



Donmuş Muhafaza Edilen Pişmiş Sığır Köftelerinde Doğal Antioksidan Olarak Kızılcık (*Cornus mas*) Ekstraktının Kullanımı

*The Use of Cornelian Cherry (*Cornus mas*) Extract as Natural Antioxidant in Cooked Beef Patties During Frozen Storage*

Şeyma ELGİN¹ , Orhan ÖZÜNLÜ^{2*} , Haluk ERGEZER³ 

^{1,2,3}Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

¹<https://orcid.org/0000-0002-8792-645X>; ²<https://orcid.org/0000-0001-8633-253X>; ³<https://orcid.org/0000-0001-7489-165X>

To cite this article:

Elgin, Ş., Özünlü, O. & Ergezer, H. (2024). Donmuş muhafaza edilen pişmiş sığır köftelerinde doğal antioksidan olarak kızılcık (*cornus mas*) ekstraktının kullanımı. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 28(2): 304-320

DOI: 10.29050/harranziraat.1416330

*Address for Correspondence:
Orhan ÖZÜNLÜ
e-mail:
orhan1907gfb@hotmail.com.tr

Received Date:

08.01.2024

Accepted Date:

24.04.2024

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Bu çalışmada, 200, 300 ve 500 ppm konsantrasyonlarında hazırlanan kızılcık ekstraktları sığır köftelerine katılanmış ve depolama boyunca (-18°C, 6 ay) köftelerin fizikokimyasal özelliklerinde (pH, renk, toplam fenolik madde miktarı, antiradikal aktivite değeri, TBARS değeri ve karbonil içeriği) meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Kızılcık ekstraktının köftelerdeki pH değerini önemli oranda (P<0,05) etkilediği tespit edilmiştir. Depolama boyunca köftelerin parlaklık (L*) ve kırmızılık (a*) değerlerinde düşüş yaşanırken sarılık (b*) değerlerinde ise önemli artışlar görülmüştür (P<0,05). Depolama boyunca tüm örneklerin toplam fenolik madde miktarında önemli düşüşler gözlenirken (P<0,05) oransal olarak en büyük düşüş (%50.11) K0 numaralı örnekte gerçekleşmiş ve bunu sırasıyla K200 (%26.20), K300 (%20.27) ve K500 (%10.96) numaralı örnekler takip etmiştir. Her bir analiz gününde gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu (P<0,05) ve en büyük %ARA değerine K500 numaralı örneğin sahip olduğu görülmüştür. Artan konsantrasyonlardaki kızılcık ekstraktının köftelerdeki lipid ve protein oksidasyonunu önemli ölçüde engellediği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kızılcık ekstraktı, oksidasyon, köfte, fizikokimyasal özellikler

ABSTRACT

In this study, was to investigate changes occurred in physicochemical properties (pH, color, total phenolic content, DPPH radical scavenging activity, TBARS value and carbonyl content) of beef patties with the addition of different concentrations (200, 300 and 500 ppm) of the cornelian cherry extracts during the storage periods (-18°C, 6 months). The addition of the cornelian cherry extracts had a discernible effect on the beef patties' pH value (P<0.05). Throughout storage periods, the lightness (L*) and redness (a*) value of all samples were decreased although there were increased in yellowness (b*) value. From the beginning to the end of the storage, the total phenolic content of the samples was decreased and this decrement was respectively in the K0 (%50.11), K200 (%26.20), and K300 (%20.27) and K500 (%10.96) groups. In terms of DPPH radical scavenging activity, there were significant differences among the samples at each evaluation period (P<0.05) and the K500 sample had the higher than the other samples. The increment of the cornelian cherry extracts has been highly effective found for preventing lipid and protein oxidation in cooked beef patties.

Key Words: Cornelian cherry extract, patty, oxidation, physicochemical properties

Giriş

Büyükbaş ve küçükbaş kasaplık hayvanlardan elde edilen köfte tipi ürünler hem ülkemizde hem de dünyada severek tüketilmektedir. Köfte, çeşitli hayvanlardan elde edilen etin yağ ile birlikte kıyma makinasından geçirilmesinden sonra içine çeşitli baharatlar ile bazı katkı ve dolgu maddelerinin ilave edildiği bir üründür. Et her ne kadar protein, lipid, vitamin ve mineralce zengin bir gıda olsa da yüksek su aktivitesi ve pH değeri nedeniyle sınırlı bir raf ömrüne sahiptir. Et ve et ürünlerinin kalitelerinde olumsuz birtakım değişikliklere yol açarak ürünün tüketilemez hale gelmesine neden olan en önemli kimyasal değişimlerden birinin oksidasyon (lipid ve protein oksidasyonu) olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Martini ve ark., 2021; Werenska ve ark., 2022).

Bir üründe lipid ve protein oksidasyonun başlayabilmesi için ortamda öncelikle reaktif oksijen veya azot türleri, doymamış yağ asidi, aminoasitler ve oksijenin bulunması gerekir. Reaktif oksijen ve azot türleri, canlı hayvanların metabolik aktiviteleri (solunumları sonucunda) sonucunda endojen olarak üretilmelerinin yanında çevresel faktörlerinde (güneş ışınları, radyasyon, çevre kirliliği, gibi) bu bileşiklerin oluşumunu teşvik ettiği belirtilmiştir (Sarma ve ark., 2010). Canlı hayvanların bünyelerinde bulunan çeşitli protein (laktoferrin ve transferrin) ve enzimlerin (süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz, glutatyon redüktaz, tiyoredoksin redüktaz, peroksi redoksinler, katalaz, glutatyon S-transferaz) oksidasyona karşı antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Casteilla ve ark., 2001; Papuc ve ark., 2017). Hayvanın kesimiyle birlikte dolaşım sisteminin durmasıyla antioksidan enzimlerin etkisi hızla sona ermektedir. Bu maddelerin tükenmesiyle et yapısında bulunan demir içerikli hemoglobin ve myoglobin gibi çeşitli prooksidan bileşiklerin varlığıyla hem lipid hem de protein oksidasyonu katalizlenmektedir (Estevez ve Cava, 2004; Soladoye ve ark., 2015).

Lipidler büyük oranda doymuş ve doymamış yağ asitlerinden oluşan önemli gıda bileşenlerinden biridir. Kırmızı et, kanatlı ve su ürünlerine nazaran

daha fazla doymuş yağ asidi içermektedir. Hayvanın cins, yaş, cinsiyet, karkasın alındığı bölge, uygulanan teknolojik işlemler gibi birtakım parametrelerin etin doymuş veya doymamış yağ asidi profilini etkilediği bilinmektedir. Doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine göre stabil olmadığı için oksijen ile çok kolay bir şekilde reaksiyona girebilmektedir. Et ve ürünlerinin kalite karakteristiğinde olumsuz birtakım değişikliklere neden olan oksidasyonun ilk başta lipidlerde meydana geldiği ve ardından lipid oksidasyonu ara ürünlerinin (lipid radikali, alkoksi radikali, peroksi radikali) protein oksidasyonunu tetiklediği belirtilmiştir. Lipid ve protein oksidasyonu benzer şekilde 3 aşamadan (başlangıç, yayılma ve bitiş) oluşmaktadır. Etin bünyesinde bulunan doymamış yağ asitleri oksijen varlığında ortamda bulunan reaktif oksijen türleriyle reaksiyona girip lipid oksidasyonunu başlatır (Papuc ve ark., 2017; Oswell ve ark., 2018; Das ve ark., 2020). Lipid oksidasyonunun başlamasıyla birlikte et renk pigmenti olan myoglobinin metmyoglobine dönüştüğü ve depolama süresi boyunca etteki kırmızılığın yavaş yavaş azalarak yerini kahverengimsi-gri bir renge bıraktığı gözlenir. Ayrıca, lipid oksidasyonu sonucunda oluşan çeşitli aldehitler, ketonlar, uçucu organik bileşiklerin toksik karakterli oldukları ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir (Vieira ve ark., 2017; Kanner, 2007; Cohn, 2002; Halliwell ve Gutteridge, 1990).

Protein oksidasyonu, aminoasitlerin ortamda bulunan reaktif oksijen veya azot türleri ile ve bazı lipid oksidasyonu ara ürünlerinin reaksiyonu sonucu oluşan protein radikallerinin ileri düzeyde modifikasyonu olarak tanımlanır (Shacter, 2000). Protein oksidasyonu lipid oksidasyonuna nazaran daha yavaş gerçekleşmektedir. Ayrıca, lipid oksidasyonunda olduğu gibi protein oksidasyonunda da ışık, ısı, sıcaklık, radyasyon gibi çevresel faktörlerin yanı sıra boyut küçültme, kütleme, fermentasyon, tuzlama, tütsüleme, kurutma gibi ete uygulanan çeşitli teknolojik işlemlerin de protein oksidasyonunu katalizlediği belirtilmektedir (Ergezer ve ark., 2016; Oswell ve ark., 2018).

Genel olarak et ve ürünlerinin oksidasyonu sonucunda etin duyusal (istenilmeyen tat ve kokunun oluşumu, lezzet ve renk kaybı), besleyici değerinde düşüşler (esansiyel aminoasitlerde azalma, A, D ve K vitamin kaybı, tekli veya çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma) ve teknolojik özelliklerinde (proteinlerin çözünürlüğünde ve proteinlerin emülsifikasyon özelliklerinde düşüşler) olumsuz birtakım değişiklikler yaşanır (Devatkal ve ark., 2014; García-Lomillo ve ark., 2017).

Gıda endüstrisi, köfte tipi ürünlerin raf ömrünü uzatabilmek ve bunun yanında üründe meydana gelebilecek oksidatif reaksiyonları yavaşlatabilmek veya engellemek için çeşitli stratejileri (antimikrobiyal ve antioksidan karakterli maddelerin kullanımı, yağ asidi profilinde değişiklik, kolesterol miktarının azaltımı, tuz miktarının azaltımı gibi) geliştirmeye başlamıştır (Nikmaram ve ark., 2018). Bu amaçla bu tür ürünlerin üretiminde BHA (bütillenmiş hidroksi anisol), BHT (bütillenmiş hidroksi tolüen), PG (propil gallat) gibi sentetik antioksidan maddeler kullanılmaktadır (Hashemi ve ark., 2017; Sen ve Mandal, 2017). Ancak, yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda sentetik karakterli antioksidan maddelerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu tespit edildikten sonra bu durum hem bilim insanları hem de et endüstrisini bu maddelere alternatif olabilecek doğal karakterli çeşitli antioksidan maddelerin kullanımına yönelik Ar-Ge çalışmalarına yönlendirmiştir (Maqsood ve ark., 2006; Lorenzo ve ark., 2013; Falowo ve ark., 2014; Munekata ve ark., 2017; Şahin ve ark., 2017, Lorenzo ve ark., 2018). Literatür incelediğinde, son yıllarda antioksidanca oldukça zengin polifenol içerikli çeşitli meyve ve sebze ekstraktlarının (biberiye, yeşil çay, üzüm çekirdeği, Moringa bitki çiçeği, kimyon tohumu, nar kabuğu, brokoli tozu gibi) köfte tipi ürünlerin üretiminde kullanılmaya başlandığı görülmüştür (Naveena ve ark., 2008; Banerjee ve ark., 2012; Lorenzo ve ark., 2013; Lorenzo ve ark., 2014; Pateiro ve ark., 2015; Lorenzo ve Munekata, 2016; Turgut ve ark., 2016; Pereira ve ark., 2017; Chauhan ve ark., 2018;

Madane ve ark., 2019).

