2 | 3,60 cA | 4,31 cA | 5,68 bABCD | 7,72 aABC |
| KO1 | 3,70 cA | 4,15 cA | 5,40 bABCD | 7,23 aABC |
| KO2 | 3,70 cA | 3,75 cA | 5,13 bBCD | 6,98 aABC |
| BN1 | 3,55 cA | 4,54 cA | 6,43 bAB | 8,28 aA |
| BN2 | 3,55 cA | 4,38 cA | 6,35 bABC | 7,95 aABC |
| BO1 | 3,50 cA | 4,28 cA | 6,04 bABCD | 7,60 aABC |
| BO2 | 3,50 cA | 4,12 cA | 5,62 bABCD | 7,32 aABC |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).



Şekil 4.13 Köftelerin toplam psikrofil aerob bakteri (TPAB) sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g).

Sağdıç vd. (2011) ise üzüm posası ekstraktlarını soğukta muhafaza edilen köftelere ilave ettikleri çalışmalarında kontrol örneğinin depolama başlangıcında 4,08 log kob/g TPAB sayısını 2 günlük depolama sonunda 5,21 log kob/g olarak tespit etmişler. Bununla birlikte üzüm posası ekstraktı ilave ettikleri köfte örneklerinde bu değer depolama başlangıcında 2,84-4,04 log kob/g aralığında iken depolama sonunda 3,40-4,60 log kob/g arasında tespit edilmiştir. Araştırmacılar doğal bitki ekstraktların köfte örneklerinin raf ömrünü uzattığını bildirmişlerdir.

4.8.3 Toplam Koliform Bakteri (TKB) Sayım Sonuçları

Soğukta muhafaza edilen köfte örneklerinde belirlenen toplam koliform bakteri (TKB) sayım sonuçları Çizelge 4.14'de ve Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Depolama süresinin artması toplam koliform bakteri yükünün artmasında etkili olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Depolama başlangıcında örneklerin toplam koliform bakteri sayısı 2,29-2,49 log kob/g değişmekle beraber örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

Çizelge 4.14 Köfte örneklerinin depolama boyunca toplam koliform bakteri (TKB) sayısı (log kob/g).

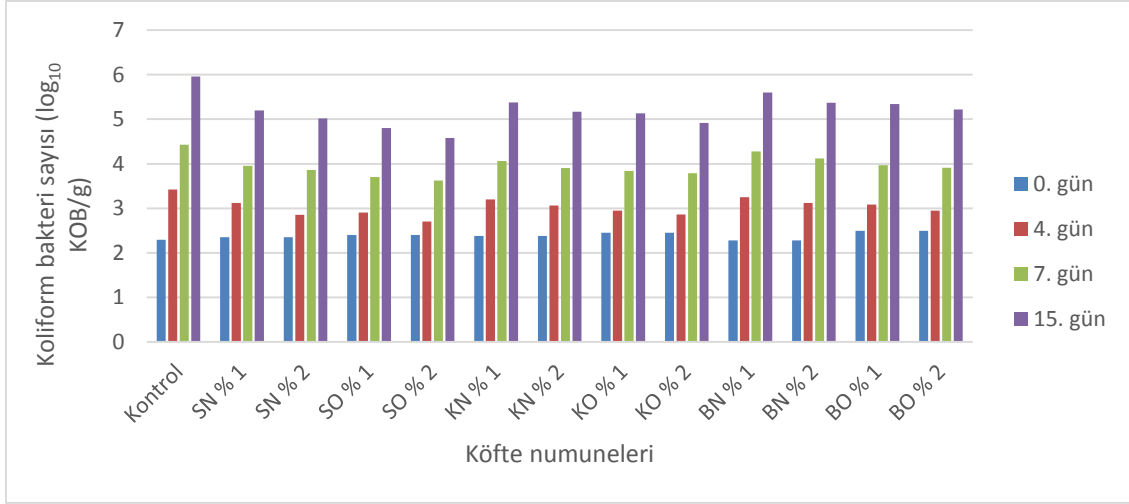
| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|----------|---------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 2,29 cA | 3,42 bA | 4,43 bA | 5,96 aA |
| SN1 | 2,35 cA | 3,12 bcA | 3,95 abA | 5,2 aA |
| SN2 | 2,35 cA | 2,85 bcA | 3,86 abA | 5,02 aA |
| SO1 | 2,4 cA | 2,9 bcA | 3,7 bA | 4,8 aA |
| SO2 | 2,4 cA | 2,7 bcA | 3,62 abA | 4,58 aA |
| KN1 | 2,38 cA | 3,2 cA | 4,06 bA | 5,38 aA |
| KN2 | 2,38 cA | 3,06 bcA | 3,9 bA | 5,17 aA |
| KO1 | 2,45 cA | 2,95 bcA | 3,84 bA | 5,13 aA |
| KO2 | 2,45 cA | 2,86 cA | 3,79 bA | 4,92 aA |
| BN1 | 2,28 dA | 3,25 cA | 4,28 bA | 5,6 aA |
| BN2 | 2,28 cA | 3,12 bcA | 4,12 bA | 5,37 aA |
| BO1 | 2,49 cA | 3,08 bcA | 3,97 bA | 5,34 aA |
| BO2 | 2,49 cA | 2,95 cA | 3,91 bA | 5,22 aA |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).

Depolamanın dördüncü gününde örneklerin toplam koliform bakteri sayısında artış tespit edilmiş (p<0,05) ancak örneklerin toplam koliform sayıları arasında önemli bir farklılığın olmadığı (p>0,05) tespit edilmiştir. Bununla birlikte hardal içeren örneklerde toplam koliform bakteri sayısı kısmen düşük çıkmıştır. Benzer şekilde Kumar ve Tanwar (2011) tavuk nuggetlarına hardal tozu ilavesinin 15 günlük depolama sonunda örneklerin toplam koliform sayısında 1,0 log'luk düşüşe neden olduğunu belirtmişlerdir.

Depolama sonunda kontrol örneğinin TKB yükü 3,67 log'luk artış göstermişken hardal içeren örneklerin TKB yükü 2,18-3,32 log arasında artış göstermiştir. Delaquis ve Mazza (1995) hardalda da bulunan izotiyosiyonatların mikroorganizmaların intraselüler enzimlerini inaktive ettiğini bunun da mikroorganizmaların gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.14 Köftelerin koliform bakteri sayısına (TKB) hardal ilavesinin etkisi (log kob/g).

4.8.4 Maya-Küf Sayım Sonuçları

Kontrol ve farklı oranda hardal tozu içeren köfte örneklerinin depolama boyunca maya-küf sayıları Çizelge 4.15’de ve Şekil 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 Köftelerin maya-küf sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g).

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|-----------|----------|----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 2,16 cA | 2,96 bcA | 4,07 abA | 4,88 aA |
| SN1 | 2,08 bA | 2,56 bAB | 3,45 aA | 4,2 aAB |
| SN2 | 2,17 cA | 2,48 bcAB | 3,28 abA | 3,96 aAB |
| SO1 | 2,2 bA | 2,4 bAB | 3,06 abA | 3,62 aAB |
| SO2 | 2,12 cA | 2,3 bcB | 2,8 abA | 3,16 aB |
| KN1 | 2,14 bA | 2,66 bAB | 3,62 aA | 4,32 aAB |
| KN2 | 2,04 bA | 2,6 abAB | 3,46 abA | 4,12 aAB |
| KO1 | 2,16 bA | 2,49 abAB | 3,25 abA | 3,81 aAB |
| KO2 | 2,25 bA | 2,36 bAB | 2,98 abA | 3,46 aAB |
| BN1 | 2,05 cA | 2,79 cAB | 3,77 bA | 4,56 aAB |
| BN2 | 2,19 cA | 2,8 bcAB | 3,64 abA | 4,31 aAB |
| BO1 | 2,06 cA | 2,61 bcAB | 3,46 abA | 4,19 aAB |
| BO2 | 2,03 bA | 2,55 bAB | 3,34 aA | 3,81 aAB |

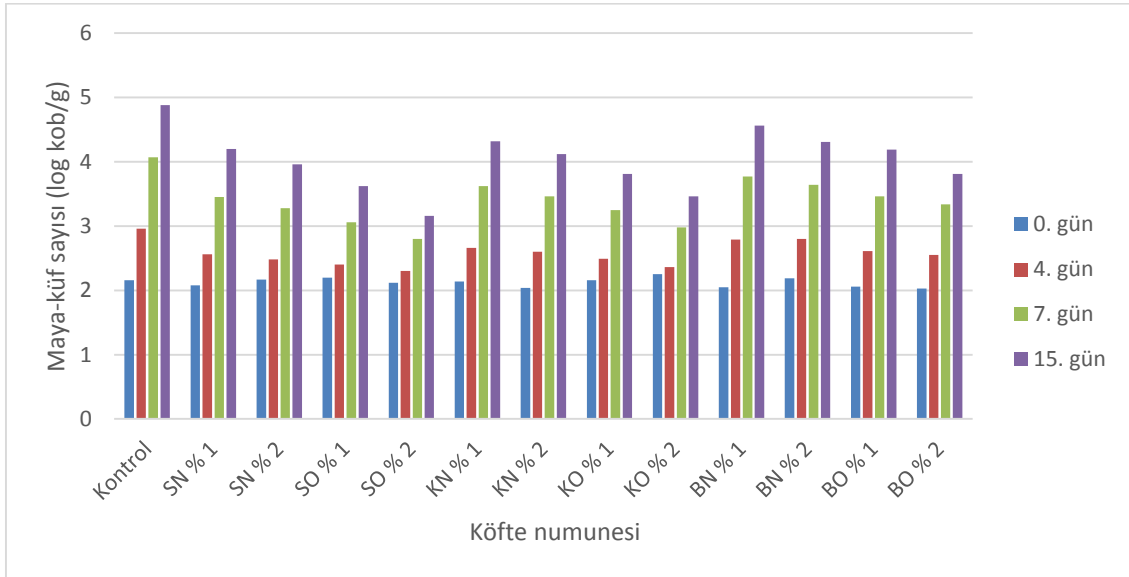
¹Sonuçlar iki tekrerrüt ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (P>0,05).

