

## VAKUMLU EMDİRİM İLE RENKLİ FONKSİYONEL TAVUK ETİ KÜPLERİNİN ÜRETİLMESİ

Elif Aykın Dinçer<sup>1\*</sup>, Cüneyt Dinçer<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Gıda Güvenliği ve Tarımsal Araştırmalar Merkezi, Antalya, Türkiye

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Finike Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Antalya, Türkiye

Geliş / Received: 14.06.2022; Kabul / Accepted: 23.09.2022; Online baskı / Published online: 03.10.2022

Aykın-Dinçer, E., Dinçer, C. (2022). Vakumlu emdirim ile renkli fonksiyonel tavuk eti küplerinin üretilmesi. *GIDA* (2022) 47 (5) 860-873 doi: 10.15237/ gida.GD22056

*Aykın-Dinçer, E., Dinçer, C. (2022). Production of colored functional chicken meat cubes by vacuum impregnation. GIDA (2022) 47 (5) 860-873 doi: 10.15237/ gida.GD22056*

### ÖZ

Bu çalışmada; vakumlu emdirim tekniği ile renklendirildikten sonra kurutulan tavuk eti küplerinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak; tavuk göğüs eti küpleri 25°C'de 2 saat süreyle farklı konsantrasyonlardaki (1, 2 ve 4°Bx) hibiskus ekstraktları emdirilerek renklendirilmiş ve 60°C'de konveksiyonel kurutucuda kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan hibiskus ekstraktlarının pH değerleri 2.07-2.27 aralığında belirlenmiştir. Hibiskus ekstraktı kullanılarak elde edilen renkli küplerin nem içeriği %33.77-35.18 ve pH değeri 4.42-5.06 aralıklarında belirlenmiştir. Yüksek hibiskus konsantrasyonunda (4°Bx), et küplerinin daha koyu renkli ve toplam monomerik antosiyanin miktarının ise daha yüksek (50.75 mg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, konsantrasyon arttıkça, örneklerin toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesinin de yükseldiği belirlenmiştir. Çalışma sonuçları, tavuk etinin hem renklendirilmesi hem de fonksiyonel bileşikler ile zenginleştirilmesinde vakumlu emdirim tekniğinin başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte arzu edilen son ürün özelliklerine göre uygulama şartlarının optimize edilmesi önem arz etmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Hibiskus, kalite, tavuk eti, vakumlu emdirim

## PRODUCTION OF COLORED FUNCTIONAL CHICKEN MEAT CUBES BY VACUUM IMPREGNATION

### ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine some quality characteristics of dried chicken cubes after coloring with vacuum impregnation. For this purpose, hibiscus extracts of different concentrations (1, 2 and 4°Bx) were impregnated into chicken breast cubes for 2 hours at 25°C, and then colored cubes were dried in a convection dryer at 60°C. pH values of hibiscus extracts were between 2.07-2.27. Moisture content of colored cubes by using hibiscus extract was between 33.77-35.18% and, pH value was between 4.42-5.06. At high hibiscus concentration (4°Bx), cubes were darker colored, and total amount of monomeric anthocyanin was higher (50.75 mg/kg). In addition, as concentration increased, total phenolic content and antioxidant activity of samples also increased. The results show that vacuum impregnation can be used successfully in both coloring and enrichment of chicken meat

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: elifaykin@akdeniz.edu.tr

☎: (+90) 242 310 4345

☎: (+90) 242 227 4564

Elif Aykın Dinçer; ORCID no: 0000-0003-4427-9819

Cüneyt Dinçer; ORCID no: 0000-0002-9160-4242

with functional compounds. However, it is important to optimize application conditions according to desired final product properties.