Kızılçık meyvesi, ılıman iklim bölgelerinde yetişebilen, kırmızı renkli ve eliptik şekillidir. Kızılçık, antioksidanca zengin bir meyve olmasının yanında kardiyovasküler rahatsızlıklar, idrar yolu enfeksiyonları ve kanser gibi pek çok hastalığın önüne geçilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Vinson ve ark., 2001; Sun ve ark., 2002; Lin ve ark., 2002).

Kızılçık meyvesinin et ve ürünlerinde kullanımına yönelik literatürde sınırlı sayıda çalışmaya ulaşılmıştır. Bunlardan birinde, kızılçık suyunun dana eti burgerlerinde asidik yapı oluşturması nedeniyle son ürün verimini düşürmüş olmasına rağmen lipid oksidasyonunun engellenmesinde etkili olduğu görülmüştür (Salejda ve ark., 2018). Başka bir çalışmada ise, kızılçık ekstraktı katkılı yemlerle beslenen kanatlılardan elde edilen etlerde 90 günlük donmuş depolama boyunca lipid oksidasyonunun kontrol grubuna kıyasla etkili bir şekilde önlendiği belirlenmiştir (İbrahim ve ark., 2021).

Bu çalışmada, antioksidanca oldukça zengin bir ürün olan kızılçık meyvesi ekstrakte edilerek (çözücü olarak %80 etanol ve %20 distile su kullanılmıştır) farklı konsantrasyonlarda (200, 300 ve 500 ppm) köftelere ilave edilmiş ve depolama boyunca (-18°C, 6 ay) fırında pişirilmiş (180°C, 25 dk) köftelerin fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Çalışmada kullanılan sığır kaburga eti Denizli ilindeki bir süpermarketten (Migros Süpermarket, Denizli), kızılçıklar ise Denizli ilindeki semt pazarından temin edilmiştir.

Kızılçık Meyvesinin Ekstraksiyonu

Temin edilen kızılçıklar laboratuvara transfer edilmiştir. Burada kızılçıklar öncelikle çeşme suyu kullanılarak kaba kirlerinden arındırılmıştır. Temizlenmiş kızılçıkların çekirdekleri manuel olarak çıkarılmıştır. Ardından 200 g kızılçık el blenderinin (Braun MQ7045X Multi Quick 7, ABD) içerisine konulmuş ve üzerine 400 ml %80 etanol-

%20 saf su içeren çözücü ilave edilmiştir. Yaklaşık 2 dk boyunca el blenderinde parçalanmış örnekler Whatman (no:42) filtre kâğıdı kullanılarak filtre edilmiş ve ardından süzöntü Rotary evaporatör (Büchi Rotavapor R-114, St. Gallen, İsviçre) cihazında alkollü kısım tamamen uzaklaştırılana kadar evapore edilmiş ve geriye kalan sıvı kısım alınıp 200, 300 ve 500 ppm konsantrasyonlarda ekstraktlar hazırlanmıştır. Elde edilen kızılcağık ekstraktları köfte üretiminde kullanılıncaya kadar derin dondurucuda (Regal CD 62210, Türkiye) muhafaza edilmiştir (-18 °C).

Köftelerin Hazırlanması ve Paketlenmesi

Köfte üretiminde bir süpermarketten temin edilen olgunlaşmış sığır kaburga eti soğuk zincir altında hızlı bir şekilde Pamukkale Üniversitesi Et ve Et Ürünleri İşleme Teknolojileri Laboratuvarına getirilmiştir. Dana kaburga etleri (toplamda 2 kg) öncelikle 3 mm delikli aynaya sahip kıyma makinesinden (PM-70, Mainca, Barselona, İspanya) geçirilmiş ve ardından kıymalar tartılarak dört eşit gruba (kontrol grubu ve farklı konsantrasyonlarda kızılcağık ekstraktları ilave edilmiş üç farklı grup) ayrılmıştır. Her bir köfte formülasyonuna %4 oranında irmik, %1.5 oranında tuz ilave edilmiş ve elle 20 dk boyunca yoğurulmuştur. Kontrol grubu dışındaki gruplara ise daha önce konsantrasyonları ayarlanmış kızılcağık ekstraktları (200, 300 ve 500 ppm) ilave edilmiştir. Daha sonra 4 farklı formülasyona (**K0**: kontrol grubu, **K200**: 200 ppm kızılcağık ekstraktı ilaveli örnek grubu, **K300**: 300 ppm kızılcağık ekstraktı ilaveli örnek grubu, **K500**: 500 ppm kızılcağık ekstraktı ilaveli örnek grubu) sahip kıyma karışımları metal silindir şekil vericilerle (6 cm çapında, 2 cm yüksekliğinde) şekillendirilip 180 °C'ye ayarlanmış fırına (Kumtel LX-3525, Türkiye) yerleştirilip 25 dk boyunca ısı işleme tabi tutulmuştur. Fırından çıkarılan köfteler oda şartlarında soğumaya bırakılmış ve ardından örnekler kilitli buzdolabı poşetlerinin (Koroplast, Türkiye) içerisine yerleştirilip derin dondurucuda (Regal CD 62210, Türkiye) -18°C'de 6 ay süreyle muhafaza edilmiştir.

Analizler

pH ve Renk Değeri

Piştirilmiş köftelerdeki pH analizi Crison Basic 20 (İspanya) marka dijital pH metre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun için, 10 g köfte örneği alınıp cam beherin içerisine yerleştirilmiş ve üzerine 90 ml distile su ilave edilmiştir. Daha sonra karışım homojenizatörde yaklaşık 2 dk süreyle parçalanmıştır. Ardından pH probu karışımın içerisine daldırılmış ve okunan değer kaydedilmiştir. Ölçümden önce pH metre uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiştir.

Depolama boyunca piştirilmiş köfte örneklerinin aletsel renk değerlerinde (**CIE L***: parlaklık, **CIE a***: kırmızılık, **CIE b***: sarılık) meydana gelen değişiklikleri belirlemek için Kalorimetre cihazı (Miniscan XE Plus, ABD) kullanılmıştır. Bunun için köfte örnekleri cam bir petrinin içerisine yerleştirilmiş ve kalorimetrenin konumu değiştirilerek 3 ayrı okumaları gerçekleştirilmiştir. *Toplam fenolik madde miktarı ve antiradikal aktivite*

Köftelerde toplam fenolik madde miktarı Li ve ark. (2006) tarafından geliştirilen Folin-Ciocalteus (F-C) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bunun için, 0.5 g köfte örnekleri alınıp deney tüpünün içerisine aktarılmış ve üzerine 5 ml metanol eklenerek buzdolabında (Regal VERA 455 A, Regal, Manisa, Türkiye) bir gece bekletilmiştir. Ardından uygun konsantrasyonlarda metanollü çözelti test tüplerine aktarılmıştır. 0.5 ml seyreltilen ekstrakt üzerine 0.2 N 2.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi eklenmiştir. Bu karışım üzerine 2 mL %7.5 Na₂CO₃ çözeltisi eklenerek fenolik hidroksil gruplarının hidrojenlerini suya vermeleri sağlanmıştır. 30 dakika oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilen karışımların maviye dönen renginin şiddeti 760 nm' de ölçülmüştür. Kör çözelti için 0.5 ml ekstrakt yerine aynı miktarda saf su, kalibrasyon eğrilerinin oluşturulması içinde 0.5 mL ilgili standart çözeltilerden ilave edilmiştir.

Köfte örneklerinde antiradikal aktivite (ARA) DPPH yöntemi ile Fratianni ve ark. (2010)'a göre belirlenmiştir. Bunun için, 0.5 g köfte örnekleri alınıp deney tüpünün içerisine aktarılmış ve üzerine 5 ml metanol eklenerek buzdolabında (Regal VERA 455 A, Regal, Manisa, Türkiye) bir gece

bekletilmiştir. Metanollü çözelti uygun konsantrasyonlarda test tüplerine alınmıştır. Buna göre ekstraktlardan 0.1 mL alınarak vialler içerisine eklenmiştir. Her bir vialde 5 mL 0.1mM konsantrasyonlu DPPH çözeltisi eklenerek vorteks ile karıştırılmış ve 27 °C de inkübe edilmiştir. 20 dakika sonunda absorbanlar 517 nm dalga boyunda okunmuştur. Kör çözelti olarak saf metanol, kontrol çözeltisi olarak 0.1 mL ekstrakt yerine 0.1 mL su eklenmiştir. Ekstraktların antioksidan kapasitesinin bir ölçüsü olan %ARA değerleri aşağıdaki formüle göre (1) hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan kıvılcık ekstraktındaki toplam fenolik madde miktarı kuru madde üzerinden 32.3 mg gallik asit eşdeğeri/g olarak belirlenirken, antiradikal aktivite değeri ise %83.09 olarak tespit edilmiştir.

$$\% \text{ARA} = Ak - \left(\frac{A\ddot{o}}{Ak} \right) \times 100 \quad (1)$$

Ak: Kontrolün absorbansı

Aö: Örneğin absorbansı

Lipid ve protein oksidasyonunun tespiti

Lipid oksidasyonu son ürünlerini saptamak amacıyla TBARS analizi Witte ve ark. (1970)'e göre yapılmıştır.

Protein oksidasyonunu belirlemek amacıyla toplam karbonil miktarı Oliver ve diğ. (1987)'e göre yapılmıştır.