Örneklerin maya-küf sayıları depolama süresine bağlı olarak artış göstermiştir ($p<0,05$). Depolama periyodunun 0. ve 7. günlerinde örnekler arası maya-küf sayılarında önemli bir farklılık tespit edilememişken ($p>0,05$), depolamanın 4. ve 15. günlerinde gruplar arasında önemli bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Türk Gıda Kodeksi çiğ kırmızı et ve hazırlanmış kırmızı et karışımları tebliğine göre maya ve küf sayısı 4 log kob/g (10^4 kob/g) olarak sınırlandırılmıştır (Anonim, 2006). Buna göre bu sınırı 7. günde geçen sadece kontrol örneği olmuştur. Depolamanın 15. günde ise bu sınırı sadece SN2, SO1, SO2, KO1, KO2 ve BO2 örnekleri dışında bütün örnekler geçmiştir.

Depolama başlangıcında örneklerin maya-küf sayısı 2,03-2,19 log kob/g arasında değişmekle beraber örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Depolama sonunda ise örneklerin maya-küf sayıları artarak 3,16-4,88 log kob/g'a ulaşmıştır. Depolama boyunca maya-küf artışı en fazla kontrol örneğinde olurken en az maya-küf artışı SO2 örneğinde olmuştur. Kontrol örneğinde 2,72 log'luk bir artış, SO2 örneğinde ise 1,04 log'luk artış saptanmıştır.



Şekil 4.15 Köftelerin maya-küf sayısına hardal ilavesinin etkisi (log kob/g).

Diğer mikroorganizmalar üzerine olduğu gibi hardal ilavesi köfte örneklerinin maya-küf sayılarını önemli seviyede düşürmüştür. Benzer şekilde Kırmusaoğlu (2013) meyve sularında gıda kaynaklı patojenleri elemine etmek amacıyla ultrason uygulamasıyla hardalı kombine ettiği çalışmasında, 0,6 g/L siyah hardal ilave edilmiş örneklerde maya-küf sayısı, kontrol örneğine kıyasla 3 log'luk düşüş olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Kumar ve Tanwar (2011) hardal tohumunun, tavuk nuggetlerinin maya-küf sayısını azalttığını saptamışlardır.

4.9 Duyusal Analiz Sonuçları

Tüketime hazır sucukların depolama periyodundaki duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.16, Çizelge 4.17, Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21 ve Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de gösterilmiştir. Köftelerin duyusal değerlendirilmesi esnasında örneklerin renkleri, yüzey görünüşleri, tekstürleri, tat-aromaları, sululuğu ve genel beğenileri panelistlerce 9'lu hedonik skala kullanılarak değerlendirilmiştir.

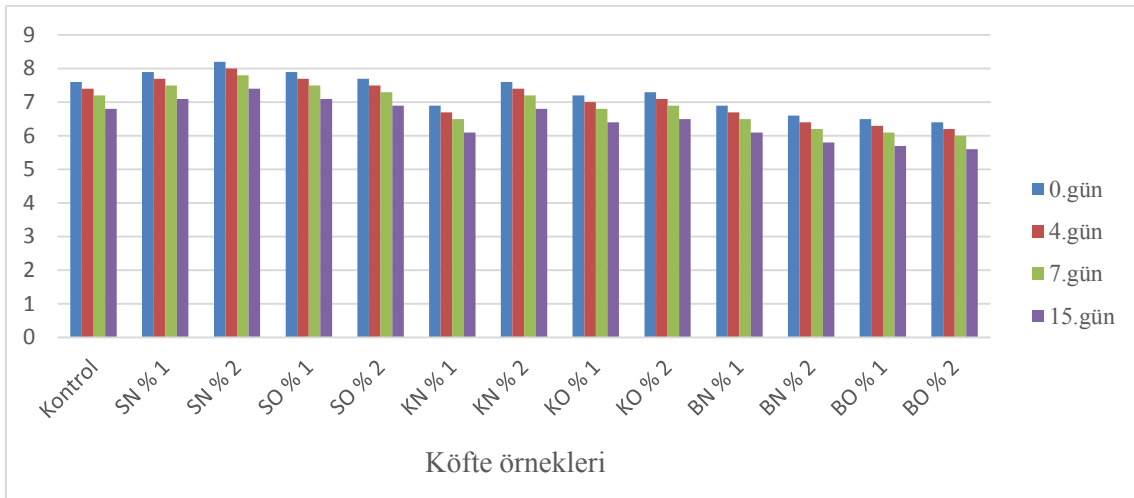
Çizelge 4.16 Köfte örneklerinin depolama süresince renk puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 7,60 ^{Abcd} | 7,40 ^{aBC} | 7,20 ^{abABC} | 6,80 ^{bABC} |
| SN1 | 7,90 ^{aAB} | 7,70 ^{aAB} | 7,50 ^{abAB} | 7,10 ^{bAB} |
| SN2 | 8,20 ^{aA} | 8,00 ^{aA} | 7,80 ^{abA} | 7,40 ^{bA} |
| SO1 | 7,90 ^{aAB} | 7,70 ^{aAB} | 7,50 ^{abAB} | 7,10 ^{bAB} |
| SO2 | 7,70 ^{aBC} | 7,50 ^{aBC} | 7,30 ^{abABC} | 6,90 ^{bAB} |
| KN1 | 6,90 ^{aEF} | 6,70 ^{aDE} | 6,50 ^{abDEF} | 6,10 ^{bCDEF} |
| KN2 | 7,60 ^{aBCD} | 7,40 ^{aBC} | 7,20 ^{abABC} | 6,80 ^{bABC} |
| KO1 | 7,20 ^{aDE} | 7,00 ^{aCD} | 6,80 ^{abCDE} | 6,40 ^{bCDE} |
| KO2 | 7,30 ^{aCDE} | 7,10 ^{abCD} | 6,90 ^{bBCD} | 6,50 ^{cBCD} |
| BN1 | 6,90 ^{aEF} | 6,70 ^{aDE} | 6,50 ^{abDEF} | 6,10 ^{bCDEF} |
| BN2 | 6,60 ^{aFG} | 6,40 ^{abE} | 6,20 ^{abEF} | 5,80 ^{bDEF} |
| BO1 | 6,50 ^{aFG} | 6,30 ^{aE} | 6,10 ^{aF} | 5,70 ^{aEF} |
| BO2 | 6,40 ^{aG} | 6,20 ^{abE} | 6,00 ^{abF} | 5,60 ^{bF} |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).

Köftelerin renk puanları depolama boyunca düşüş göstermiş ve bu düşüşün istatistiksel olarak önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Kontrol örneğinin renk puanları 7,6 saptanmışken, diğer hardal içeren örneklerin puanları 6,4-8,2 arasında saptanmıştır ($p<0,05$). Depolama sonunda en yüksek renk puanı %2 sarı hardal içeren SN2 köfte örneğinde en düşük puan % 2 otoklav işlemi uygulanmış siyah hardal içeren köfte örneğinde saptanmıştır ($p<0,05$). Bu sonuçlar örneklerin renklerinin objektif olarak belirlendiği a* değerleri ile uyusmaktadır.



Şekil 4.16 Köfte örneklerinin depolama süresince renk puanları.

Depolamanın 0., 4., 7. günlerinde bütün örneklerin renk değerleri panelistler tarafından iyi olarak değerlendirilmiştir. Depolama boyunca örneklerin renk puanlarında istatistiksel olarak önemli bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte Li (2012) yaptığı çalışmada kontrol, %1, %2 ve %3 ve %4 hardal ilave edilmiş fermente salam örneklerinde, kontrol ve %1 hardal içeren örneklerin duyusal değerlendirme renk puanları arasında önemli bir farklılık olmadığını ancak hardal konsantrasyonunun artmasıyla renk puanlarının düştüğünü saptamışlardır. Buna karşın Kumar ve Tanwar (2011) tavuk nuggetlarına hardal tozu ilavesinin örneklerin duyusal renk puanlarının arttığını tespit etmişlerdir.

Köftelerin duyusal parametrelerinden biri olan yüzey görünüş puanları Çizelge 4.17 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Örneklerin görünüş puanları depolama periyodu boyunca önemli oranda ($p<0,05$) düşmüş, en büyük düşüş 15. günde tespit edilmiştir.

Başlangıçta köfte örneklerinin yüzey görünüş puanları 6,7-7,7 arasında değişmiş ve örnekler arasında önemli bir fark olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Tüm örneklerin görünüşü iyi olarak değerlendirilmiştir. Yüzey görünüş puanları depolamanın 4. gününde 7,5-6,5'a düşmüştür. Depolamanın 7. gününde panelistler KN1 örneğinin yüzey görünüşü puanını diğer örneklere göre daha düşük değerlendirmişlerdir ($p<0,05$). Depolama sonunda SN2 ve SO1 örneklerinin yüzey görünüş puanları renk değerlerine benzer olarak en yüksek olarak puanlanmıştır ($p<0,05$).