**Keywords:** Chicken meat, hibiscus, quality, vacuum impregnation

## GİRİŞ

Türkiye'de 2021 yılında tavuk eti üretiminin 2.2 milyon tona ulaştığı ve kişi başına tavuk eti tüketiminin yaklaşık 21 kg olduğu bilinmektedir (Anonymous, 2022). Tavuk eti, düşük maliyetli bir protein kaynağı olması, düşük yağ içeriği ve çok yönlülüğü nedeniyle kırmızı ete sağlıklı bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Ramírez vd., 2021). Tavuk eti bütün gövde ya da göğüs, but, kanat gibi parçalar halinde çiğ olarak satılabildiği gibi son zamanlarda hem lezzetli hem de kolay hazırlanabilir salam, sosis, döner gibi çeşitli ürünlere işlenebilmektedir (Hii vd., 2014; Choi vd., 2016). Bununla birlikte tavuk endüstrisi tüketim talebine katkı sağlamak amacıyla farklı yöntemler kullanılarak geliştirilmiş tavuk eti ürünlerinin üretimi ile ilgili çalışmalara da hız vermiştir (Kavuşan vd., 2021).

Antosiyaninler, meyve ve sebzelere pembe, kırmızı, viole, mavi ve mor tonlarındaki çeşitli renkleri veren,  $C_6C_3C_6$  karbon iskeleti ile karakterize edilen, suda çözünebilir özellikteki doğal renk maddeleridir. Antosiyaninler, glikozit formunda bulunan flavanoid olarak bilinen fenolik maddeler olup, antioksidan özellikleriyle de dikkat çekmektedirler (Castañeda-Ovando, 2009). Malvaceae familyasından tek yıllık bir bitki olan hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.), antosiyaninlerce zengin etli çanak yaprakları (kaliksleri) ile ticari olarak öneme sahiptir ve gıda endüstrisinde bitki çayı, sıcak ve soğuk içecekler, reçel, şekerlemeler, dondurma, çikolata, tatlandırıcılar, puding ve pasta gibi ürünlerin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Dinçer, 2021). Tüketicilerin sağlıklı ve besleyici ürünlere daha fazla ilgi göstermesi, antosiyaninler gibi biyoaktif bileşiklerce zengin bu doğal gıdalara yönelik pazar talebini de gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu eğilim aynı zamanda doğal gıdaların diğer ürünlerde kullanımını da yaygınlaştırmaktadır (Gök ve Bor, 2016; Mazaheri Kalahrodi vd., 2021). Piyasada satılan gıda ürünlerinin rengi yaygın olarak sentetik boyalarla sağlanmaktadır. Ancak, tüketicilerin sentetik boya kullanımını konusundaki endişeleri nedeniyle hibiskus,

domates, biber, Monascus mantarı ve kırmızı pancar ekstraktı gibi alternatif doğal renklendiricilerin et ürünlerinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu gıdaların renklendirici özelliklerinin yanı sıra antioksidan özellikleri de kullanımlarını arttırmıştır (Aykın-Dinçer vd., 2021). Et ürünlerinin biyoaktif bileşikler bakımından zenginleştirilmesinin en yaygın yollarından biri, marinasyon tekniğidir. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'ne göre marinasyon "çiğ etin tuz, bitkisel yağ gibi çeşitli gıda maddeleri ve lezzet vericiler ile teknolojisine uygun olarak muamele edilmesi işlemi" olarak tanımlanmaktadır (Anonymous, 2019). Latince "marine" kelimesinden türetilmiş olan marinasyon işlemi, eskiden raf ömrünü uzatmak amacıyla etin tuzlu su çözeltisinde yani salamurada bekletilmesi olarak ifade edilirken, günümüzde etin duyu ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla meyve ve sebze suları gibi çeşitli sıvılarla muamele edilmesini de kapsamaktadır (Yıldırım, 2020). Etin fonksiyonel özellik kazanması amacıyla kullanılan meyve suları, aynı zamanda marinasyon ortamının pH'sını düşürdüğünden raf ömrünü artırmak için de tercih edilmektedir (Akyüz vd., 2020). Etin marinasyonunda kullanılan başlıca yöntemler; daldırma, enjeksiyon ve tamburlamadır (Ergezer ve Gökçe, 2004). Daldırma en temel yöntem olup, etin marinasyon sıvısı içerisinde buzdolabı sıcaklığında ( $\approx 4^{\circ}\text{C}$ ) bekletilmesi işlemidir. Enjeksiyon yöntemi tekli veya çoklu iğneler yardımıyla ve tamburlama yöntemi ise belirli bir açıyla dönen pedallı bir kazan içinde hızlı ve sürekli bir marinasyon işlemi sağlayarak üretim verimini arttırmakta ve işçilik maliyetlerini düşürmektedir. Ancak, bu hızlı yöntemler et yüzeyinde bazı iğne deliklerinin oluşmasına ve kazanda düşme, çarpma ve sürtünmeye bağlı olarak doku bütünlüğünün bozulmasına neden olabilmektedir (Aykın-Dinçer ve Erbaş, 2018). Bu sorunlar, etin marinasyonunda dokuya zarar vermeden marinasyon süresini kısaltan yeni teknolojilerin kullanımını gündeme getirmiştir.