İstatistik analiz

Analizler 2 tekrar ve 2 paralel şekilde gerçekleştirilmiştir. Ölçülen parametreler için ortalama değerler hesaplanmış ve Windows için SPSS yazılımı (SPSS 21.0 for Windows; SPSS Inc. Chicago, IL, ABD) kullanılarak varyans analizi ile karşılaştırılmıştır ve farklı Varyans Analizi (ANOVA) testleri kullanılmıştır. Bunun için köfteleri gruplara göre karakterize etmek için tek faktörlü bir ANOVA ve depolama süresinin kalite parametreleri üzerindeki etkisini araştırmak için hem grupları hem de depolama süresini dikkate alan iki faktörlü bir ANOVA testi uygulanmıştır. Ortalamalar ayrıca Duncan testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel anlamlılık %95 güven düzeyinde belirlenmiştir (P<0.05). Ortalama değerler standart sapma (\pm Standart Sapma) ile birlikte raporlanmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

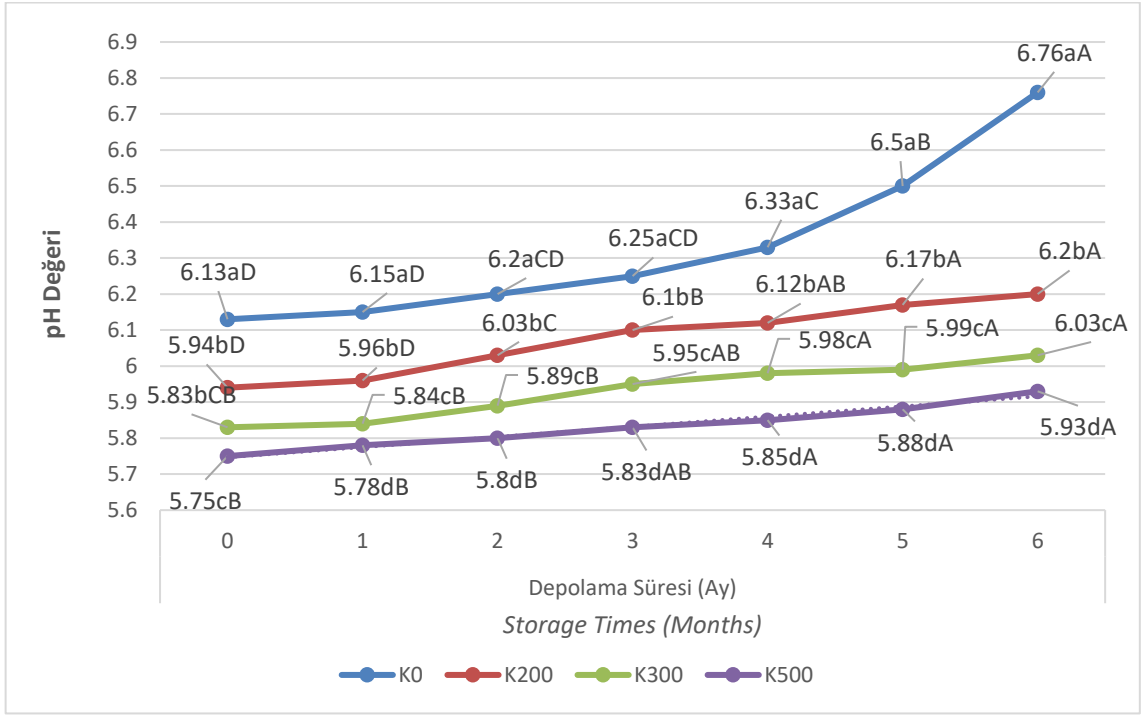
pH Değeri

Piştirilmiş sığır köftelerinin pH değerinde meydana gelen değişiklikler Şekil-1'de verilmiştir. Örneklerin pH değerleri 5.75 ile 6.76 arasında değişiklik göstermiştir. Depolamanın başlangıcında en yüksek pH değeri K0 numaralı örnek grubunda tespit edilmesine rağmen kıvılcık konsantrasyonu arttıkça örneklerdeki pH değerinin düştüğü görülmüştür. Bu durumun kıvılcık ekstraktının yapısında bulunan asidik karakterli bileşiklerden (fenolik asit, tanin, proantosiyanidin ve flavonoid) kaynaklandığı düşünülmektedir (Daoutidou ve ark., 2021; Caillet ve ark., 2012; Al-Zoreky, 2009; Puupponen-Pimiä ve ark., 2005). 0. aydan 1. aya gelindiğinde, tüm örneklerin pH değerinde kısmi bir artış gözlenmesine rağmen bu değişim önemli bulunmamıştır (P>0,05). 1. aydan 2. aya gelindiğinde ise, K200 numaralı örneğin pH değerinde önemli bir artışın olduğu görülmüştür (P<0,05). Depolamanın 2. ayından 3. ayına gelindiğinde, K0, K300 ve K500 numaralı örneklerin pH değerinde kısmi bir artışın olmasına rağmen istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır (P>0,05). 3 aylık süre zarfında K0 numaralı örneğin pH değerindeki artışın (6.25'ten 6.76 seviyesine yükselmesi) etin yapısında bulunan proteolitik karakterli enzimlerin faaliyeti ile alakalı olduğu düşünülmektedir. (Hernandez ve ark., 2004).

Depolamanın 4. ayından 6. ayına gelindiğinde ise, K300 ve K500 numaralı örneklerin pH değerinde önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir (P>0,05). 0. ay hariç, her bir depolama sürecinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olduğu gözlenmiştir (P<0,05).

Zahid ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, dana köftelerinin üretiminde antioksidan kaynağı olarak BHT (%0.02), askorbik asit (%0.05) ve karanfil ekstraktı (%0.01) kullanılmış ve depolama boyunca (-18°C, 6 ay) tüm

örneklerin pH değerinde önemli bir artış görülmüştür.



Şekil 1. Depolama Boyunca (-18°C, 6 ay) Kızılılık Ekstraktı İlaveli Pişirilmiş Köftelerin pH Değerinde Meydana Gelen Değişiklikler (K0: kontrol grubu, K200: 200 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu, K300: 300 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu, K500: 500 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu)

a, b, c, d: Aynı depolama günlerinde (farklı renkli çizgiler) gruplar arasındaki istatistiksel farkın önemli düzeyde olduğunu göstermektedir (P<0,05).

A, B, C, D: Aynı grup içerisinde (aynı renkli çizgiler) depolama süresi boyunca (-18°C, 6 ay) istatistiksel farkın önemli düzeyde olduğunu göstermektedir (P<0,05).

Figure 1. pH Values of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C, 6 months) (K0: control, K200: 200 ppm cranberry extract added beef patty, K300: 300 ppm cranberry extract added beef patty, K500: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

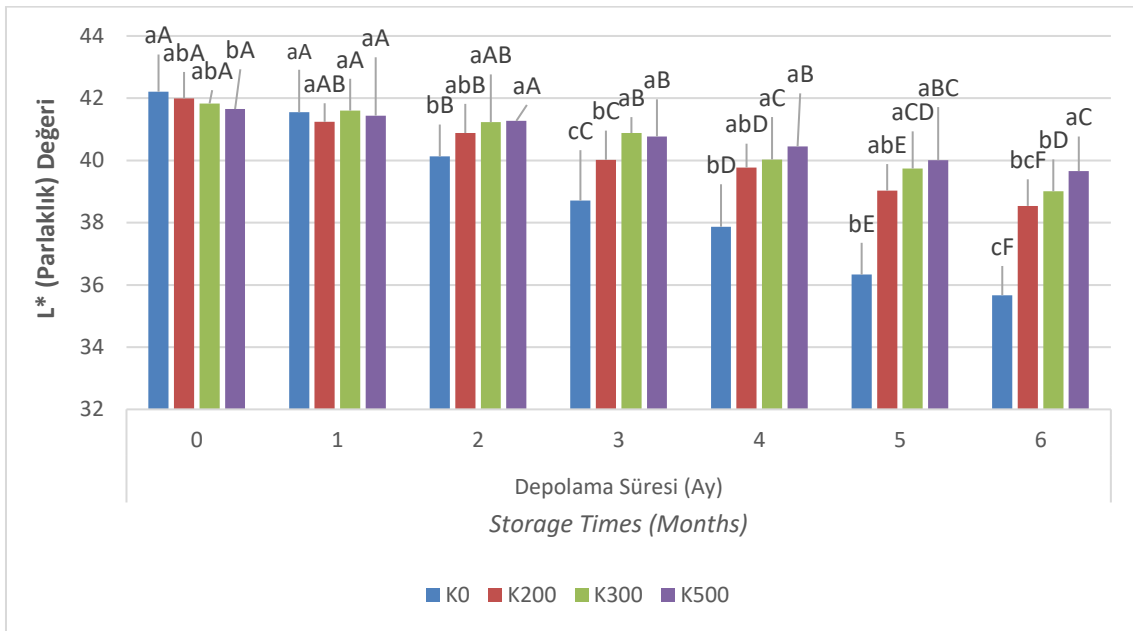
a, b, c, d: Indicates that the statistical difference (P<0,05) is significant at the same storage day (the lines with different colors) within the treatments.

A, B, C, D: Indicates that the statistical difference is significant within the same treatment (the lines with same colors) throughout storage (-18°C, 6 ay) (P<0,05).

Renk Değeri

Depolama boyunca (-18°C, 6 ay) pişirilmiş sığır köftelerinin aletsel renk değerlerinde (L*, a* ve b* değeri) meydana gelen değişiklikler Şekil-2, 3 ve 4'te verilmiştir. Depolamanın başlangıcında K0 numaralı örneğin en yüksek L* değerine (42.21) sahip olduğu gözlenmiş ve gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık tespit edilmiştir (P<0,05). 1. ayda, gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı gözlenirken depolamanın 2. ayına gelindiğinde K300 ve K500 numaralı örneklerin birbirine oldukça yakın parlaklık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. 2., 3., 4. ve 5. aylarda, K0 numaralı örneğin en düşük

parlaklık değerine sahip olduğu ve K300 ve K500 numaralı örneklerin ise istatistiksel açıdan benzer olduğu tespit edilmiştir (P>0,05). Depolamanın sonunda, K200 (38,54) ve K300 (39,01) numaralı örneklerin istatistiksel açıdan benzer olduğu (P>0,05) ve en yüksek parlaklık değerine K500 (39.66) numaralı örnekte olduğu gözlenmiştir. Genel anlamda, depolama boyunca tüm örneklerin parlaklık değerinde önemli düşüşlerin olduğu ve bu düşüşün köftelerin depolanması sırasında açığa çıkan oksidatif reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir (Öznlü ve Egezer, 2022; Villalobos-Delgado ve ark., 2020).



Şekil 2. Depolama Boyunca (-18°C, 6 ay) Pişirilmiş Köftelerin L* (Parlaklık) Değerinde Meydana Gelen Değişiklikler (K0: kontrol grubu, K200: 200 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, K300: 300 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, K500: 500 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu)

a, b, c: Aynı depolama gününde (farklı renkli sütunlar) gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

A, B, C, D, E, F: Depolama boyunca aynı grup içerisindeki (aynı renkli sütunlar) farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

Figure 2. L* values of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C, 6 months) (K0: control, K200: 200 ppm cranberry extract added beef patty, K300: 300 ppm cranberry extract added beef patty, K500: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

a, b, c: The statistical difference is significantly found at the same storage day (the columns with different colors) within the treatments (P<0,05).

A, B, C, D, E, F: The statistical difference is significantly found within the same treatment (the columns with same colors) throughout storage (P<0,05).