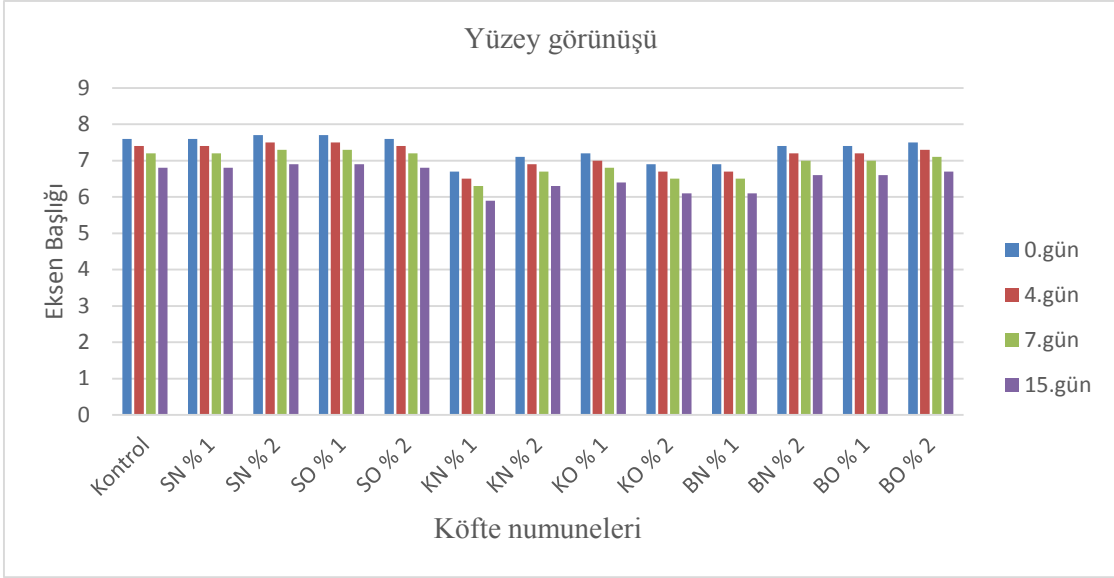
Li (2012) yaptığı çalışmada kontrol ve % 1 hardal ilave edilmiş salam örneği arasında bir görünüş farkı olmadığını fakat % 1 ve % 2 salam örnekleri arasında tespit edilebilir bir fark olduğunu belirtmiştir ($p<0,05$). Hardal konsantrasyonu arttıkça görünüşün daha az çekici olduğu araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Bununla birlikte Cui ve Eskin (1998), hardal uygulanmış sosis dilimlerinde yağ parçacıkları daha görünür olduğunu ayrıca otoklavlanmış hardalın mükemmel bir emülsifiyer ve su bağlayıcı özelliğinden dolayı işlenmiş ve pişirilmiş et ürünlerinde kullanıldığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.17 Köfte örneklerinin depolama boyunca yüzey görünüş puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|------------|------------|---------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 7,60 aAB | 7,40 abAB | 7,20 abAB | 6,80 bA |
| SN1 | 7,60 aAB | 7,40 abAB | 7,20 abAB | 6,80 bA |
| SN2 | 7,70 aA | 7,50 abA | 7,30 abA | 6,90 bA |
| SO1 | 7,70 aA | 7,50 abA | 7,30 abA | 6,90 bA |
| SO2 | 7,60 aAB | 7,40 aAB | 7,20 aAB | 6,80 aA |
| KN1 | 6,70 aE | 6,50 abD | 6,30 abE | 5,90 bA |
| KN2 | 7,10 aCDE | 6,90 aBCD | 6,70 aCD | 6,30 aA |
| KO1 | 7,20 aBCD | 7,00 aABCD | 6,80 aBCD | 6,40 aA |
| KO2 | 6,90 aDE | 6,70 abCD | 6,50 abDE | 6,10 bA |
| BN1 | 6,90 aDE | 6,70 abCD | 6,50 abDE | 6,10 bA |
| BN2 | 7,40 aABC | 7,20 aABC | 7,00 abABC | 6,60 bA |
| BO1 | 7,40 aABC | 7,20 aABC | 7,00 abABC | 6,60 bA |
| BO2 | 7,50 aABC | 7,30 aAB | 7,10 abAB | 6,70 bA |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

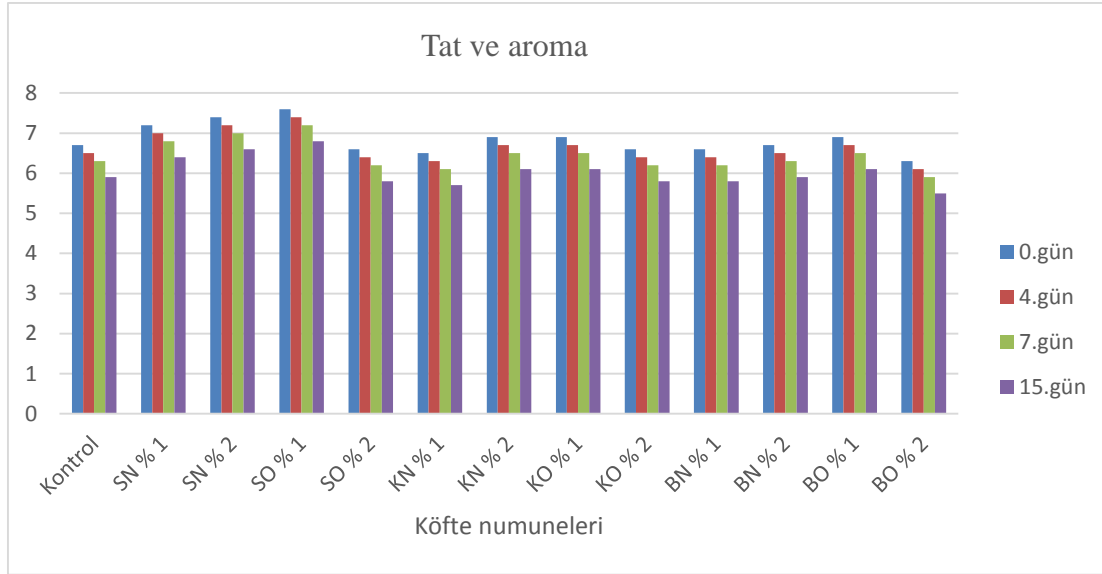
²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).



Şekil 4.17 Köfte örneklerinin depolama süresince yüzey görünüş puanları.

Köftelerin tat ve aromasının değerlendirilmesi örneklerin pişirilmesi sonucu saptanmıştır (Şekil 4.18). Tat ve aromanın değerlendirilmesinde numunelerin tipik tat ve aromasının belirlenmesinin yanı sıra, lipid oksidasyonuna bağlı olarak ransit tat oluşumu, ilave edilen hardalların aromaya olumlu ya da olumsuz etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Çizelge 4.18.). Köfte örneklerinin depolama başlangıcında tat ve aroma puanları 6,3-7,6 arasında değerlendirilmiştir. Panelistler örnekler arasında en düşük puanı BO2 örneğine (6,3), en yüksek puanı ise SO1 (7,6) örneğine vermiştir.

Köftelerin tat ve aroma puanları depolama boyunca düşüş göstermiş ve bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Tat ve aroma puanlarındaki bu düşüş depolama sırasında lipid oksidasyonu sonucunda meydana gelen ve ürünlerin lezzetini olumsuz yönde etkileyen aldehit ve keton gibi bileşiklerden kaynaklandığı çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Khayat and Schwall 1983, Wu and Brewer 1994, Montel *et al.*, 1998, Flores *et al.*, 2004). Duyusal değerlendirme sırasında örneklerin tat ve aroma puanlarındaki düşüş lipid oksidasyonu sonucu oluşan istenmeyen bileşiklere bağlanabilir.



Şekil 4.18 Köfte örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puanları.

Çizelge 4.18 Köfte örneklerinin depolama süresince tat ve aroma puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|-----------|------------|-----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 6,70 aCDE | 6,50 aD | 6,30 abCD | 5,90 bCD |
| SN1 | 7,20 aABC | 7,00 abBC | 6,80 abABC | 6,40 bABC |
| SN2 | 7,40 aAB | 7,20 aAB | 7,00 aAB | 6,60 bAB |
| SO1 | 7,60 aA | 7,40 aA | 7,20 abA | 6,80 bA |
| SO2 | 6,60 aDE | 6,40 aDE | 6,20 abCD | 5,80 bCD |
| KN1 | 6,50 aDE | 6,30 aDE | 6,10 abCD | 5,70 bCD |
| KN2 | 6,90 aBCD | 6,70 abCD | 6,50 bBCD | 6,10 cBCD |
| KO1 | 6,90 aBCD | 6,70 abCD | 6,50 abBCD | 6,10 bBCD |
| KO2 | 6,60 aDE | 6,40 abDE | 6,20 abCD | 5,80 bCD |
| BN1 | 6,60 aDE | 6,40 abDE | 6,20 abCD | 5,80 bCD |
| BN2 | 6,70 aCDE | 6,50 aD | 6,30 abCD | 5,90 bCD |
| BO1 | 6,90 aBCD | 6,70 aCD | 6,50 abBCD | 6,10 bBCD |
| BO2 | 6,30 aE | 6,10 abE | 5,90 abD | 5,50 bD |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).

Örneklerin tat ve aroma puanları üzerine hardalın bileşiminde bulunan bazı bileşikler olumlu veya olumsuz yönde etkisi olabilmektedir. Bununla birlikte otoklavlama işlemi de örneklerin tat ve aroma puanlarını kısmen düşürmüştür.

Cui ve Eskin (1998) otoklavlanmış hardal ununun yüksek düzeyde protein içeriğini (%30 - %35) ve bu proteinlerin yapısal olarak dönüşümü ile beraber büyük miktarda lizin ve kükürt ihtiva eden aminoasitler ortaya çıkardığını belirtmiştir. Pripis-Nicolau vd. (2000) ise karbonil bileşenleri ile aminoasitlerin reaksiyonu ile özellikle sülfür içeren aminoasitlerin aromatik bileşenler açığa çıkarabildiğini ve bununda örneklerin aromasına olumsuz etkileyebileceğini iddia etmiştir. Li (2012) yaptığı çalışmada yüksek konsantrasyonlardaki otoklavlanmış hardal ilaveli sosis örneklerinin daha az tat - aroma puanlarına sahip olduğunu tespit etmiştir.