Fonksiyonel et ürünü geliştirmek için kullanılan umut verici yöntemlerden biri vakumlu emdirim (VE) tekniğidir. VE tekniği, basınç değişiklikleri tarafından desteklenen hidrodinamik mekanizmaların etkisi ile gıdanın gözeneklerinde bulunan gazların ve sıvıların emdirim çözeltisi ile yer değiştirmesi işlemidir (Aykın-Dinçer ve Erbaş, 2018). Vakum uygulaması ve ardından atmosfer basıncının restorasyonu işlemi, gıdanın gözenekli yapısına kontrollü miktarlarda biyoaktif bileşiklerin dahil edilmesini desteklemektedir. Gıda ile emdirim çözeltisi arasındaki bu iki yönlü kütle transferinin hızı; gıdanın yapısı, vakum basıncı ve süresi, vakum sonrası bekleme (gevşeme) süresi, döngü sayısı, çözelti konsantrasyonu, viskozitesi ve sıcaklığı, karıştırma işlemi ve gıda/çözelti oranı gibi faktörlerden etkilenebilmektedir (Yılmaz ve Bilek, 2018; Aykın-Dinçer, 2021). Meyve ve sebzelerin vitaminler, mineraller, fenolikler, aromalar ve organik asitler ile VE tekniği kullanılarak zenginleştirilmesini konu olan önemli çalışmalar yürütülmüştür (Guiamba vd., 2016; Lima vd., 2016; Moreno vd., 2017; Rascón vd., 2018; Yılmaz ve Bilek, 2018; de Medeiros vd., 2019; Luo vd., 2019). Et ürünlerinde VE tekniğinin kullanıldığı özellikle tuzlama, marinasyon ve kürleme (Deumier vd., 2003; Bampi vd., 2016; Serio vd., 2017; Aykın-Dinçer, 2021) ile ilgili bazı çalışmalar mevcut olup et ürünlerinin özellikle biyoaktif bileşiklerce zenginleştirilmesini konu alan çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır (Demir vd., 2021; Shiekh vd., 2021; Zhao vd., 2021). Diğer taraftan bilinçli tüketicilerin antosiyaninler gibi biyoaktif bileşiklerce zengin ve/veya zenginleştirilmiş ürünlere ilgi göstermesi, tüketim talebini arttırmak için arayışta bulunan tavuk endüstrisinin de bu çalışmalara verdiği önemi arttırmıştır.

Bu çalışmada, vakumlu emdirim tekniği kullanılarak tavuk etinin hibiskus ekstraktları ile renklendirilmesi ve böylece yeni bir fonksiyonel tavuk eti ürününün geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, tavuk göğüs etleri 2 saat süreyle farklı konsantrasyonlardaki (1, 2 ve 4°Bx) hibiskus ekstraktları emdirilerek renklendirildikten sonra 60°C'de konveksiyonel kurutucuda kurutulmuştur. Ardından tavuk etlerinde nem,  $a_w$ , VE sonrası ağırlık kazanımı,