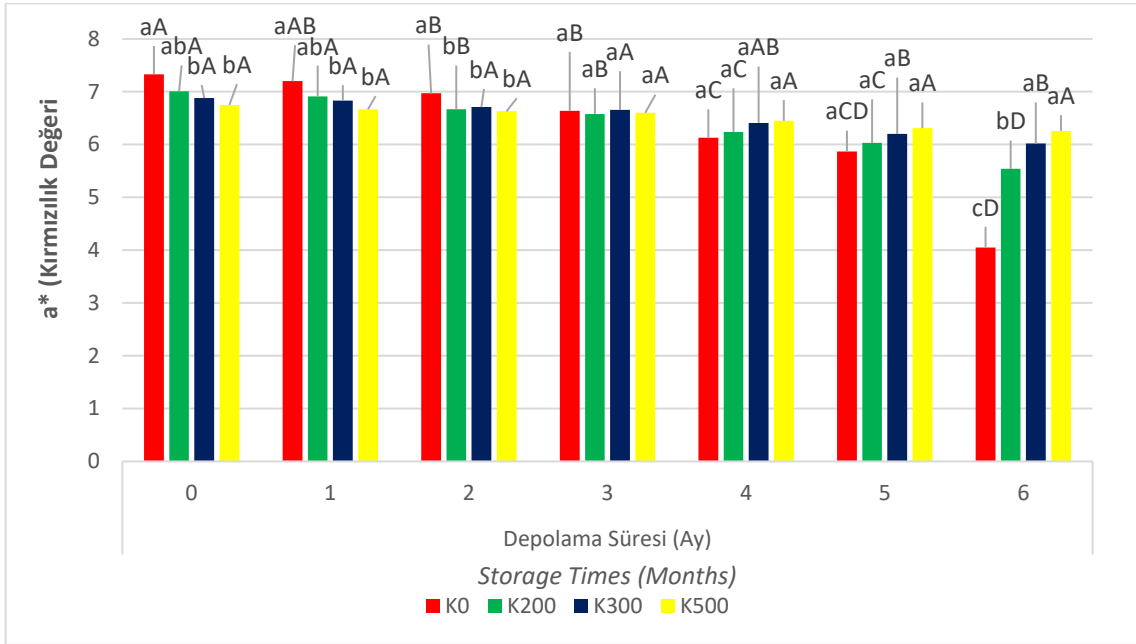
Çalışma sonuçlarımızın aksine, farklı oranlarda (%0, 0.4, 0.8, 1.2) siyah pirinç ekstraktının sığır köftesine ilave edildiği bir çalışmada, depolama boyunca (4°C, 6 gün) siyah pirinç ekstraktı ilaveli örneklerin parlaklık değerinde bir dalgalanmanın yaşandığı görülürken kontrol grubunda ise önemli bir değişikliğin olmadığını bildirilmiştir (Prommachart ve ark., 2020). Başka bir çalışmada ise, farklı oranlarda (%0.1, 0.2, 0.4) liyofilize edilmiş siyah karadut ekstraktının sığır köftesine ilave edildiği bir çalışmada, depolama boyunca (4°C, 15 gün) hem atmosferik hem de vakumla paketlenmiş örneklerin parlaklık değerlerinde bir dalgalanmanın olduğu belirtilmiştir (Turan ve Şimşek, 2021).

Pişirilmiş köftelerin kıvılcık değerinde meydana gelen değişiklikler Şekil-3'te verilmiştir. Örneklerdeki kıvılcık değerinin 4.05 ile 7.33 arasında değişkenlik gösterdiği ve depolamanın ilk 2 ayında K0 numaralı örneğin en yüksek kıvılcık değerine sahip olduğu görülmüştür. İlave edilen

ekstraktın rengi aletsel olarak tespit edilmemesine rağmen görsel olarak ekstrakt sarı-turuncu bir renge sahiptir. Bu nedenle farklı oranlardaki kıvılcık ekstraktı, pişirilmiş köftelerin kıvılcık değerinde artan oranlara bağlı olarak düşmeye neden olmuştur. Depolamanın 2. ayında, kıvılcık ekstraktı ilaveli örnek grupları arasında istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilmemiş (P>0,05) ve örnekler kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan bir anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir (P<0,05). Depolamanın 3., 4. ve 5. aylarında gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı (P>0,05) ve depolamanın sonunda en yüksek kıvılcık değerine K500 (6.26) numaralı örneğin sahip olduğu gözlenmiştir. Depolama boyunca tüm örneklerin kıvılcık değerinde bir düşüş görülürken (P<0,05) bu düşüşün en fazla kontrol grubunda (K0) yaşandığı görülmüştür. Antioksidan kaynağı olarak kullanılan kıvılcık ekstraktının köftelerdeki kıvılcık rengi önemli oranda koruması ürünlerin depolanması sırasında meydana gelen

lipid ve protein oksidasyonunu önemli ölçüde engellemesini göstermesi açısından büyük önem arz etmiştir (Salejda ve ark., 2018). Ayrıca, depolama boyunca pişirilmiş köftelerin aletsel renk

değerlerinde meydana gelen değişiklikler lipid ve protein oksidasyonu sonuçlarıyla da paralellik göstermiştir.



Şekil 3. Depolama Boyunca (-18°C, 6 ay) Pişirilmiş Köftelerin a* (Kırmızılık Değeri) Değerinde Meydana Gelen Değişiklikler (K0: kontrol grubu, K200: 200 ppm kızılca ekstreli ilaveli köfte grubu, K300: 300 ppm kızılca ekstreli ilaveli köfte grubu, K500: 500 ppm kızılca ekstreli ilaveli köfte grubu)

a, b, c, d: Aynı depolama gününde (farklı renkli sütunlar) gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

A, B, C: Depolama boyunca aynı grup içerisindeki (aynı renkli sütunlar) farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

Figure 3. a* values of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C, 6 months) (K0: control, K200: 200 ppm cranberry extract added beef patty, K300: 300 ppm cranberry extract added beef patty, K500: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

a, b, c, d: The statistical difference is significantly found at the same storage day (the columns with different colors) within the treatments (P<0,05).

A, B, C: The statistical difference is significantly found within the same treatment (the columns with same colors) throughout storage (P<0,05).

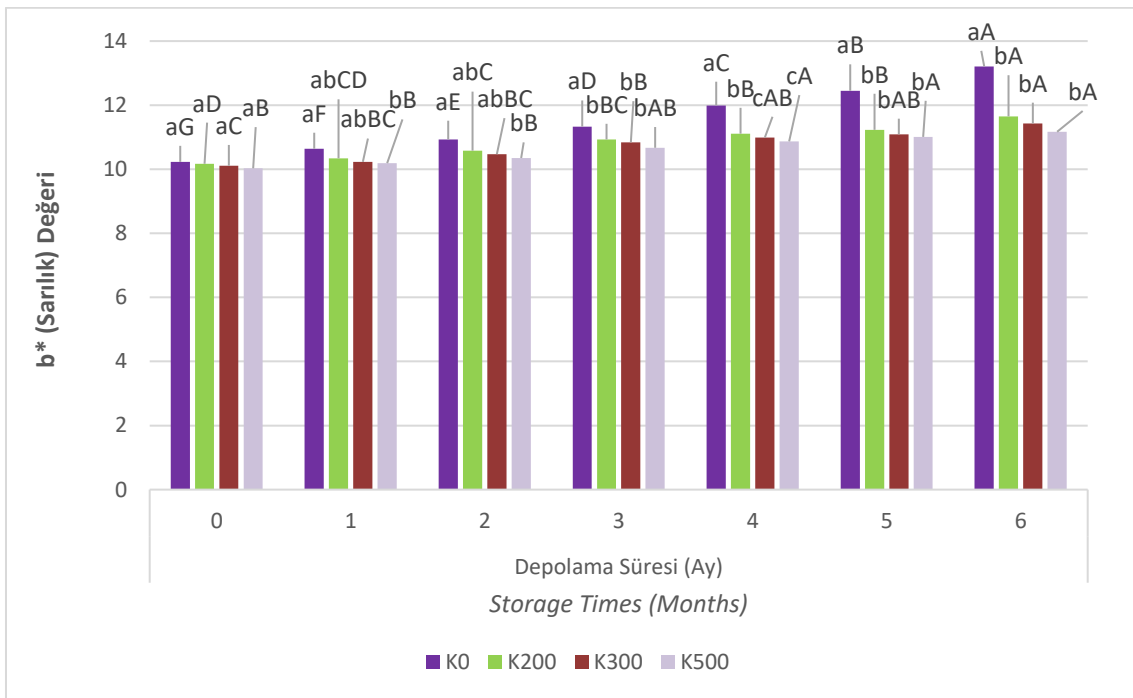
Farklı konsantrasyonlarda yeşil kahve tozu ekstraktının (250, 500 ve 1000 ppm) sığır köftesine ilave edildiği bir çalışmada, depolama boyunca (4°C, 14 gün) köftelerin kırmızılık değerinde önce bir düşüş daha sonra ise (depolamanın 7. gününden sonra) bir yükseliş olduğunu belirtilmiştir (Mostafa ve Azab, 2022). Babaoğlu ve ark. (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, sığır köftelerinin üretiminde doğal bitki ekstraktları (kuş kirazı, böğürtlen, kırmızı frenk üzümü ve yaban mersini) kullanılmış ve genellikle depolama boyunca (4°C, 9 gün) tüm örneklerin kırmızılık değerinde önce bir düşüş (depolamanın ilk altı gününde) daha sonra ise bir yükseliş (depolamanın 6. gününden 9. gününe gelindiğinde) yaşandığını bildirmişlerdir.

Depolama boyunca pişirilmiş sığır köftelerinin aletsel sarılık değerinde meydana gelen değişiklikler Şekil-4'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında köfte örneklerinin sarılık değerlerindeki sonuçların birbirine benzer olduğu gözlenmiştir (P>0,05). Depolamanın 1. ve 2. aylarında K200 ve K300 numaralı örnekler arasında önemli bir farklılığın olmadığı (P>0,05) ve K500 numaralı örneğin ise en düşük sarılık değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. 3., 5. ve 6. aylarda, en yüksek sarılık değerine K0 numaralı örneğin sahip olduğu ve K0 numaralı örneğin diğer örnek gruplarına göre istatistiksel açıdan farklı olduğu görülmüştür (P<0,05). Depolamanın 4. ayında, K300 (10,99) ve K500 (10,87) numaralı örnekler arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır

($P>0,05$). Depolama boyunca tüm örneklerin sarılık değerinde önemli bir artışın olduğu ve bu artışın et renk pigmenti olan miyoglobinin ısı ile birlikte metmyoglobine dönüşmesiyle birlikte depolama boyunca ortamda bulunan başta oksijen, hemoglobin, demir gibi bileşiklerin etin yapısında bulunan lipidlerle reaksiyona girip lipid oksidasyonunu katalizlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Öznlü ve ark., 2022; Shimizu ve Iwamoto, 2022; Amaral ve ark., 2018; Byrne ve ark., 2002).