Duyusal olarak değerlendirilen diğer bir ölçüt de örneklerin tekstürüdür (Çizelge 4.19). Numunelerin tekstür puanlarının zamana bağlı değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.19 Köfte örneklerinin depolama süresince tekstür puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 7,20 aABC | 7,00 abABC | 6,80 abABC | 6,60 bABC |
| SN1 | 7,40 aAB | 7,20 abAB | 7,00 abAB | 6,80 bAB |
| SN2 | 6,60 aEF | 6,40 abDE | 6,20 bcCD | 6,00 cDE |
| SO1 | 7,20 aABC | 7,00 aABC | 6,80 aABC | 6,60 aABC |
| SO2 | 6,60 aEF | 6,40 aDE | 6,20 aCD | 6,00 aDE |
| KN1 | 7,00 aCD | 6,80 abABCD | 6,60 abABCD | 6,40 bABCD |
| KN2 | 6,80 aDE | 6,60 aCDE | 6,40 aBCD | 6,20 aCDE |
| KO1 | 6,90 aCDE | 6,70 abBCDE | 6,50 abABCD | 6,30 bBCDE |
| KO2 | 7,10 aBCD | 6,90 abABCD | 6,70 abABC | 6,50 bABCD |
| BN1 | 7,50 aA | 7,30 abA | 7,10 abA | 6,90 bA |
| BN2 | 7,00 aCD | 6,80 abABCD | 6,60 bcABCD | 6,40 cABCD |
| BO1 | 6,60 aEF | 6,40 abDE | 6,20 bcCD | 6,00 cDE |
| BO2 | 6,40 aF | 6,20 abE | 6,00 abD | 5,80 bE |

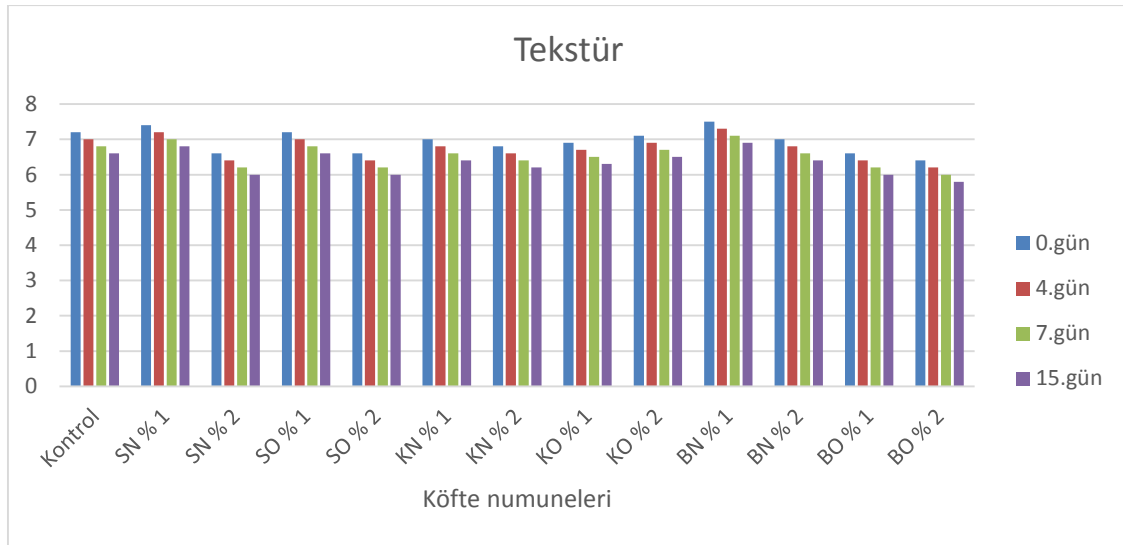
¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($p>0,05$).

Köftelerin (0. gün) tekstür puanları 6,4-7,5 arasında değişmekle beraber örnekler arasında önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Örnekler arasında en iyi (0.gün) tekstür puanı BN1 örneğinde iken en düşük puan BO2 örneğinde görülmüştür (Şekil 4.19).

Depolama başlangıcında panelistler örneklerin kolay çiğnenebilir olduğunu belirterek tekstürlerini (6,4-7,5) iyi olarak puanlamışlardır (Şekil 4.19). Depolamanın 4. gününde örneklerin tekstür puanları 6,2-7,3 arasında değişmekle birlikte örnekler arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

4 günlük depolama sonunda örneklerin tekstürü panelistlerce benzer şekilde iyi olarak değerlendirilmiştir. Depolama sonunda bazı hardal içeren örneklerin tekstür değerlendirilmesinde daha düşük puanlar almıştır. Benzer şekilde Li (2012) hardal konsantrasyonu arttıkça tekstürün bundan olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Aynı şekilde çalışmamızda da konsantrasyonun artması tekstür puanının düşmesine sebep olmuştur. Bununla birlikte Kumar ve Tanwar (2011) hardal kullanımının tavuk nuggetlarının tekstür puanlarını yükselttiğini saptamışlardır. Araştırmacılar hardalın yüksek emülsifiye etme ve su tutma özelliğinin örneklerin tekstür puanlarını arttırdığını belirtmiştir.



Şekil 4.19 Köfte örneklerinin depolama süresince tekstür puanları.

Sululuk duyuşal değerlendirmede önemli bir parametredir. Köftelerin sululuk puanları (0. gün) 7,3-7,9 arasında değişmekte olup istatistiksel olarak gruplar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$).

Numuneler arasında en iyi sululuk puanını (0. gün) kontrol ve SO2 örnekleri almışken en düşük puanları KO1, BN2 ve BO2 örnekleri almıştır (Şekil 4.20). Örneklerin sululuk değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

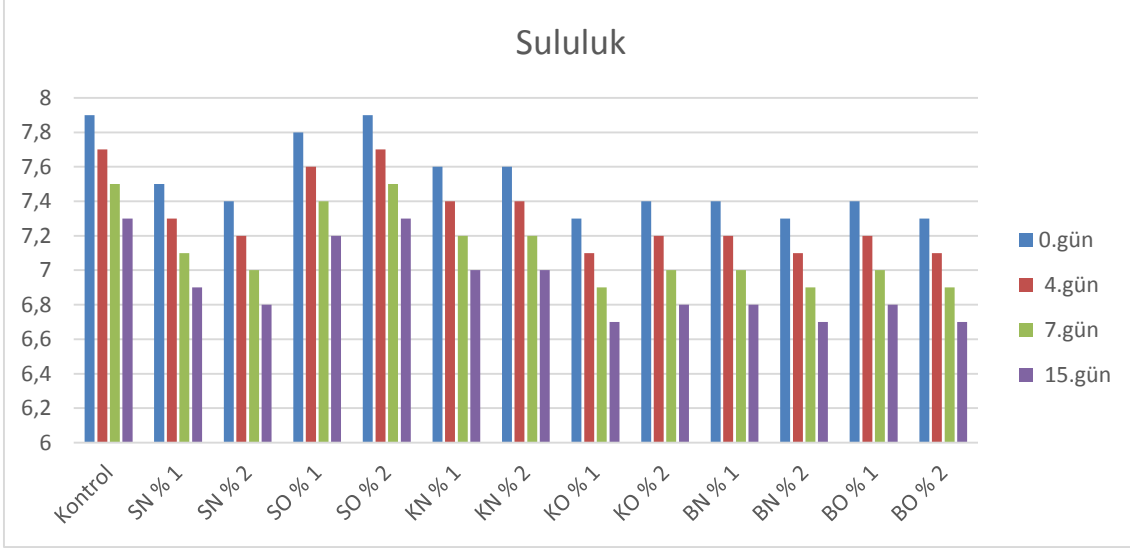
Panelistler depolama başlangıcında örneklerin sululuk puanını iyi olarak değerlendirmişlerdir. Depolamanın 4. gününde örneklerin sululuk puanları 7,1-7,7 arasında değişmekle birlikte örnekler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Depolamanın 4. gününde örneklerin sululuğu panelistlerce iyi olarak değerlendirilmiştir. Depolama sonunda en yüksek sululuk puanlarını kontrol ve SO2 örnekleri almıştır.

Çizelge 4.20 Köfte örneklerinin depolama süresince sululuk puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 7,90 aA | 7,70 abA | 7,50 abA | 7,30 bA |
| SN1 | 7,50 aABC | 7,30 abABC | 7,10 abAB | 6,90 bBC |
| SN2 | 7,40 aBC | 7,20 abBC | 7,00 abAB | 6,80 bC |
| SO1 | 7,80 aAB | 7,60 abAB | 7,40 abAB | 7,20 bAB |
| SO2 | 7,90 aA | 7,70 abA | 7,50 abA | 7,30 bA |
| KN1 | 7,60 aABC | 7,40 abABC | 7,20 abAB | 7,00 bABC |
| KN2 | 7,60 aABC | 7,40 abABC | 7,20 abAB | 7,00 bABC |
| KO1 | 7,30 aC | 7,10 abC | 6,90 bcB | 6,70 cC |
| KO2 | 7,40 aBC | 7,20 abBC | 7,00 abAB | 6,80 bC |
| BN1 | 7,40 aBC | 7,20 abBC | 7,00 abAB | 6,80 bC |
| BN2 | 7,30 aC | 7,10 abC | 6,90 bcB | 6,70 cC |
| BO1 | 7,40 aBC | 7,20 abBC | 7,00 abAB | 6,80 bC |
| BO2 | 7,30 aC | 7,10 abC | 6,90 abB | 6,70 bC |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir ($p > 0,05$).



Şekil 4.20 Köfte örneklerinin depolama süresince sululuk puanları.

Numunelerin genel beğeni puanları başlangıçta 6,3-7,9 arasında değişmekle beraber gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Numuneler arasında en yüksek puanı SN1 (7,9) en düşük puanı BO2 (6,3) almıştır. Depolama boyunca puan düşüşü olmuş ve bu düşüşün önemli olduğu tespit edilmiştir. Depolamanın 4. gününde beğeni puanları düşmüş ve 6,1-7,7 arasında değişmiştir ($p<0,05$). En yüksek puanı SN1, en düşük puanı BO2 almıştır (Çizelge 4.21). Depolamanın 7. gününde de beğeni puanları düşmüş ve 5,9-7,5 arasında değerlendirilmiştir (Şekil 4.21).