pH,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri, toplam monomerik antosiyanin içeriği, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite gibi analiz ve ölçümler gerçekleştirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma materyali olarak kullanılan tavuk göğüs etleri Antalya'da tanınmış bir kasaptan (Veli Cengiz Et Ürünleri Ltd.) temin edilmiştir. Göğüs etleri yağ ve bağ dokusu alındıktan sonra bıçak yardımıyla küplere ( $\approx 1.5 \times 1.5 \times 1.5$  cm) bölünmüştür (Aykın-Dinçer, 2021). Çalışma kapsamında 4 farklı emdirim çözeltisi (tuz çözeltisi, hibiskus ekstraktı 1, 2 ve 4°Bx) ve bir doğrudan kurutuma uygulandığından, et küpleri 5 gruba ayrılmıştır. Her bir grupta yaklaşık 60 g tavuk eti bulunmaktadır. Bir tekerrür için 300 g et küpü (60 g  $\times$  5 grup) kullanılmıştır. Çalışma 2 tekerrürlü olarak yürütüldüğünden toplam 600 g et küpü (300 g  $\times$  2 tekrar) analiz edilmiştir.

Hibiskus ekstraktlarının hazırlanması (Dinçer, 2022) için, aktardan temin edilen hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.) bitkisinin kurutulmuş yaprakları kullanılmıştır. Hibiskus numuneleri blenderda (Beko BKK-2155 Maxi El Blenderı, Türkiye) öğütüldükten sonra, ekstraksiyon işlemi, örnek su oranı 1/10 olacak şekilde 75°C'deki su banyosunda (Heidolph Hei VAP Precision, Almanya) 750 devir/dakika karıştırma hızındaki pervaneli karıştırıcı (MTOPS MS3040D Lab. Stirrer Kore) yardımıyla 15 dk. süreyle gerçekleştirilmiştir. Daha sonra filtre (106  $\mu$ m) edilen hibiskus ekstraktları (4.7-5.0°Bx) saf su ile 1, 2 ve 4°Bx seviyelerine seyreltilmiş ve üzerine %4 tuz (NaCl, Merck) içerecek şekilde tuz ilavesi yapılmıştır. Aynı gün içerisinde gerçekleştirilen uygulamalara kadar, emdirim çözeltileri buzdolabında ( $\approx 4^\circ\text{C}$ ) muhafaza edilmiştir. Her uygulama için 600 mL çözelti kullanılmıştır. Tavuk eti küplerinin emdirim çözeltisine oranı, daha önceki çalışmalar dikkate alınarak kütlece 1/10 olarak belirlenmiştir (Aykın-Dinçer, 2021). Böylece, tavuk eti küpleri emdirim çözeltisi içerisine tamamen daldırılmış ve vakumlu emdirim işlemi için rotary evaporatöre (Hei-VAP Precision, Schwabach, Almanya) bağlanmıştır. Tüm uygulamalarda, 10 dk. vakum (250 mbar mutlak basınç) ve ardından 10 dk. atmosfer basıncı döngüsü 2 saat boyunca tekrarlanmıştır.

Çalışmada iki farklı kontrol grubu kullanılmıştır. Birinci kontrol grubundaki tavuk göğüs etleri doğrudan kurutulurken, ikinci kontrol grubu tuzlu su çözeltisi içerisinde diğer örneklerde olduğu gibi vakumlu emdirim işlemine tabi tutulmuştur. Tuzlu su çözeltisi, 40 g tuzun (NaCl, Merck) toplam hacmi 1 L olan saf su içinde çözülmesiyle hazırlanmıştır. Uygulamalar sonrası tüm örnekler  $60\pm 1^\circ\text{C}$  sıcaklıkta fırında (Memmert, Almanya) sabit tartıma gelene kadar yaklaşık 16 saat kurutulmuştur.

### Analizler

#### Nem içeriği

Örneklerin % nem içeriği, etüvde (Memmert, Almanya)  $105\pm 1^\circ\text{C}$ 'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması sonucunda gravimetrik olarak belirlenmiştir (AOAC, 2000).

#### Suda çözünür kuru madde tayini

Örneklerin suda çözünebilir kuru madde miktarı refraktometre (PAL- $\alpha$  ATAGO, Tokyo, Japonya) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür.