Sığır köftelerinin üretiminde portakal kabuğu, domates posası ve şeker kamışı posası ekstraktları

ilave edilmiş ve depolama sırasında (4°C , 12 gün) modifiye atmosferde paketlenen ($\%80 \text{O}_2 + \%20 \text{CO}_2$) örneklerin sarılık değerinde önemli bir artışın olduğu belirtilmiştir (Liang ve ark., 2022). Başka bir çalışmada ise, soğan zarı ekstraktlarının ($\%0,01$, $0,05$ ve $0,1$) sığır köftesinin üretiminde kullanılmasıyla depolama sırasında (4°C , 12 gün) köftelerin sarılık değerinde bir düşüşün olmasına rağmen bu düşüşün önemli olmadığı ($P>0,05$) bildirilmiştir (Wang ve ark., 2022).



Şekil 4. Depolama Boyunca (-18°C , 6 ay) Pişirilmiş Köftelerin b^* (Sarılık) Değerinde Meydana Gelen Değişiklikler (**K0**: kontrol grubu, **K200**: 200 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K300**: 300 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K500**: 500 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu)

^{a, b, c}: Aynı depolama gününde (farklı renkli sütunlar) gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

^{A, B, C, D, E, F, G}: Depolama boyunca aynı grup içerisindeki (aynı renkli sütunlar) farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Figure 4. b^* values of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C , 6 months) (**K0**: control, **K200**: 200 ppm cranberry extract added beef patty, **K300**: 300 ppm cranberry extract added beef patty, **K500**: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

^{a, b, c}: The statistical difference is significantly found at the same storage day (the columns with different colors) within the treatments ($P<0,05$).

^{A, B, C, D, E, F, G}: The statistical difference is significantly found within the same treatment (the columns with same colors) throughout storage ($P<0,05$).

Toplam Fenolik Madde ve Antiradikal Aktivite

Depolama boyunca pişirilmiş sığır köftelerin toplam fenolik madde ve antiradikal aktivite değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge-1'de verilmiştir. Kontrol grubuyla

karşılaştırıldığında kıvılcık ekstraktı ilaveli köftelerin toplam fenolik madde içerikleri daha yüksek bulunmuştur ve bu durumun kıvılcık ekstraktının bileşiminde yer alan çeşitli polifenollerin, fenolik asitlerin, flavonoidlerin ve

triterpenoidlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Her bir depolama sürecinde örnekler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Depolama boyunca tüm örneklerin toplam fenolik madde miktarında önemli düşüşlerin yaşandığı görülürken ($P<0,05$) oransal olarak en büyük düşüşün (%50.11) K0 numaralı örnekte ve bunu sırasıyla K200 (%26.20), K300 (%20.27) ve K500 (%10.96) numaralı örnekler takip etmiştir. Depolamanın 2. ayından (99.71 mg gallik asit/100 g ürün) 3. ayına (98.89 mg gallik asit/100 g ürün) gelindiğinde K500 numaralı örneğin toplam fenolik madde içeriğinde düşüşün olduğu ancak bu düşüşün önemli olmadığı belirtilmiştir ($P>0,05$).

Sığır hamburger köftelerine farklı oranlarda kurutulmuş karanfil tozunun ilave edildiği bir çalışmada, depolama boyunca (4°C, 21 gün) tüm örneklerin toplam fenolik madde içeriğinde düşüşün olduğu ve bu düşüşün en fazla kontrol grubunda olduğu bildirilmiştir (Ahmed ve ark., 2022). Al-Juhaimi ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, mısır akasya ağacının taze meyvesi ekstrakte edilmiş ve farklı oranlarda (%0, 0.5, 1 ve 2) sığır hamburger köftesine ilave edilmiş ve depolama boyunca tüm örneklerin toplam fenolik madde miktarında önemli azalışların olduğu ve bu azalışın en çok kontrol ve %0.5 meyve ekstraktı ilave edilmiş hamburger köftesinde olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 1. Depolama Boyunca Kızılçık Ekstraktı İlaveli Köftelerin Toplam Fenolik Madde Miktarında ve DPPH Antiradikal Aktivite Değerlerinde (%ARA) Meydana Gelen Değişiklikler

Table 1. Total phenolic content and DPPH antiradical activity of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C, 6 months) (K0: control, K200: 200 ppm cranberry extract added beef patty, K300: 300 ppm cranberry extract added beef patty, K500: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg gallik asit/100 g) / Total Phenolic Content (mg gallik asit/100 g)							
Örnek Grupları	Depolama Süresi (Ay) / Storage Times (Months)						
	0	1	2	3	4	5	6
K0	42,21±0,23 ^{dA}	40,79±0,20 ^{dAB}	35,73±0,34 ^{dB}	32,13±0,11 ^{dC}	30,45±0,31 ^{dD}	28,33±0,54 ^{dE}	21,06±0,24 ^{dF}
K200	90,91±0,61 ^{CA}	88,65±0,25 ^{CB}	86,11±0,35 ^{CC}	83,44±0,12 ^{CD}	79,45±0,35 ^{CE}	74,13±0,13 ^{CF}	67,09±0,25 ^{CG}
K300	97,87±0,33 ^{BA}	94,11±0,27 ^{BB}	91,22±0,40 ^{BC}	89,99±0,16 ^{BD}	87,33±0,37 ^{BE}	84,21±0,14 ^{BF}	78,03±0,26 ^{BG}
K500	101,33±0,18 ^{AA}	100,27±0,15 ^{AB}	99,71±0,39 ^{AB}	98,89±0,21 ^{AB}	97,83±0,22 ^{AC}	95,57±0,38 ^{AD}	90,22±0,29 ^{AE}
DPPH Antiradikal Aktivite (%ARA) / DPPH antiradical activity (%ARA)							
K0	31,13±0,26 ^{dA}	28,75±0,30 ^{dB}	24,18±0,34 ^{dC}	22,07±0,11 ^{dD}	21,65±0,14 ^{dE}	19,77±0,42 ^{dF}	16,45±0,5 ^{dG}
K200	72,45±0,41 ^{CA}	69,93±0,18 ^{CB}	65,69±0,40 ^{CC}	61,08±0,15 ^{CD}	59,33±0,16 ^{CE}	55,61±0,41 ^{CF}	50,11±0,52 ^{CG}
K300	78,89±0,33 ^{BA}	77,81±0,19 ^{BB}	76,20±0,5 ^{BC}	73,31±0,25 ^{BD}	71,27±0,27 ^{BE}	69,37±0,37 ^{BF}	64,23±0,53 ^{BG}
K500	81,37±0,20 ^{AA}	80,93±0,21 ^{AA}	80,19±0,37 ^{AB}	79,44±0,2 ^{AC}	78,34±0,33 ^{AD}	77,09±0,35 ^{AE}	73,45±0,54 ^{AF}

a, b, c, d: Aynı sütunda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

A, B, C, D, E, F, G: Aynı satırda bulunan harfler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

a, b, c, d: Mean values within the same column bearing different superscripts differ significantly ($P<0,05$).

A, B, C, D, E, F, G: Mean values within the same row bearing different superscripts differ significantly ($P<0,05$).

Depolama boyunca pişirilmiş sığır köftelerinin toplam fenolik madde ve antiradikal aktivite değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge-1'de verilmiştir. Depolamanın başlangıcında K0 numaralı örneğin %ARA değeri 31.13 olarak bulunmuştur. Kızılçık ekstraktı ilaveli köfte örneklerinde %ARA değerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca tüm örneklerin %ARA değerinde önemli düşüşlerin yaşandığı görülürken ($P<0,05$) oransal olarak en büyük düşüş (%47.16) K0 numaralı örnekte gözlenmiş ve bunu sırasıyla K200 (%30.84), K300 (%18.58) ve K500 (%9.73) numaralı örnekler takip etmiştir. Her bir depolama sürecinde gruplar

arasında önemli farklılıkların olduğu ($P<0,05$) ve en büyük %ARA değerine K500 numaralı örneğin sahip olduğu görülmüştür. Depolamanın 0. ayından 1. ayına gelindiğinde K500 numaralı örneğin %ARA değeri 81.37'den 80.93 seviyesine düşmesine rağmen bu düşüş anlamlı bulunmamıştır ($P>0,05$). Genel anlamda, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında kızılçık ekstraktı serbest radikal oluşumunu önemli ölçüde engelleyerek oksidasyonu yavaşlatmıştır.

Dana köftelerine doğal (enginar ekstraktı, 27.3 mg gallik asit/100 g et) ve sentetik (BHT, 10 mg gallik asit/100 g et) karakterli antioksidan madde ilave edilmiş ve depolama boyunca (4°C, 7 gün)

köftelerin %ARA değerinde önemli düşüşlerin olduğu ve enginar ekstraktı katkılı örneklerin %ARA değeri diğer örnek gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur (Ergezer ve Serdaroğlu, 2018). Bellucci ve ark. (2022) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise, domuz köftelerine farklı konsantrasyonlarda (250, 500 ve 750 mg/kg) Açaı tozu ilave edilmiş ve depolama boyunca Açaı tozu katkılı köftelerin %ARA değerinde kısmi düşüşün yaşandığı ve bu düşüşün anlamlı olduğu ($P<0,05$) belirtilmiştir.

TBARS Değeri ve Karbonil İçeriği

Lipid oksidasyonu temelde 3 aşamada oluşan ve son üründe arzu edilemeyen ransid tada neden olan önemli kalite karakteristiklerinden birini oluşturmaktadır. Lipid oksidasyonunun birincil yan ürünü olan hidro peroksitler oksidasyonun ilerlemesiyle birlikte yerini daha kısa zincirli ve uçucu karakterdeki çeşitli aldehit, keton gibi bileşiklere bırakmıştır. Lipid oksidasyonunun son ürünlerinde çok sayıda bileşik oluşmasına rağmen malondialdehitler bu bileşikler arasında en fazla oluşandır. Bu yüzden et ve ürünlerinde lipid oksidasyon son ürünlerinin tespit edilmesinde TBARS analizi gerçekleştirilmektedir.

Piştirilmiş köftelerin depolanması sırasında TBARS değerlerinde meydana gelen değişiklikler Şekil-5'te gösterilmiştir. Depolamanın başlangıcında köfte örneklerindeki TBARS değerleri birbirine yakın değerler almasına rağmen gruplar arasında önemli farklılıklar olduğu ($P<0,05$), K200 ve K300 numaralı örnekler arasında ise istatistiksel açıdan bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Her bir depolama sürecinde K0 numaralı örneğin en yüksek TBARS değerine sahip olduğu ve depolamanın 1. ayında, K0 (0.35 mg malondialdehit/kg ürün) ve K200 (0,31 mg malondialdehit/kg ürün) numaralı örnekler arasında önemli farklılığın olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). 2., 4., 5., ve 6. aylarda, gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. ayına gelindiğinde K500 numaralı örneğin TBARS değeri 0.21 (mg malondialdehit/kg ürün)'den 0.24 (mg malondialdehit/kg ürün) seviyesine yükselmesine

rağmen istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmamıştır ($P<0,05$). Depolama boyunca tüm örneklerin TBARS değerinde önemli artışların olduğu ve oransal olarak bu artışın en fazla K0 numaralı (%807) örnekte olduğu ve bunu sırasıyla K200 (%404.16), K300 (%291.30) ve K500 (%238.10) numaralı örneklerin takip etmiştir.