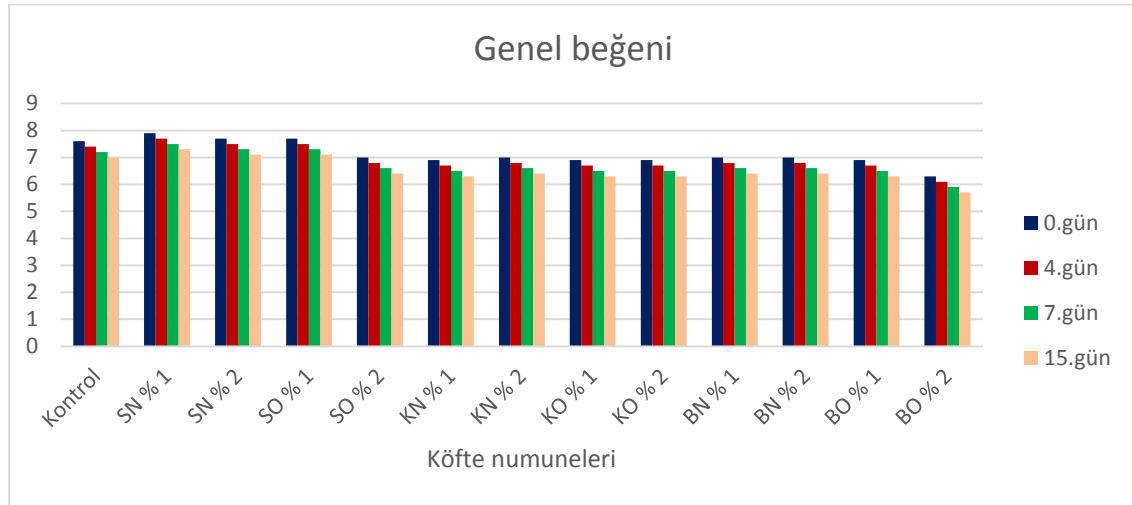
Depolama sonunda SN1, SN2 ve SO1 örnekleri hariç diğer örneklere kontrol örneğine göre daha düşük genel beğeni puanları almıştır. Bunun başlıca nedeni hardal tanelerinin keskin kokusu ve renk farklılığı olabilir. Benzer şekilde Li (2012) % 3 ve % 4 oranında hardal ilave edilmiş sosislerin daha düşük genel beğeni puanlarına sahip olduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte yüksek miktarda otoklavlanmış hardal ilavesinin sosislerin duyuşal özelliklerini negatif etkilemiştir. Duyuşal değerlendirme sonunda tüm periyotlarda en çok beğenilen örnekler SO1, SN2 ve SN1 örnekleri olmuştur.

Çizelge 4.21 Köfte örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları.

| Grup | Depolama süresi (gün) ^{1,2} | | | |
|---------|--------------------------------------|----------|----------|---------|
| | 0 | 4 | 7 | 15 |
| Kontrol | 7,60 aA | 7,40 abA | 7,20 bcA | 7,00 cA |
| SN1 | 7,90 aA | 7,70 abA | 7,50 abA | 7,30 bA |
| SN2 | 7,70 aA | 7,50 abA | 7,30 bcA | 7,10 cA |
| SO1 | 7,70 aA | 7,50 abA | 7,30 bcA | 7,10 cA |
| SO2 | 7,00 aB | 6,80 abB | 6,60 abB | 6,40 bB |
| KN1 | 6,90 aB | 6,70 aB | 6,50 aB | 6,30 aB |
| KN2 | 7,00 aB | 6,80 abB | 6,60 abB | 6,40 bB |
| KO1 | 6,90 aB | 6,70 abB | 6,50 abB | 6,30 bB |
| KO2 | 6,90 aB | 6,70 aB | 6,50 aB | 6,30 aB |
| BN1 | 7,00 aB | 6,80 abB | 6,60 abB | 6,40 bB |
| BN2 | 7,00 aB | 6,80 abB | 6,60 abB | 6,40 bB |
| BO1 | 6,90 aB | 6,70 abB | 6,50 abB | 6,30 bB |
| BO2 | 6,30 aC | 6,10 abC | 5,90 abC | 5,70 bC |

¹Sonuçlar iki tekerrür ortalaması olarak verilmiştir.

²İlgili satırda (a-c) ve ilgili sütunda (A-C), aynı harf taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemsizdir (p>0,05).



Şekil 4.21 Köfte örneklerinin depolama süresince genel beğeni puanları.

5. SONUÇ

Farklı oranlarda öğütülmüş hardal tohumu ilave edilerek üretilen sığır eti köftelerinin bazı kalite karakteristikleri üzerine etkisini konu alan bu araştırmada elde edilen sonuçları ve bu sonuçlara ait önerileri şu şekilde sıralayabiliriz.

Depolama boyunca örneklerin % nem değerleri artmış olup bu artışın genellikle önemli olduğu tespit edilmiştir. Nem oranındaki artış örneklerin konulduğu polietilen torbaların nem geçirgenliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hardal tohumlarının fenolik içerikleri incelendiğinde en yüksek fenolik içeriğe sarı hardal tohumunun, en düşük siyah hardal tohumunun sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca otoklav uygulamasının fenolik bileşenlerin artmasına sebep olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan hardal tohumlarının antioksidatif aktiviteleri DPPH, toplam fenolik madde miktarı, Fe⁺² ile şelat yapma aktivitesi ve H₂O₂ inhibisyonu yöntemleriyle hesaplanarak tespit edilmiştir. Hardal örnekleri karşılaştırıldığında en yüksek antioksidan aktivite gösteren sarı hardal tohumu, en düşük antioksidan aktivite gösteren ise siyah hardal tohumunun olduğu belirlenmiştir. Ayrıca otoklav uygulamasının hardal örneklerinin antioksidan aktivitesine olumlu bir etkisi olmuş ve hardal örneklerinin antioksidan kapasitesindeki artışın önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Otoklav uygulamasıyla en yüksek antioksidan aktiviteyi otoklavlı sarı hardal tohumu göstermiştir.

Köfte örneklerinde yapılan TBA analizinde depolama sonunda (15. gün) en düşük TBA sayısı SO₂ örneğinde (0,61 mg malonaldehit/kg) görülmüşken, en yüksek TBA sayısı kontrol (1,29 mg malonaldehit/kg) örneğinde görülmüştür (p<0,05). Ayrıca otoklavlı örnekler ile ısı işlem uygulanmamış hardal ilaveli köfte örnekleri karşılaştırıldığında otoklav uygulamasının TBA sayısını önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir (p<0,05). Bu sonuçlara göre köfte örneklerinde yapılan TBA analizi hardal örneklerinde yapılan antioksidan aktivite analizi sonuçlarını destekler nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Köftelerin pH değerleri arasında depolamanın 15. gününe kadar önemli bir fark tespit edilememiştir (p>0,05). Depolama sonunda örneklerin pH değerleri hızla yükselmiştir.

Numunelerin depolama sonundaki pH'ları incelendiğinde en yüksek pH değeri kontrol örneğinde görülmüşken en düşük değer KN2 örneğinde saptanmıştır.

Numunelerin renk ölçütlerinden L* değeri depolama süresince artmıştır. Depolama sonunda en yüksek L* değeri SO1 örneğinde gözlenmişken en düşük değer BO2 örneğinde saptanmıştır.

Örneklerin a* değerleri depolama süresince genellikle azalmıştır. Depolama sonunda en düşük a* değeri KO2 örneğinde görülmüşken en yüksek değer SN2 ve SO1 örneklerinde saptanmıştır. Renk parametrelerinden b* değerleri depolama boyunca genellikle düşüş göstermiştir. Depolama sonunda örneklerin renginin korunmasında en etkili bileşim SO1 örneği olmuştur.

Köftelerin TMAB yükleri depolama sonunda kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca en düşük TMAB yükü SO2 örneklerinde görülmüşken en yüksek kontrol örneklerinde görülmüştür.

TPAB yükleri açısından depolama süresince köfte örnekleri mukayese edildiğinde kontrol örneği en fazla, SO2 örneği en az yüke sahip olduğu tespit edilmiştir. Otoklav işleminin TPAB yükünün azalmasında etkili olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Maya-küf yükleri açısından depolama boyunca köfte örnekleri karşılaştırıldığında kontrol örneği en fazla, SO2 örneği en az yüke sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca örneklerin maya-küf yükü artmıştır.

Otoklav uygulaması örnekler üzerinde olumlu sonuç vermiş ve bakterilerin inhibisyonuna katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca hardal tohumu konsantrasyonunun artırılması da mikroorganizma yükünün azalmasında etkili olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Duyusal değerlendirme ölçütlerinden yüzey rengi puanlarını en yüksek SN2 örneği almışken en düşük BO2 örneği almıştır. Depolama süresince örneklerin yüzey puanları önemli derecede düşmüştür ($p<0,05$).

Örneklerin yüzey görünüş puanları karşılaştırıldığında depolama boyunca en yüksek puanı SO1 en düşük puanı KN1 örneği almıştır. Numunelerin tat ve aroma puanlarının değerlendirilmesinde depolama sonunda SO1 en yüksek puanları almışken, BO2 örnekleri en düşük puanı almıştır. Örneklerin genel beğeni değerlendirilmesi sonunda en çok beğenilen örneklerin SO1 ve SN1 örneklerinin olduğu, en az beğenilen örnek ise BO2 örneği olduğu görülmüştür.