#### pH ölçümü

Örneklerin pH değerleri oda sıcaklığında dijital pH metre (Orion 4-Star pH meter, Thermo Scientific, ABD) kullanılarak ölçülmüştür. Her çalışma öncesinde pH-metre, pH 4 ve pH 7 tamponları kullanılarak kalibre edilmiştir (AOAC, 2000).

#### Su aktivitesi ( $a_w$ ) ölçümü

Örneklerin su aktivitesi, su aktivitesi ölçme cihazı (Aqualab 4TE, ABD) kullanılarak oda sıcaklığında belirlenmiştir.

#### Vakumlu Emdirim (VE) sonrası ağırlık kazanımı

VE sonrası ağırlık kazanımı, tavuk etlerinin vakumlu emdirim işleminden önceki ve sonraki ağırlıkları arasındaki farkın, tavuk etlerinin vakumlu emdirim işleminden önceki ağırlığına oranı (%) olarak hesaplanmıştır.

#### Renk ölçümü

Renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), CR-400 Chromameter (Konica Minolta, Japonya) cihazı kullanılarak CIE renk sistemine göre, 4 farklı örnek yüzeyindeki 2 farklı noktadan toplamda 8 ölçüm alınarak

gerçekleştirilmiştir.  $L^*$  değeri örneklerin siyah-beyazlığını,  $a^*$  değeri kırmızı-yeşil renk değerlerini ve  $b^*$  değeri ise sarı-mavi renk değerlerini ifade etmektedir. Renk cihazı analizlerden önce cihaza ait kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiştir.

#### Toplam fenolik madde

Çalışmada toplam fenolik madde, monomerik antosiyanin tayini ve antioksidan aktivite analizlerinde kullanılmak üzere ekstraktların hazırlanması Liu vd. (2016)'ne göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre blenderda homojenize edilen örneklerden 4 g alınarak santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine 20 mL %80'lik metanol ilave edilmiştir. Ardından tüpler ultrasonik banyoya (Çalışkan Ultrasonik clenar 180 W, 40 kHz, Türkiye) yerleştirilerek 40 kHz sabit frekansta,  $40^\circ\text{C}$ 'de 30 dk. boyunca ekstrakte edilmiştir. Daha sonra numuneler 10 dk. boyunca 4000 rpm'de santrifüjlenmiş (Eppendorf Centrifuge 5810, Almanya) ve üst katman alınmıştır. Ekstraksiyon işlemi yukarıda bahsedilen adımlara göre 2 defa tekrar ettirilmiş ve toplanan filtratlar analizlere kadar  $4^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Bu amaçla, 0.5 mL örnek üzerine sırasıyla 2.5 mL Folin-Ciocalteu çözeltisi (Merck, Almanya) (saf su ile 10 kat seyreltilmiş) ve 2 mL %7.5'lik  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Merck, Almanya) çözeltisi eklenmiştir. Elde edilen karışım vorteksle karıştırıldıktan sonra  $50^\circ\text{C}$ 'deki su banyosunda 5 dk. bekletilmiştir. Daha sonra oda sıcaklığına soğutulularak spektrofotometrede (Thermo Scientific Evolution 160 UV-Vis, ABD) 760 nm dalga boyunda absorbans okunmuştur. Elde edilen absorbans değerleri gallik asit çözeltileri ile oluşturulan kurve yardımıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg örnek cinsinden ifade edilmiştir (Skerget vd., 2005).

#### Antosiyanin içeriği

Örneklerde toplam monomerik antosiyanin tayini pH diferansiyel metodu ile spektrofotometrik (Thermo Scientific Evolution 160 UV-Vis, ABD) olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda örnekler pH 1 (0,025 M potasyum klorür) ve pH 4.5 (0,4 M sodyum asetat)'a ayarlı 2 farklı tampon