Piştirilmiş köftelerin depolama sırasında karbonil içeriğinde meydana gelen değişiklikler Şekil-6'da verilmiştir. Köftelerin karbonil içeriği 0.20 ile 1.23 nmol karbonil/mg protein arasında değişkenlik göstermiştir. Her bir depolama süresince K0 numaralı örneğin en yüksek karbonil içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. 1. ayda, gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu ($P<0,05$) ve K300 ile K500 numaralı örnekler arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir. Depolamanın 3., 4. ve 5. aylarında, gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu ($P<0,05$) ve her bir depolama süresince K500 numaralı örneğin en düşük karbonil içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Depolamanın sonunda, K0 numaralı örnekteki karbonil içeriğinin 1.23 nmol karbonil/mg protein seviyesine çıktığı ve kızılçık ekstraktı ilaveli köfte örnekleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P>0,05$). Depolamanın başlangıcından depolamanın 1. ayına gelindiğinde, K300 ve K500 numaralı örneklerin karbonil içeriğinde bir artış görülmesine rağmen istatistiksel açıdan bir farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Depolamanın 3. ayından depolamanın 6. ayına gelindiğinde ise, K0 numaralı örnekte önemli artışların olduğu gözlenirken ($P<0,05$) kızılçık ekstraktı ilaveli köfte örneklerinde ise önemli farklılıklar görülmemiştir ($P>0,05$).

Diğer taraftan, ısıtma işlem sonucu et renk pigmenti olan myoglobin metmyoglobine ve heme formundaki demirin heme olmayan demir formuna dönüşümü ile birlikte etlerin depolanması sırasında meydana gelen lipid oksidasyonun protein oksidasyonunu katalizlediği belirtilmektedir (Estévez ve ark., 2009).

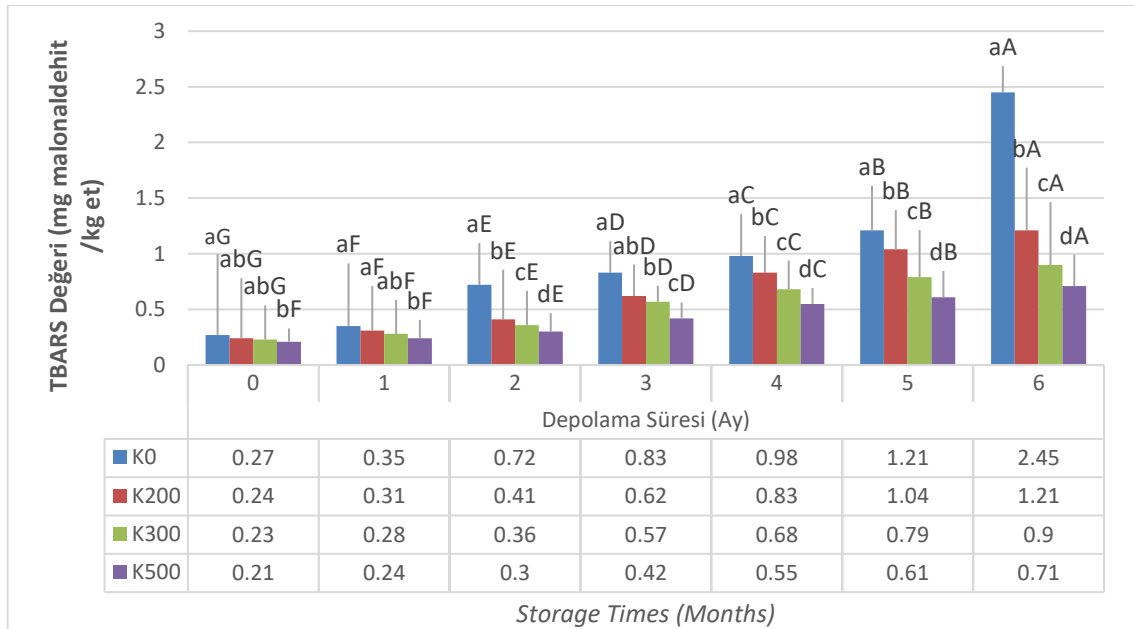
Dondurarak muhafaza, başta et ve ürünleri olmak üzere çeşitli gıdaların uzun süreli muhafazasında kullanılan bir yöntemdir. Dondurarak muhafazayla birlikte, etin besinsel içeriği önemli ölçüde

korunabilmekte ve birtakım biyokimyasal reaksiyonların hızı da yavaşlatılabilmektedir. Her ne kadar dondurularak muhafaza yöntemiyle etin raf ömrü uzatılmış olsa da oksidatif (lipid ve protein oksidasyonu) ve enzimatik (lipaz, proteaz, lipoksigenaz vb.) faaliyetler hali hazırda devam etmektedir. Lipaz ve lipoksigenaz enzimleri, et yapısında bulunan yağlarla ve ortamda bulunan oksijenle reaksiyona girerek lipid oksidasyonuna neden olmaktadır (Maqsood ve ark., 2015; Rahman ve ark., 2015). Ayrıca, etlerin dondurulması sırasında oluşan buz kristalleri hücre membranında mekanik hasarlara yol açarak prooksidanların (okside olmuş yağlar, serbest radikaller, heme demir) açığa çıkmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, donmamış haldeki prooksidanlar etteki çözünmemiş madde konsantrasyonuna artırarak oksidatif bozulmayı teşvik edebilmektedir (Utrera ve ark., 2014; Zaritzky ve ark., 2012). Diğer taraftan, ısıl işlem sonucu et renk pigmenti olan myoglobinin metmyoglobine ve heme formundaki demirin heme olmayan demir formuna dönüşümü ile birlikte etlerin depolanması sırasında meydana gelen lipid oksidasyon son ürünlerinin protein

oksidasyonunu hızlandırdığı belirtilmektedir (Estévez ve ark., 2009).

Dolayısıyla, K0 numaralı örneğin TBARS değerinde meydana gelen artışın etin yapısında bulunan lipaz ve lipoksigenaz enzim aktivitelerinin yanı sıra hem demirin prooksidan etki göstererek lipid oksidasyonunu katalizlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Ismail ve ark., 2009; Min ve Ahn, 2005). Depolama boyunca K0 numaralı örnekteki karbonil içeriğinin önemli oranda arttığı ve bu artışın ısıl işlemle sonucu myoglobinin metmyoglobine dönüşümü ile birlikte Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünlerin yanı sıra lipid oksidasyon ürünlerinin de protein oksidasyonunu katalizlemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Al-Dalali ve ark., 2022; Estévez ve ark., 2009).

Kızılılık, yapısında bulunan antosiyanin, flavonol, fenolik asit ve proantosiyanidin bileşikler sayesinde güçlü antioksidan özelliklere sahiptir. Depolama boyunca tüm örneklerin TBARS ve karbonil içeriğinde artışlar görülmesine rağmen kızılılık ekstraktının lipid ve protein oksidasyonu reaksiyonlarını yavaşlattığı gözlenmiştir (Stobnicka ve Gniewosz, 2018).



Şekil 5. Depolama Boyunca (-18°C, 6 ay) Köftelerin TBARS Değerlerinde (mg malonaldehit/kg et) Meydana Gelen Değişiklikler (**K0**: kontrol grubu, **K200**: 200 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K300**: 300 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K500**: 500 ppm kızılılık ekstraktı ilaveli köfte grubu)

a, b, c, d: Aynı depolama gününde (farklı renkli sütunlar) gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

A, B, C, D, E, F, G: Depolama boyunca aynı grup içerisindeki (aynı renkli sütunlar) farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

Figure 5. TBARS values of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during

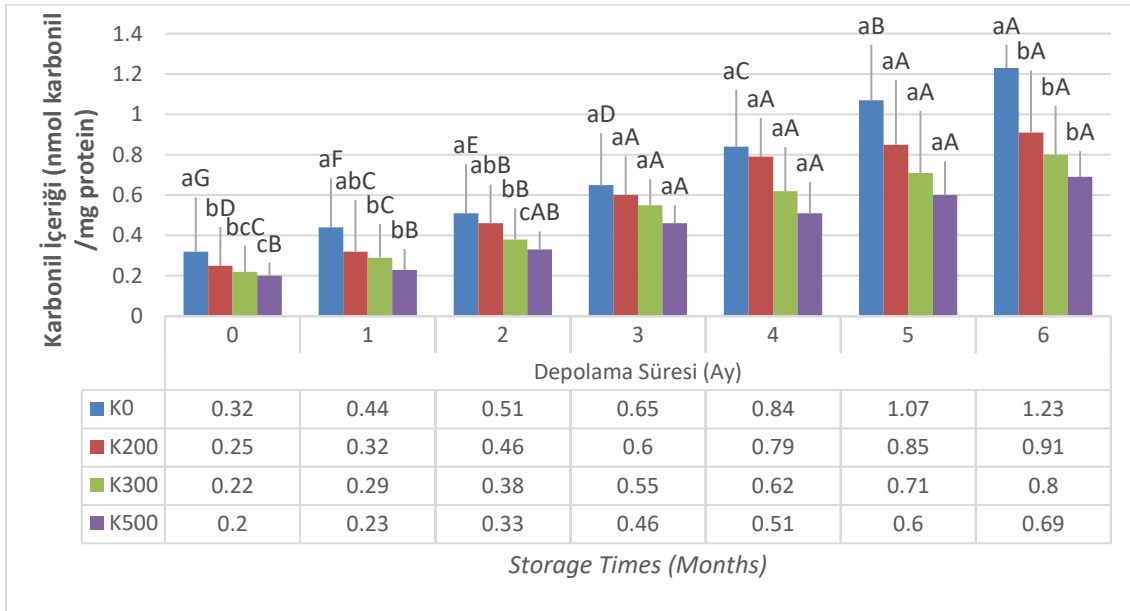
storage (-18°C, 6 months) (**K0**: control, **K200**: 200 ppm cranberry extract added beef patty, **K300**: 300 ppm cranberry extract added beef patty, **K500**: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

a, b, c, d: The statistical difference is significantly found at the same storage day (the columns with different colors) within the treatments (P<0,05).

A, B, C, D, E, F, G: The statistical difference is significantly found within the same treatment (the columns with same colors) throughout storage (P<0,05).