Bu veriler ışığı altında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Hardal tohumu yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir ve otoklav uygulamasıyla bu etki artmaktadır.
2. Köftelerde lipit oksidasyonu sonucu istenmeyen tat ve kokunun önlenmesinde hardal tohumu ilavesi ve otoklav uygulamasının kullanılması yararlı olabilir. Söz konusu uygulamalar tatbik edilen köftelerde TBA değerleri daha düşük çıkmaktadır.
3. Numunelerin a* değerlerinin depolama sırasında korunmasında hardal tohumu önemli ölçüde etkilidir.
4. Numunelerin mikrobiyolojik analizlerinde hardal ilavesi ve otoklav uygulaması olumlu sonuç vermiş ve mikroorganizmaların inhibisyonunda az da olsa etkili olmaktadır.
5. Hardal tohumlarının fenolik içerikleri türden türe değişiklik göstermekte ve otoklav uygulaması fenolik bileşen miktarını arttırmaktadır.
6. Duyusal değerlendirme sonucunda sarı hardal tohumu içeren örnekler beğenilmiş fakat siyah ve kahverengi hardal tohumlarını içeren örnekler kontrol örneğine kıyasla daha az beğenilmiştir.
7. Hardal tohumu ilavesi ve hardal tohumlarına otoklav uygulanarak köftelerde kullanılmasında kimyasal, duyusal, mikrobiyolojik ve renk değerlendirmesi sonucunda yararlı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akarpat, A., Turhan, S. and Ustun, N.S. (2008). Effects of hot water extracts from myrtle, rosemary, nettle and lemon balm leaves on lipid oxidation and color of beef patties during frozen storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, **32**; 117-132.
- Akgül, A. (1993). Baharat bilimi ve teknolojisi Gıda teknolojisi Derneği Yayınları No:15 Ankara.
- Almajano MP, Carbo R, Lopez Jimenez JA, and Gordon MH (2008). Antioxidant and antimicrobial activities of tea infusions. *Food Chemistry*, **108**(1), 55–63.
- Altuğ, T. 1993. Duyusal test teknikleri. E.Ü.Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları Yayın No.28, 56 s., İzmir.
- Amarowicz, A. L., Faustman, C., Liebler, D. C., & Hill, D. (2003). Induction of myoglobin redox instability by adduction with 4-hydroxynonenal. *Biochemistry*, **42**, 4398-4405.
- Anar, Ş. (2010). Et ve et ürünleri teknolojisi Dora Yayınevi.
- Anonim. (1991). The Secrets of Shelflife (Ingredient Technology). *Dairy Foods*. 92 (12) : 59-60.
- Anonim. (2002). TS 10580, Hamburger köfte standardı, Türk Standartları Enstitüsü yayınları, 16 s., Ankara.,
- Anonim. (2006). Resmi Gazete, 2006. Çiğ Kırmızı Et ve Hazırlanmış Et Karışımları Tebliği (Tebliğ No: 2006/31). Resmi Gazete Sayı: 26221, 07 Temmuz 2006, Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Ansorena, D., Gimeno, O., Astiasarán, I. and Bello, J. (2001). Analysis of volatile compounds by GC-MS of a dry-fermented sausage: Chorizo de Pamplona. *Food Research International*, **34**, 67-75.
- Arslan, N., Hatipoğlu, F., Aktaş, M., (1986). Kimyonda uygun ekim sıklığının belirlenmesi AOAC International, 2000. *Official Methods of Analysis of International*. 17th ed., Gaithersburg, USA.
- Asghar, A., Gray, J.I., Buckley, D.J., Pearson, A.M. and Booren, A.M. (1988). Perspectives in warmed-over flavour. *Food Technology*, **42**(6); 102-110.
- Becker, E.M., Nissen, L.R., and Skibsted, L.H., (2004). Antioxidant evaluation protocols: Food quality or health effects, Review, *European Food Research Technology*, **219**, 561-571.

- Beis, S. H. (1990). Kırmızıbiberden Gıda Boyası Eldesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Berdague, J.L., Monteil, P., Montel, M.C. and Talon, R. (1993). Effects of starter cultures on the formation of flavour compounds in dry sausage. *Meat Science*, **35**, 275-287.
- Bravo L. (1998). Polyphenols: chemistry dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, **56**:11:317-333.
- Buckley, D.J., Morissey, P.A., Gray, J.I. (1995). Influence of Dietary Vitamin E on the Oxidative Stability and Quality of Pig Meat. *Journal of Animal Science*, **73**:3122-3130.
- Caragay, A. B. (1992). Cancer preventive foods and ingredients. *Food Technology*, **56**, 65-68.
- Carno, J., Beltran J.A. and Roscales, P. (2008). Extension of the display life of lamb with an antioxidant active packaging. *Meat Science*, **80**; 1086-1091.
- Ceylan, E., Özbek, H., Ağaoglu, Z., (2003). *Cuminum cyminum* L. (kimyon) meyvesi uçucu yağının median lethal doz (LD50) düzeyi ve sağlıklı ve diyabetli farelerde hipoglisemik etkisinin araştırılması. *Van Tıp Dergisi*: **10** (2):29-35.
- Chen, C.C., Pearson, A.M., Gray, J.I. and Merkel, R.A. (1984). Effects of salt and some antioksidant upon the TBA numbers of meat. *Food Chemistry*, **14**; 167-172.
- Cui, W. and Eskin, N.A.M. (1998). Process and properties of mustard products and components. In: Mazza, G., Shi, J., Le Maguer, M. (Eds.). (pp. 235-245).
- Çakmakçı, S. ve Gökalp, H.Y. (1992). Gıdalarda kısaca oksidasyon antioksidantlar ve gıda sanayinde kullanılmaları. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Der.*, **23**(2); 174-192.
- Çam, M. (2005). Kayseri bölgesinde tüketilen Gilaburu meyve suyunun organik asit ve fenolik bileşiklerinin yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Daood, H.G., Illes, V., Gnayfeed, M.H., Meszaros, B., Horvath, G. and Braes, P.A. (2002). Extraction of Pungent Spice Paprika by Supercritical Carbondioxide and Subcritical Propane. *Journal of Supercritical Fluids*, **23**:143-152.
- De Man, J.M. (1990). "Principles of Food Chemistry". An avı book, Canada.
- Delaquis, P. J. & Mazza, G. (1995). Antimicrobial properties of isothiocyanates in food preservation. *Food Technology*, **12**, 73-84.

- Delaquis, P.J. and Sholberg, P.L. (1997). Antimicrobial activity of gaseous allyl isothiocyanate. *Journal of Food Protection*, **60**, 943-947.
- Diosady, L.L., L. Xu, & B.K. Chen. (2005). Production of high-quality protein isolates from defatted meals of Brassica seeds. *United States Patent Number* 6,905,713.
- Diosady, L.L., L. Xu, & B.K. Chen. (2007). Production of high-quality protein isolates from oilseeds seeds. *United States Patent Number* 20070237877.
- Dizezak, J.D. (1986). Preservatives: Antioxidants. *Food Technology*, september; 94-102.
- Dufrasne, I., Marche, C., Clinquart, A. and Hornick, J.L. (2000). Effects of dietary vitamin E supplementation on performance and meat characteristics in fattening bulls from the Belgian Blue breed. *Livestock Production Science*, **65**; 197-201.
- Ekanayake, A., Kester, J.J., Li, J.J., Zehentbauer, G.N., Bunke, P.R. and Zent, J.B. (2006). Isogard™: a natural anti-microbial agent derived from white mustard seed. *Acta Horticulturae*, **709**, 101-108.
- Ercoskun, H., Tagi, S., & Ertaş, A. H. (2010). The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. *Meat Science*, **85**, 174-181.
- Erkkila, S., Venalainen, M., Hielm, S., Petaja, E., Puolanne, E. and Mattila-Sandholm, T. (2002). Survival of *Escherichia coli* O157:H7 in dry sausage fermented by probiotic lactic acid bacteria. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **80**, 2101-2104.
- Ertaş, A.H., 1979, Ette bozulmaya neden olan mikroorganizmalar. *Gıda* 6: 187-192.
- Fahey J.W., A.T. Zalcmann, & P. Talalay. (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, **56**:5-51.
- Fenwick, G.R., R.K. Heaney, & W.J. Mullin. (1983). Glucosinolates and their breakdown products in food and food plants. *Critical Reviews of Food Science & Nutrition*, **18**, 123–201.
- Fernandez-Lopez, J., Zhi N., Aleson-Carbonell I., Perez-Alvarez, A., Kuri, V., (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extract, application in beef meatballs. *Meat Science*, **69** (3), 371-380.
- Flores, M., Dura, M.A., Marco, A. and Toldra, F. (2004). Effect of *Debaryomyces spp.* on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Science*; 439-446.

- Gerard, K.A. and Roberts, J.S. (2004). Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, **37**; 551-557.
- Govindarajan, V.S., (1977). Pepper – chemistry, technology and quality evaluation. CRC *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **9**, 1–115.
- Gökalp, H.Y., (1985). Et Ürünlerine Katılan Nitrat, Nitrit Miktarının Azaltılması, N-Nitrosamin Oluşum Reaksiyonlarının Engellenmesi ve Gıdalarda N-Nitrosaminlerin Saptanması. *Gıda* **10 (3)**: 161-167.
- Gökalp H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö. (1993). Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Kılavuzu Atatürk Üniversitesi Yayın No:751, Ziraat Fakültesi Yayın No:318. Ders Kitabı Serisi No:69, Erzurum.
- Gökalp,H. Y., Kaya, M., Zorba,Ö.(1994). Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Erzurum
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö. (1995). Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. A.Ü. Yayın No:751. Erzurum.
- Gök, V., (2001). Sığır Kıymalarının Raf Ömrünün Uzatılması Üzerine Vakum Paketleme ve Bazı Katkı Maddelerinin Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 3-8.
- Gök, V., Kayaardi, S. and Obuz, E. (2009). Extending the chilled shelf life of vacuum-packaged ground beef using ascorbic acid, nitrite or salt. *Journal of Muscle Food*, **20 (2)**:211-226.
- Graumann, G.H. and Holley,R.A. (2008). Inhibition of *Escherichia coli*O157:H7 in ripening dry-fermented sausage by ground yellow mustard. *Journal of Food Protection*, **71**, 486-493.
- Gray, J. I., Pearson, A. M. (1987). Rancidity and warmed-over flavour. *Advanced Meat Research* **3**: 221-227.
- Gray, J.I., Monahan, J., (1992). Measurement of Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Trend in Food Science and Technology*, **3**, 315-319.
- Gray, J. I., Gomaa, E. A., Buckley, D. J. (1996). Oxidative Quality and Shelf Life of Meat. *Meat Science*, **43**:S111-S123.
- Gutierrez J, Barry–Ryan C, and Bourke P (2008). The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *International Journal of Food Microbiology*, **124(1)**:91–97.