çözeltili kullanılarak deney başlangıcında saptanmış olan seyreltme faktörüne uygun olarak seyreltilmiş ve yaklaşık 20 dk. oda sıcaklığında bekletilmiştir. Bu süre sonunda her iki seyreltiğin  $\lambda_{vis-max}$  (514 nm) ve 700 nm dalga boyundaki absorbansları saf suya karşı ölçülmüştür. Toplam monomerik antosiyanin miktarı aşağıdaki eşitlik yardımıyla siyanidin-3-glukozit cinsinden mg/L ve g/kg olarak hesaplanmıştır (Wang ve Xu, 2007).  
 $A = (A_{\lambda_{vis-max}} + A_{700})pH 1.0 - (A_{\lambda_{vis-max}} + A_{700})pH 4.5$

$$\text{Monomerik antosiyanin (mg/L)} = \frac{(A)(MW)(S_f)1000}{(\epsilon)\ell}$$

A: Düzeltilecek hesaplanmış absorbans farkı,  
MW: Baz alınacak antosiyanin molekül ağırlığı  
Sf= Seyreltme faktörü,  
E=Molar absorptivite (absorpsiyon katsayısı)  
 $\ell$ =Spektrofotometrede kuvvet katman kalınlığı.

#### Antioksidan aktivite tayini

DPPH (1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil) radikalinin inhibisyonuna dayalı antioksidan aktivite Fernández-León vd. (2013) tarafından uygulanan yöntemle göre belirlenmiştir. Bu amaçla uygun oranda seyreltilmiş örnek ekstraktından 50  $\mu$ L ve üzerine taze hazırlanmış 950  $\mu$ L  $6.10^{-5}$  M DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Karışım oda sıcaklığında 30 dk. bekletildikten sonra 516 nm dalga boyunda okunmuştur. Elde edilen değer ile DPPH çözeltisinin bekleme süresinin başında saf metanole karşı 516 nm dalga boyunda yapılan okumasına göre farkları alınmıştır. Örneklerin antioksidan aktivitesi bu absorbans farkları kullanılarak, farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış troloks ile elde edilen eğri yardımıyla mg troloks eşdeğer (TE)/kg örnek cinsinden hesaplanmıştır.

#### BULGULAR VE TARTIŞMA

**Hibiskus ekstraktlarının pH ve renk değerleri**  
Emdirim çözeltisi olarak kullanılan hibiskus ekstraktlarının ortalama pH değerleri 2.17 olarak belirlenmiştir. Hibiskus ekstraktlarının asidik karakterde olduğu ve pH değerlerinin konsantrasyon artışına bağlı olarak önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Hibiskus ekstraktının asitliği, sitrik, hidroksisitrik, malik, oksalik, askorbik ve tartarik asitten oluşan organik asit fraksiyonlarına bağlıdır

(Pérez-Báez vd., 2020). Hibiskus ekstraktlarının renk değerleri üzerine konsantrasyon faktörünün önemli ( $P > 0.05$ ) bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Çalışma sonuçları ile uyumlu olarak, Dinçer (2021) farklı yöntemlerle ekstrakte ettiği 2°Bx hibiskus örneklerinin pH değerinin 2.28-2.41 aralığında ve  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinin ise sırasıyla 17.18-17.62, 0.77-1.17, 2.12-2.32 aralıklarında değiştiğini bildirmiştir. Dinçer vd. (2020) tarafından farklı yöntemler ile hibiskus örneklerinin 1.1°Bx seviyesine kadar ekstrakte edildiği başka bir çalışmada, pH değerlerinin 2.41-2.42,  $L$ ,  $a$  ve  $b$  renk değerlerinin ise sırasıyla 16.15-16.17, 0.66-0.84, 1.13-1.16 aralıklarında değiştiği bildirilmiştir. Chumsri vd. (2008) tarafından kurutulmuş hibiskus çanak yapraklarının farklı sıcaklık (50 ve 60°C), süre (30 ve 60 dk.) ve katı/çözücü oranı (1/5 ve 1/10) dikkate alınarak suda ekstrakte edildiği bir çalışmada ise, ekstraktların pH değerlerinin 2.79 ile 2.95 arasında olduğu bildirilmiştir. Ramirez-Rodrigues vd. (2011)'nin katı/çözücü oranı sunulan çalışmada olduğu gibi 1/40 ve 25°C'de 30, 60, 120 ve 240 dk. ile 90°C'de 2, 4, 8, 16 dk. olmak üzere farklı sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirdikleri çalışmada; uygulanan ekstraksiyon yöntemine göre  $L$ ,  $a$ ,  $b$  renk değerlerinde istatistiki açıdan önemli farklılıklar tespit edildiği ve  $L$  değerinin 35.26-54.18,  $a$  değerinin 63.93-67.65 ve  $b$  değerinin 45.39-68.76 arasında değiştiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada pH değerleri 2.31-2.37 arasında rapor edilmiştir. Ramirez-Rodrigues vd. (2011) ile Chumsri vd. (2008)'nin çalışmalarında bulunan sonuçlar sunulan çalışma sonuçlarından farklılık göstermektedir. Bu durumun hammadde özelliklerinin farklılığının yanı sıra özellikle ekstraksiyon yöntemi, örnek-çözücü oranı, ekstraksiyon sıcaklık ve süresi gibi ekstraksiyon şartlarının farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### Tavuk göğüs eti küplerinin VE sonrası ağırlık kazanımı