Sığır köftelerine farklı miktarlarda BHA (%0,1) ve siyah kimyon ekstraktları (%0,1, 0,2 ve 0,3) ilave edilmiş ve depolama boyunca (4°C, 15 gün) tüm örneklerin TBARS değerinde önemli artışlar olmasına rağmen depolamanın sonunda %0,3 siyah kimyon ekstraktı ilaveli köftenin TBARS değeri 0,52 malondialdehit/kg ürün seviyesinin altında kaldığı görülmüş ve diğerlerinin 1 mg malondialdehit/kg ürün seviyesine yaklaştığı belirtilmiştir (Rahman ve ark., 2021). Başka bir

çalışmada ise, sığır köftelerine farklı türde doğal bitki ekstraktları (ceviz kabuğu, hibiskus çiçeği ve kırmızı biber) ilave edilmiş ve depolama boyunca (4°C, 12 gün) tüm örneklerin TBARS değerinde artışlar görülürken en fazla artışın (%385) kontrol grubunda olduğu ve depolamanın sonunda bitki ekstraktı katkılı köfte örneklerindeki TBARS değerinin 0,4 ile 0,60 seviyelerinde kaldığı bildirilmiştir (Villasante ve ark., 2020).



Şekil 6. Depolama Boyunca (-18°C, 6 ay) Köftelerin Karbonil İçeriğinde (nmol karbonil/mg protein) Meydana Gelen Değişiklikler (**K0**: kontrol grubu, **K200**: 200 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K300**: 300 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu, **K500**: 500 ppm kıvılcık ekstraktı ilaveli köfte grubu)

a, b, c: Aynı depolama gününde (farklı renkli sütunlar) gruplar arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

A, B, C, D, E, F, G: Depolama boyunca aynı grup içerisindeki (aynı renkli sütunlar) farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0,05).

Figure 6. Carbonyl content of cooked beef patties treated with different concentration levels of cranberry extract during storage (-18°C, 6 months) (**K0**: control, **K200**: 200 ppm cranberry extract added beef patty, **K300**: 300 ppm cranberry extract added beef patty, **K500**: 500 ppm cranberry extract added beef patty)

a, b, c: The statistical difference is significantly found at the same storage day (the columns with different colors) within the treatments (P<0,05).

A, B, C, D, E, F, G: The statistical difference is significantly found within the same treatment (the columns with same colors) throughout storage (P<0,05).

Sığır köftelerine farklı türde antioksidan maddeler (BHT, askorbik asit ve karanfil ekstraktları) ilave edilmiş ve depolama boyunca (4°C, 10 gün) örneklerdeki karbonil içeriğinin 4 ile 10 nmol karbonil/mg protein arasında değiştiği ve

depolama boyunca örneklerdeki karbonil içeriğinin arttığı belirtilmiştir (Zahid ve ark., 2019). Zhang ve ark. (2020) tarafından yapılan benzer bir çalışmada ise, farklı konsantrasyonlarda (2,5, 5 ve 10 g/kg) hazırlanan karnabahar yaprağı ekstraktı domuz

köftelerine ilave edilmiş ve depolama sırasında (4°C, 9 gün) tüm örneklerin karbonil içeriğinde bir artış olmasına rağmen 10 g/kg karnabahar ekstraktı ilaveli köftedeki karbonil içeriğindeki artışın diğerlerine göre daha az olduğu bildirilmiştir.

Sonuçlar

Et ve et ürünlerinin raf ömrünün uzatılmasında çeşitli katkı ve koruyucu maddeler kullanılmaktadır. Bu maddeler ürünün tekstür, renk, duyu (renk, koku, tat, aroma gibi), mikrobiyolojik özellikler gibi birçok kalite özelliklerinde iyileştirmeler sağlamaktadır. Kızılçık, antioksidan özelliği oldukça yüksek olan ve polifenollerce zengin bir üründür. Sentetik antioksidan maddelerin toksik karakterli bileşikler olduğu ve insan sağlığı üzerinde olumsuz birtakım değişikliklere yol açtığı bilinmektedir. Bu duruma istinaden ilgili çalışmada, 200, 300 ve 500 ppm konsantrasyonlarda hazırlanan kızılçık ekstraktları sığır köftelerinin üretiminde kullanılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen parametrelerin bütünü ele alındığında, köftelere 500 ppm e kadar kızılçık ekstraktı ilavesinin depolama boyunca pH ve renk üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmadığı ekstrakt ilaveli örnekleri fenolik maddelerce zenginleştirerek lipid ve protein oksidasyonuna karşı koruduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla, ucuz ve güvenilir bir ürün olan kızılçık ekstraktının et endüstrisinde kullanılan sentetik antioksidan maddelere alternatif olabileceğini göstermesi açısından büyük önem arz etmiştir.

Ekler

Çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında üretimde ve analizler çalışmalarında verdikleri destekten dolayı Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları, aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı: Orhan ÖZÜNLÜ, çalışma üretimi,

çalışma tasarımı, deneme deseninin oluşturulması, üretim aşamalarının gerçekleştirilmesi, veri analizi ve makale yazım redaksiyonu; Şeyma ELGİN, çalışma üretimi ve analizlerin gerçekleştirilmesi; Haluk ERGEZER, çalışma tasarımı, deneme deseninin oluşturulması, çalışmanın yürütülmesi, verilerin değerlendirilmesi ve makale redaksiyonu konularında katkı sağlamıştır.

Kaynaklar

- Ahmed, I.A.M., Babiker, E.E., Al-Juhaimi, F.Y., & Bekhit, A.E.D.A. (2022). Clove Polyphenolic Compounds Improve the Microbiological Status, Lipid Stability, and Sensory Attributes of Beef Burgers during Cold Storage. *Antioxidants*, 11, 1354.
- Al-Dalali, S., Li, C., & Xu, B. (2022). Effect of frozen storage on the lipid oxidation, protein oxidation, and flavor profile of marinated raw beef meat. *Food Chemistry*, 376, 131881.
- Al-Juhaimi, F.Y., Almusallam, I.A., Ahmed, I.A.M., Ghafoor, K., & Babiker, E.E. (2020). Potential of *Acacia nilotica* fruit flesh extract as an anti-oxidative and anti-microbial agent in beef burger. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14504.
- Al-Zoreky, N.S. (2009). Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica Granatum* L.) fruit peels. *International Journal of Food Microbiology*, 134, 244-248.
- Amaral, A.B., Da Silva, M.V., & Da Lannes, S.C.S. (2018). Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors. *Annual Review of Food Science and Technology*, 38, 1-15.
- Babaoğlu, A.S., Unal, K., Dilek, N.M., Poçan, H.B., & Karakaya, M. (2022). Antioxidant and antimicrobial effects of blackberry, black chokeberry, blueberry, and red currant pomace extracts on beef patties subject to refrigerated storage. *Meat Science*, 187, 108765.
- Banerjee, R., Verma, A. K., Das, A. K., Rajkumar, V., Shewalkar, A. A., & Narkhede, H. P. (2012). Antioxidant effects of broccoli powder extract in goat meat nuggets. *Meat Science*, 91(2), 179-184.
- Bellucci, E.R.B., dos Santos, J.M., Carvalho, L.T., Borgonovi, T.F., Lorenzo, J.M., & Barretto, A.C.D.S. (2022). Açai extract powder as natural antioxidant on pork patties during the refrigerated storage. *Meat Science*, 184, 108667.
- Byrne, D.V., Bredie, W.L.P., Mottram, D.S., & Martens, M. (2002). Sensory and chemical investigations on the effect of oven cooking on warmed-over flavour development in chicken meat. *Meat Science*, 61, 127-139.
- Caillet, S., Côté, J., Sylvain, J.F., & Lacroix, M. (2012). Antimicrobial effects of fractions from cranberry

- products on the growth of seven pathogenic bacteria. *Food Control*, 23, 419-428.
- Casteilla, L., Rigoulet, M., & Penicaud, L. (2001). Mitochondrial ROS metabolism: modulation by uncoupling proteins. *IUBMB Life*, 52(3-5), 181-188.
- Chauhan, P., Das, A. K., Das, A. K., Bhattacharya, D., & Nanda, P. K. (2018). Effect of black cumin and arjuna fruit extract on lipid oxidation in pork nuggets during refrigerated storage. *Journal of Meat Science*, 13(1), 73-80.
- Cohn, J. (2002). Oxidized fat in the diet, postprandial lipaemia and cardiovascular disease. *Current Opinion in Lipidology*, 13, 19-24.
- Daoutidou, M., Plessas, S., Alexopoulos, A., & Mantzourani, I. (2021). Assessment of Antimicrobial Activity of Pomegranate, Cranberry, and Black Chokeberry Extracts against Foodborne Pathogens. *Foods*, 10, 486.
- Delgado-Adámez, J., Bote, E., Parra-Testal, V., Martín, M. J., & Ramírez, R. (2016). Effect of the olive leaf extracts in vitro and in active packaging of sliced Iberian pork loin. *Packaging Technology and Science*, 29(12), 649-660.
- Devatkal, S. K., Thorat, P., & Manjunatha, M. (2014). Effect of vacuum packaging and pomegranate peel extract on quality aspects of ground goat meat and nuggets. *Journal of Food Science & Technology*, 51, 2685-2691.
- Ergezer, H., Gökçe, R., Hozer, Ş., & Akcan, T. (2016). Et ve Ürünlerinde Protein Oksidasyonu: Etki Mekanizması, Tespit Yöntemleri ve Etkileri. *Akademik Gıda*, 14(1), 54-60.
- Ergezer, H., & Serdaroğlu, M. (2018). Antioxidant potential of artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts extracts in raw beef patties during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12, 982-991.
- Estévez, M., Ollilainen, V., & Heinonen, M. (2009). Analysis of protein oxidation markers α -amino adipic and γ -glutamic semialdehydes in food proteins using liquid chromatography (LC)-electrospray ionization (ESI)-multistage tandem mass spectrometry (MS). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(9), 3901-3910.
- Estevez, M., & Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68(4), 551-558.
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171-181.
- Fратиanni, F., De Martino, L., Melone, A., De Feo, V., Coppola, R., & Nazzaro, F. (2010). Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. *Journal of Food Science*, 75(8), 528-535.
- García-Lomillo, J., Gonzalez-SanJose, M.L., Del Pino-García, R., Ortega-Heras, M., & Muñiz-Rodríguez, P. (2017). Antioxidant effect of seasonings derived from wine pomace on lipid oxidation in refrigerated and frozen beef patties. *LWT*, 77, 85-91.
- Halliwel, B., & Gutteridge, J.M. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods in Enzymology*, 186, 1-85.
- Hashemi, S. M. B., Nikmaram, N., Esteghlal, S., Khaneghah, A. M., Niakousari, M., Barba, F. J., Roothinejad, S., & Koubaa, M. (2017). Efficiency of ohmic assisted hydrodistillation for the extraction of essential oil from oregano (*Origanum vulgare* subsp. *viride*) spices. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 172-178.
- Hernandez, P., Zomeno, L., Arino, B., & Blasco, A. (2004). Antioxidant, lipolytic and proteolytic enzyme activities in pork meat from different genotypes. *Meat Science*, 66(3), 525-529.
- Ibrahim, D., Moustafa, A., Metwally, A.S., Nassan, M.A., Abdallah, K., Eldemery, F., Tufarelli, V., Laudadio, V., & Kishawy, A.T.Y. (2021). Potential Application of Cornelian Cherry Extract on Broiler Chickens: Growth, Expression of Antioxidant Biomarker and Glucose Transport Genes, and Oxidative Stability of Frozen Meat. *Animals*, 11, 1038.
- Ismail, H.A., Lee, E.J., Ko, K.Y., & Ahn, D.U. (2009). Fat content influences the color, lipid oxidation, and volatiles of irradiated ground beef. *Journal of Food Science*, 74, 432-440.
- Kanner, J. (2007). Dietary advanced lipid oxidation end products are risk factors to human health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51(9), 1094-1101.
- Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry*, 96, 254-260.
- Liang, Z., Veronica, V., Huang, J., Zhang, P., & Fang, Z. (2022). Combined effects of plant food processing by-products and high oxygen modified atmosphere packaging on the storage stability of beef patties. *Food Control*, 133, 108586.
- Lin, L.C., Kuo, Y.C., & Chou C.J. (2002). Immunomodulatory proanthocyanidins from *Ecdysanthera utilis*. *Journal of Natural Product*, 65, 505-508.
- Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R., & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage "chorizo". *Food Research International*, 54, 611-620.
- Lorenzo, J. M., Batlle, R., & Gomez, M. (2014). Extension of the shelf-life of foal meat with two antioxidant active packaging systems. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 59(1), 181-188.
- Lorenzo, J. M., & Munekata, P. E. S. (2016). Phenolic