- Hasbioğlu, M. (1993). Hamburgerlerin bazı kalite özelliklerine mercimek ununun etkisi üzerinde araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 15-17.
- Hoyle Parks, A.R., Brashears, M.M., Martin, J.N., Woerner, W.D., Thompson, L.D. and Brooks, J.C. (2012). Shelf life and stability traits of traditionally and modified atmosphere packaged ground beef patties treated with lactic acid bacteria, rosemary oleoresin, or both prior to retail display. *Meat Science*, **90**, 20-27.
- Ioku, K. and Ayoma, Y. (2001). Various cooking methods and the flavonoid content in onion. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, **47**; 78-83.
- Isshiki, K., Tokuoka, K., Mori, R. and Chiba, S. (1992). Preliminary examination of allyl isothiocyanate vapour for food preservation. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry.*, **56**,1476-1477.
- İlhan, E. (2010). Farklı oranlarda dana kıymtı eti ile formüle edilmiş hamburger köftelerinde biberiye ekstraktı ilavesinin depolama stabilitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- İnal, T. 1992. Besin Hijyeni, Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü. Final Ofset. İstanbul
- Jobstl, E. (2004). Molecular model for astringency produced by polyphenol/protein interactions. *Biomacromolecules*, **5**: 942-949.
- Jul, M.,(1979). Vegetable Proteins in Meat Products, Problems and Possibilities. *Journal of Food Science*, **56**, 313-319.
- Kahraman, T., Nazlı, B., Ergün, Ö., (2006). Elektriksel Stimülasyonun Et Kalitesi Üzerine Etkileri, İÜ, *Vet. Fak. Dergisi*.
- Kahveci, A., Bayındırlı, L. (1991). Gıda Katkı Maddelerinin Güvenilirliği ve Tabiiik. *Araştırma Dergisi*, **32**: 2.-25.
- Kanner, J., (1994). Oxidative Process in Meat and Meat Products. *Meat Science*, **36**, 169-189.
- Karpinska, M. (2008). Effect of the addition of ground rosemary on the quality and shelflife of turkey meatballs during refrigerated storage. *British Poultry Science*, **49** (6); 742-750.
- Karwowska, M., Dolatowski, Z. J. (2013). Antioxidant effects of ground mustard seed in model sausage type product *Food Science and Technology Research*, **19** (1), 23 – 28.

- Kayaardı, S. and Gök, V. (2003). Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science*, **66**;249-257.
- Kazimierz, J. Dabrowski, & F.W. Sosulski. (1984). Composition of free and hydrolyzable phenolic acids in defatted flours of ten oilseeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32:128-130.
- Khayat, A. and Schwall, D. (1983). Lipit oxidation in seafood. *Food Technology*, 130-140.
- Kirmusaoğlu, S. (2013). Elimination of certain foodborne pathogens in various fruit juices by combination of ultrasonication and mustard seed. Doktora Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Kogure, K., Goto, S., Nishimura, M., Yasumoto, M., Abe, K., Ohiwa, C., Sassa, H., Kusumi, T. and Terada, H. (2002). Mechanism of potent antiperoxidative effect of capsaicin. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1573:84-92.
- Kumar, D. and Tanwar, V. K. (2011). Effects of incorporation of ground mustard on quality attributes of chicken nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, **48**:759-762.
- Kuti, J.O. and Konuru, H.B. (2004). Antioxidant capacity and phenolic content in leaf extracts of tree spinach (*Cnidoscolus spp.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**; 117-121.
- Kyung, K.H., and Fleming, H.P. (1996). Antimicrobial activity of sulfur compounds derived from cabbage. *Journal of Food Protection*, **60**,67-71.
- Labadie, J., (1999). Consequences of Packaging on Bacterial Growth. Meat is an ecological niche. *Meat Science*, **52**, 299-305.
- Labuza, T.P. (1971). Kinetics of Lipit Oxidation in Foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 2; 355.Science, **56**, 313-319.
- Ladikos, D., Lougovois, V., (1990). Lipit Oxidation in Muscle Foods. *Food Chemistry*, **35**, 295-314.
- Lara-Lledó M, Olaimat A, Holley R.A. (2012). Inhibition of *Listeria monocytogenes* on Bologna sausages by a antimicrobial film containing mustard extract or sinigrin. *International Journal of Food Microbiology*, **156**:25–31.

- Lee, B.J., Hendricks, D.G.N. and Cornforth, D.P. (1999). A comparison of carnosine and ascorbic acid on color and lipid stability in a ground beef patty model system. *Meat Science*, 245-253.
- Lee, Mi-Ai, Choi, Ji-Hun, Choi, Yun-Sang, Han, Doo-Jeong, Kim, Hack-Youn, Shim, So-Yeon, Chung, Hae-Kyung, & Kim, Cheon-Jei. (2010). The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation. *Meat Science*, **84**, 498-504.
- Li, S. (2012). The antimicrobial effects of para-hydroxybenzyl isothiocyanate on *Escherichia coli* O157:H7 in beaker sausage and the sensory influence of deheated yellow mustard on dry-fermented sausage. The University of Manitoba. Master thesis.
- Lin, C.M., Jeongmok, K., Du., W.X. and Wei, C.I. (2000). Bactericidal activity of isothiocyanate against pathogens on fresh produce. *Journal of Food Protection*, **63**, 25-30.
- Lombard, K. and Peffley, E. (2005). Quercetin in onion after heat treatment simulating home preparation. *Journal of Food Composition and Analysis*, **18**; 571-581.
- Lorenzo, L. K. (2008). Improving the solubility of yellow mustard precipitated protein isolate in acidic aqueous solutions The University of Toronto. Master thesis.
- Luciano, F.B., Belland, J. and Holley, R.A. (2011). Microbial and chemical origins of the bactericidal activity of thermally treated yellow mustard powder toward *Escherichia coli* O157:H7 during dry sausage ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 145, 69-76.
- Luciano, F.B. and Holley, R.A. (2011). Bacterial degradation of glucosinolates and its influence on the growth of *E. coli* O157:H7 in a dry-fermented sausage model-Part 2. *Fleischwirts. International*, **26**(1), 78-81.
- Macleod, G. 1998. The Flavour of beef. In Flavor of meat, meat products and seafood. F. Shahidi. (Ed.) 2nd Ed. Blackie Academic and Professional. 429p., London, England.
- Manda, K. R., Adams, C. & Ercal, N. (2010). Biologically important thiols in aqueous extracts of spices and evaluation of their in vitro antioxidant properties. *Food Chemistry*, 118, 589-593.

- Mayton, H.S. (1996). Correlation of fungicidal activity of *Brassica* species with allyl isothiocyanate production in macerated leaf tissue. *Phytopathology*, **86**, 267-271.
- Mccarthy, T.L., Kerry, J.P., Kerry, J.F., Lynch, P.B. and Buckley, D.J. (2001). Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science*, **57**,177–184.
- McCarthy, T. L., Kerry, J. P., Kerry, J. F., Lynch, P. B., & Buckley, D. J. (2001). Evaluation of the antioxidant potential of natural food/plant extracts as compared with synthetic antioxidants and vitamin E in raw and cooked pork patties. *Meat Science*, **58**(1), 45–52.
- Metaxopoulos, J., Mataragas, M., & Drosinos, E. H. (2002). Microbial interaction in cooked cured meat products under vacuum or modified atmosphere at 4°C. *Journal of Applied Microbiology*, **93**, 363-373.
- Miller, M. F., Anderson, M. K., Ramsey, L. B., Reagan, J. O. (1993). Physical and sensory characteristic of Low Fat Ground Beef Patties, *Journal of Food Science*, **58**(3), 461-463.
- Minn-Dak Growers Ltd. (2002). Mustard. Online document: cited 2005 Dec 12, Available at: www.minndak.com/mustard.htm.
- Mithen, R. (2001). Glucosinolates: biochemistry, genetics and biological activity. *Plant Growth Regulation*, **34**:91-103.
- Montel, M.C., Masson, F. and Talon, R.(1998). Bacterial role in flavour development. *Meat Sci.*, **49**, S111-S123.
- Nacz M., R. Amarowicz, A. Sullivan, & F. Shahidi. (1998). Current research developments on polyphenolics of rapeseed/canola: a review. *Food Chemistry*, **62**(4); 489-502.
- Naidu AS (2000a). Overview. In A. S. Naidu (Ed.), *Natural food antimicrobial systems* (pp. 1–16). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Nakatani, N., Inatani, R., Ohta, H. and Nishioka, A., (1986). Chemical constituents of pepper and application to food preservation. Naturally occurring anti-oxidative compounds. *Environ. Health Perspect.*, **67**, 135–47.
- Nassu, R.T, Gonçalves, L.A.G, Pereira da Silva, M.A.A. and Beserra, F.J. (2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Science* **63**; 43–49.

- Nergiz, C. ve Ünal, K., (1986). Lipitlerin bozulması üzerine metallere etkileri. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, **4**(1); 89-97.
- Nilson A. M., Holley, R. A. (2012). Use of deodorized yellow mustard powder to control *Escherichia coli* O157:H7 in dry cured Westphalian ham. *Food Microbiology*, **30** (2012) 400-407.
- Nortje, G.L, Nel, L.,Jordaan, E., Bodenhorst, K., Goedhart, G., Hopzapfel, W.H. and Grimbeek, R.J. (1990). A quantitative survey of a meat production chain to determine the microbial profile of the final product. *Journal of Food Production*, **53**(5); 411-417.
- O'Connell, J.E. and Fox, P.F. (2001). Significance and applications of phenolic compounds in the production and quality of milk and dairy products: a review. *International Dairy Journal*, **11**:103-120.
- Ostendorf, J.P. (1987). Antioxidants in the food industry. The first international Symposium on the Food Industry. *Food Additives*, 383-397.
- Öztan, A. (2013). Et Bilimleri ve Teknolojisi. Gıda Mühendisleri Odası Yayınları Kitap Serisi Yayın No:1, Ankara.
- Poyrazoğlu, O. (1992). Hamburgerlerin fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerine sodyum tripolifosfatın, depolama sıcaklığının ve süresinin etkisi üzerinde araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Poyrazoglu, E., Gökmen, V., Artık, N. (2002). Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey, *Journal of Food Composition and Analysis*, **15**:567-575.
- Pradhan, K.J.; Vardiyar, P.S.; Bandekar, J.R., (1999). Antimicrobial Activity of Novel Phenolic Compounds from Green Pepper (*Piper nigrum* L.). *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **32**(2): 121-123.
- Price, K.R., Bacon, J.R. and Rhodes, M.J.C. (1997). Effects of storage and domestic processing on the content and composition of flavonol glucosides in onion (*Allium cepa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**; 938-942.
- Pripis-Nicolau, L.,De Revel, G., Bertrand, A., Maujean, A. (2000). Formation of flavor components by the reaction of amino acid and carbonyl compounds in mild conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48** (9), pp 3761–3766