- compounds of green tea: Health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(8), 709–719.
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Sant' Ana, A. S., Carvalho, R. B., Barba, F. J., Toldrá, F., & Trindade, M. A. (2018). Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 1–10.
- Madane, P., Das, A. K., Nanda, P. K., Bandyopadhyay, S., Jagtap, P., Shewalkar, A., & Maity, B. (2020). Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1449–1461.
- Maqsood, S., Abushelaibi, A., Manheem, K., & Kadim, I.T. (2015). Characterization of the lipid and protein fraction of fresh camel meat and the associated changes during refrigerated storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 212-220.
- Maqsood, S., Benjakul, S., Balange, A. K., Faine, L. A., Rodrigues, H. G., Galhardi, C. M., & Novelli, E. L. B. (2006). Butyl hydroxytoluene (BHT)-induced oxidative stress: Effects on serum lipids and cardiac energy metabolism in rats. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 57(3), 221–226.
- Martini, S., Cattivelli, A., Conte, A., & Tagliazucchi, D. (2021). Black, green, and pink pepper affect differently lipid oxidation during cooking and *in vitro* digestion of meat. *Food Chemistry*, 350, 129246.
- Min, B., & Ahn, D.U. (2005). Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-a review. *Food Science and Biotechnology*, 14, 152-163.
- Mostafa, H.S., & Azab, E.F.E. (2022). Efficacy of green coffee as an antioxidant in beef meatballs compared with ascorbic acid. *Food Chemistry*, 14, 100336.
- Naveena, B. M., Sen, A. R., Vaithyanathan, S., Babji, Y., & Kondaiah, N. (2008). Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science*, 80(4), 1304–1308.
- Nikmaram, N., Budaraju, S., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Cox, R. B., Mallikarjunan, K., & Roohinejad, S. (2018). Application of plant extracts to improve the shelf-life, nutritional and health-related properties of ready-to-eat meat products. *Meat Science*, 145,245–255.
- Oliver, C.N., Ahn, B.W., Moerman, E.J., Goldstein, S., & Stadtman, E.R. (1987). Aged-related changes in oxidized proteins, *Journal of Biological Chemistry*, 262, 5488–5491.
- Oswell, N.J., Thippareddi, H., & Pegg, R.B. (2018). Practical use of natural antioxidants in meat products in the U.S.: A review. *Meat Science*, 145, 469-479.
- Özünlü, O., & Ergezer, H. (2022). Development of novel paper-based colorimetric indicator labels for monitoring shelf life of chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e17013.
- Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., & Nicorescu, V. (2017). Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16, 96–123.
- Prommachart, R., Belem, T.S., Uriyapongson, S., Rayas-Duarte, P., Uriyapongson, J., & Ramanathan, R. (2020). The effect of black rice water extract on surface color, lipid oxidation, microbial growth, and antioxidant activity of beef patties during chilled storage. *Meat Science*, 164, 108091.
- Pateiro, M., Bermudez, R., Lorenzo, J., & Franco, D. (2015). Effect of addition of natural antioxidants on the shelf-life of “chorizo”, a Spanish dry-cured sausage. *Antioxidants*, 4(1), 42–67.
- Pereira, D., Pinheiro, R. S., Heldt, L. F. S., Moura, C. de, Bianchin, M., Almeida, J. de F., dos Reis, A.S., Ribeiro, I.S., Haminiuk, C.W.I., & Carpes, S.T. (2017). Rosemary as natural antioxidant to prevent oxidation in chicken burgers. *Food Science and Technology*, 37, 17–23.
- Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Hartmann-Schmidlin, S., Kähkönen, M., Heinonen, M., Määttä-Riihinen, K., & Oksman-Caldentey, K.M. (2005). Berry phenolics selectively inhibit the growth of intestinal pathogens. *Journal of Applied Microbiology*, 98, 991-1000.
- Rahman, M.H., Alam, M.S., Monir, M.M., & Ahmed, K. (2021). Comprehensive effects of black cumin (*Nigella sativa*) and synthetic antioxidant on sensory and physicochemical quality of beef patties during refrigerant storage. *Journal of Agriculture and Food Research*, 4, 100145.
- Rahman, M.H., Hossain, M.M., Rahman, S.M.E., Amin, M.R., & Oh, D.H. (2015). Evaluation of Physicochemical Deterioration and Lipid Oxidation of Beef Muscle Affected by Freeze-thaw Cycles. *Korean Society for Food Science of Animal Resources*, 35(6), 772-782.
- Salejda, A.M., Kucharska, A.Z., & Krasnowska, G. (2018). Effect of Cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) Juice on Selected Quality Properties of Beef Burgers. *Journal of Food Quality*, 2018, 1563651.
- Sarma, A.D., Mallick, A.R., & Ghosh, A.K. (2010). Free radicals and their role in different clinical conditions: an overview. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 1(3), 185-192.
- Sen, A. R., & Mandal, P. K. (2017). Use of natural antioxidants in muscle foods and their benefits in human health: An Overview. *International Journal of Meat Science*, 7, 1–5.
- Shacter, E. (2000). Quantification and significance of protein oxidation in biological samples. *Drug Metabolism Reviews*, 32(3–4), 307–326.
- Shimizu, H., & Iwamoto, S. (2022). Problems of Lipid Oxidation in Minced Meat Products for a Ready-made Meal during Cooking, Processing, and Storage. *Reviews in Agricultural Science*, 10, 24-35.
- Soladoye, O.P., Juarez, M.L., Aalhus, J.L., Shand, P., & Estevez,

- M. (2015). Protein Oxidation in Processed Meat: Mechanisms and Potential Implications on Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14, 106-122.
- Stobnicka, A., & Gniewosz, M. (2018). Antimicrobial protection of minced pork meat with the use of Swamp Cranberry (*Vaccinium oxycoccos* L.) fruit and pomace extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 62-71.
- Sun, J., Chu, Y.F., Wu, X., & Liu, R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7449-7454.
- Şahin, S., Samli, R., Birteksöz Tan, A. S., Barba, F. J., Chemat, F., Cravotto, G., & Lorenzo, J. M. (2017). Solvent-free microwave-assisted extraction of polyphenols from olive tree leaves: Antioxidant and antimicrobial properties. *Molecules*, 22, 1056–1068.
- Turan, E., & Şimşek, A. (2021). Effects of lyophilized black mulberry water extract on lipid oxidation, metmyoglobin formation, color stability, microbial quality and sensory properties of beef patties stored under aerobic and vacuum packaging conditions. *Meat Science*, 178, 108522.
- Turgut, S. S., Soyer, A., & Işıkçı, F. (2016). Effect of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during refrigerated storage. *Meat Science*, 116, 126–132.
- Utrera, M., Parra, V., & Estevez, M. (2014). Protein oxidation during frozen storage and subsequent processing of different beef muscles. *Meat Science*, 96(2), 812-820.
- Vieira, S.A., Zhang, G., & Decker, E.A. (2017). Biological Implications of Lipid Oxidation Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94, 339-351.
- Villalobos-Delgado, L.H., González-Mondragón, E.G., Ramírez-Andrade, J., Salazar-Govea, A.Y., & Santiago-Castro, J.T. (2020). Oxidative stability in raw, cooked, and frozen ground beef using Epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.) *Meat Science*, 168, 108187.
- Villasante, J., Ouerfelli, M., Bobet, A., Metón, I., & Almajano, M.P. (2020). The Effects of Pecan Shell, Roselle Flower and Red Pepper on the Quality of Beef Patties during Chilled Storage. *Foods*, 9, 1692-1709.
- Vinson, J.A., Su, X., Zubik, L., & Bose, P. (2001). Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5315-5321
- Wang, C., An, X., Gao, Z., Li, Z., Tian, S., & Lu, Y. (2022). Effects of ethanolic extract from onion skin on the quality characteristics of beef patties during refrigerated storage. *Food Science and Technology*, 42, e118121.
- Werenska, M., Okruszek, A., Haraf, G., Woloszyn, J., & Goluch, Z. (2022). Impact of frozen storage on oxidation changes of some components in goose meat. *Poultry Science*, 101(1), 101517.
- Witte, V.C., Krauze, G.F., & Bailey, M.E. (1970). A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, 35, 582–585.
- Zahid, M.A., Seo, J.K., Parvin, R., Ko, J., & Yang, H.S. (2019). Comparison of Butylated Hydroxytoluene, Ascorbic Acid, and Clove Extract as Antioxidants in Fresh Beef Patties at Refrigerated Storage. *Food Science of Animal Resources*, 39(5), 768-779.
- Zahid, M.A., Seo, J.K., Parvin, R., Ko, J., Park, J.Y., & Yang, H.S. (2020). Assessment of the Stability of Fresh Beef Patties with the Addition of Clove Extract During Frozen Storage. *Food Science of Animal Resources*, 40(4), 601-612.
- Zhang, H., Liang, Y., Li, X., & Kang, H. (2020). Antioxidant extract from cauliflower leaves effectively improve the stability of pork patties during refrigerated storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44, e14510.
- Zaritzky, N. (2012). Physical–chemical principles in freezing D.W. Sun (Ed.), *Handbook of frozen food processing and packaging*, CRC Press, 3-38.