- Quilo, S.A., Pohlman, F.W., Brown, A.H., Crandall, P.G., Dias-Morse, P.N., Baublits, R.T. and Aparicio, J.L. (2009) . Effects of potassium lactate, sodium metasilicate, peroxyacetic acid, and acidified sodium chloride on physical, chemical, and sensory properties of ground beef patties. *Meat Science*, **82**, 44-52.
- Radulović N, Dekić M, Stojanović–Radić Z (2011). A new antimicrobial glucosinolate autolysis product, 4–isothiocyanatobutanoic acid, from the diffuse wallflower (*Erysimum diffusum*): methyl 4–isothiocyanatobutanoate, a long unrecognized artifact of the isolation procedure. *Food Chemistry*, **129**:125–130.
- Ravindran, P. N. and Kalluparackal, J. A., (2001). Handbook of herbs and spices, Volume 2, (K. V. Peter (ed.)), p: 62-65, Woodhead Publishing Limited. England.
- Rhee, M.S., Dougherty, R.H., and Kang, D.H. (2003). Combined effects of mustard flour, acetic acid, and salt against *Escherichia coli* O157:H7 stored at 5 and 22 °C. *Journal of Food Protection*, **65**, 1632-1636.
- Rhee, K.S., Lupton, C.J., Ziprin, Y.A. and Rhee, K.C. (2003). Effects of sheep production systems on oxidative storage stability of lean lamb patties. *Meat Science*, **65**,701–706.
- Rice-Avans, C.A., Miller, N.J., Bolwell, P.G., Bramley, P.M. and Pridham, J.B., (1995). The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenol flavonoids. *Free Radical Research*, **22** (4): 375-383.
- Rojas, M. C., & Brewer, M. S. (2007). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *Journal of Food Science*, **72**(4), 282–288.
- Rubino M.I., S.D. Arntfield, C.A. Nadon, & A. Bernatsky. (1996). Phenolic protein interactions in relation to the gelation properties of canola protein. *Food research International*, **29**(7):653-659.
- Sadler, D.N. and Swan, J.E. (1997). Chilled Storage Life of Hot-boned, Pre-rigor, Salted Minced Beef. *Meat Science*, Vol. 45, No. 4, 427-437.
- Sağdıç O., Öztürk I., Yılmaz, M.T. and Yetim H. (2011). Effect of grape pomace extracts obtained from different grape varieties on microbial quality of beef patty. *Journal of Food Science*, **76**, M515-M521.
- Sahoo, J. and Anjaneyulu, A.S.R. (1997). Quality Improvement of ground buffalo meat by preblending with Sodium ascorbate. *Meat Science*, **46**(3); 277-247.

- Saleemi, Z. O., Janitha, P. K., Wanasundara, P. D., and Shahidi, F. (1993). Effect of low pungency ground mustard seed on oxidative stability, cooking yield, and colour characteristics of comminuted pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **41**, 641-643.
- Sanchez-Alonso, I., Jimenez-Escrig, A., Saura-Calixto, F. and Borderias, A.J. (2008). Antioxidant protection of white grape pomace on restructured fish products during frozen storage. *LWT-Food Science and Technology*, **41**(1), 42-50.
- Schuster, B., and Herrmann, K. (1985). Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, **24** (11): 2761-2764.
- Selvi, T. A., Joseph, G. S., Jayaprakasha, G. K. (2003). Inhibition of growth and aflatoxin production in *Aspergillus flavus* by *Garcinia indica* extract and its antioxidant activity. *Food Microbiology*, **20**, 455-460.
- Seydim, A.C, Güzel-Seydim, Z.B., Action, J.M. and Dawson, P.L. (2006). Effects of rosemary extract and sodium lactate on quality of vacuum packaged ostrich meat. *Journal of Food Science*, **71**; 71-76.
- Sezgin, N. (2006). Adaçayı (*Salvia spp.*) Bitkisinde Antioksidan Maddelerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Shahidi, F. and Rubin, L. J. (1987). Control of lipid oxidation in cooked meats by combination of antioxidants and chelators. *Food Chemistry*, **23**; 151-157.
- Shahidi, F., Wanasundara, U. N., Amarowicz, R. (1994). Natural antioxidants from low pungency mustard flour. *Food Research International*, **27**, 489-493.
- Shahidi, F., Yang, Z., Saleemi, Z. O. and Omar, S. (2007). Stabilization of mechanically deboned chicken meat lipids with ground mustard seed. *Journal of Food Lipids*, **1**, 89-96.
- Sherwin, E. R. (1976). Antioxidant for vegetable oils *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **53**; 430-436.
- Sherwin, E. R., (1990). Food Additives. Ed. by L. Branen, pp. 139–193. Marcel Dekker, New York.
- Shofran , B. G., Purrington, S. T., Breidt, F., and Fleming, H. P. (1998). Antimicrobial properties of sinigrin and its hydrolysis products. *Journal of Food Science*, **63**, 621-624.

- Shui, G., Leong, L. P. (2002). Separation and determination of organic acids and phenolic compounds in fruit juices and drinks by HPLC, *Journal of Chromatography A*, 977:89-96.
- Smith, S. J. and Alfawaz, M. (1995). Antioxidative activity of maillard reaction products in cooked ground beef, sensory and TBA values. *Journal of Food Science*, 234-237.
- Soyer, A. (1995). Dondurulmuş kolyoz (*Scomber japonicus*) balıklarında lipid oksidasyonu üzerine bazı antioksidanların ve vakum paketlemenin etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 90s.
- Stetzer, A. J., Navokofski, J.A. and Brewer, S. (2008). A research note: Effect of natural antioxidants on color of an irradiated beef myoglobin model system. *Journal of Muscle Foods*, **19**; 410-419.
- Şeniz, V. (1992). Domates, Biber ve Patlıcan Yetiştiriciliği. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı (TAV) Yayınları. No: 26, Yalova, 174s.
- Tainter, D.R. and Grenis, A.T. (1993). Spices and Seasonings: A Food Technology Handbook. (pp. 95-98). New York, N.Y: VCH Publishers, Inc.
- Tekinşen, C., (2000). Süt Ürünleri Teknolojisi. Selçuk Üniversitesi Basımevi. Konya.
- Tıprısukond, N., Fernando, L.N. and Clarke, A.D., (1998). Antioxidant effects of essential oil and oleoresin of black pepper from supercritical carbon dioxide extractions in ground pork. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **46**, 29-33.
- Tolonen, M., Rajaniemi, S., Pihlava, J.M., Johansson, T., Saris, P.E.J., and Ryhanen, EL (2004). Formation of nisin, plant-derived biomolecules and antimicrobial activity in starter culture fermentations of sauerkraut. *Food Microbiology*, **21**(2):167-179.
- Tookey, H.L., C.H. Van Etten, & M.E. Daxenbichler. (1980). Toxic Constituents of Plant Foodstuffs, (I.E. Liener, Ed), New York: Academic Press, 2d Ed.
- Turan, M. (2011). Dondurularak depolanan fileto gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus Mykiss*) kalitesine kitosan ile glazelemenin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Üner, Y., Aksu, H., Ergün Ö. (2000). Baharatın Bazı Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **26**(1): 1-10.
- Varnam, A. H., Sutherland, J. P. (1995). Meat and Meat Products Technology Chemistry and Microbiology. CHAPMAN & HALL, NY, USA.

- Wanasundara U. N., Shahidi F. (1998). Antioxidant and pro-oxidant activity of green tea extraction in marine oils. *Food Chem.*, **63**: 335-42.
- Work, T.M. and Camire, M.E. (1996). Phenolic acid detection thresholds in processed potatoes. *Food Quality and Preference*, **7**(3/4); 271-274.
- Wojciak, K.M., Karwowska, M. & Dolatowski, Z.J. (2013). Use of acid whey and mustard seed to replace nitrites during cooked sausage production, *Meat Science*, **13**:309-1740
- Wu, S.Y. and Brewer, M.S. (1994). Soy protein isolate antioxidant effect on lipid peroxidation of ground beef microsomal lipid. *Journal of Food Science*, **59**(4), 702-706.
- Xu, L., F. Lui, H. Luo, & L.L. Diosady. (2003). Production of protein isolates from yellow mustard meals by membrane processes. *Food Research International*, **36**:849-856.
- Yemiş, O. (2001). Kırmızıbiberlerden Oleoresin Capsicum Üretimi Üzerine Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, Y. (1992). “ Et Endüstrisi” Yıldırım Basımevi, Ankara.
- Yıldırım, Y. (1996). Et Endüstrisi, Kazan Ofset Matbaası, Ankara.
- Zhang, X., Kong, B., & Xiong, L. (2007). Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation. *Meat Science*, **77**: 593-598.
- Zorba, Ö., Kurt, Ş. (2005). Yüksek Basınç Uygulamalarının Et ve Et Ürünleri Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, **16**,1, 71-76.

6.1 İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

- 1- <http://www.sifamarket.com/mucize-bitkiler/hardal-yetistiriciligi.html> 13.01.2014

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muhammed Yusuf ÇAĞLAR
Doğum Yeri ve Tarihi : 20.09.1989- ESKİŞEHİR
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 05556699273/muhammedyusufcaglar@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Afyon Milli Piyango Anadolu Lisesi 2004-2007
Lisans : Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü 2008 -2012
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi 2012-

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi 2014-

Yayımları (SCI ve diğer) : ÇAĞLAR, A., TOĞRUL H., ALPYÖRÜK G., ÇAĞLAR, M. Y., 2013.Determination of Shelf Life of Different Concentration Afyon Buffalo Cream and Honey, 2nd International Symposium on “Traditional Foods” 139

Diğer konular