Tavuk göğüs eti küplerinin VE sonrası ağırlık kazanımı üzerine, emdirim çözeltisinin  $P < 0.01$  düzeyinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Et küplerinin ağırlık kazanımı %1.46 ile %6.55 arasında belirlenmiştir. En yüksek ağırlık kazanımı, tuz çözeltisi emdirilmiş örneklerde

tespit edilmiş ve bu durum et küplerindeki protein yapının su tutma kapasitesinin artmasından kaynaklanmış olabilir. Tuz çözeltisine göre, hibiskus emdirilmiş örneklerde daha düşük ağırlık kazanımı tespit edilmiştir. Farklı emdirim çözeltilerinde et küplerinin farklı ağırlık kazanım oranlarına sahip olması, emdirim çözeltilerinin pH değerlerinin farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. Malelak vd. (2017) tarafından hibiskus ekstraktında bulunan organik asitlerin, et dokusunu zayıflatarak suyun yapıdan

uzaklaşmasını kolaylaştırdığı bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada, tavuk eti marinasyonunda %0.75 ve %1 oranlarında ardıç ekstraktının kullanılmasının hem marinasyon verimini hem de suyu tutma kabiliyetini azalttığı bildirilmiştir (Kavuşan vd., 2021). Farklı uygulama şartlarında vakum emdirim ile dana et küplerinin tuz çözeltisinde (%4) 180 dk. süre ile muamele edildiği çalışmada ise örneklerin nem içeriğinin %2.89 ile %3.79 aralığında yükseldiği rapor edilmiştir (Aykın-Dinçer 2021).

Çizelge 1. Hibiskus ekstraktlarının pH ve renk değerleri  
Table 1. Hibiscus extracts of pH and color values

Emdirim Çözeltisi <i>Impregnation Solution</i>	pH	L*	a*	b*
1°Bx Hibiskus ekstraktı <i>1°Bx Hibiscus extract</i>	2.27 <sup>a</sup> ± 0.01	12.89 ± 0.03	0.74 ± 0.02	2.51 ± 0.01
2°Bx Hibiskus ekstraktı <i>2°Bx Hibiscus extract</i>	2.16 <sup>b</sup> ± 0.01	12.93 ± 0.11	0.80 ± 0.41	2.61 ± 0.11
4°Bx Hibiskus ekstraktı <i>4°Bx Hibiscus extract</i>	2.07 <sup>c</sup> ± 0.01	12.95 ± 0.02	1.30 ± 0.12	2.69 ± 0.03
Önem seviyesi <i>Significance</i>	**	NS	NS	NS

<sup>a,b,c</sup> Sütun içindeki farklı harflerle gösterilen ortalama değerler, farklılıkları göstermektedir.

<sup>a,b,c</sup> Means with different letters within the column indicate differences.

NS Önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

NS Not Significant ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

Çizelge 2. Tavuk göğüs eti küplerinin vakumlu emdirim sonrası ağırlık kazanımı  
Table 2. Weight gain of chicken breast meat cubes after vacuum impregnation

Emdirim Çözeltisi <i>Impregnation Solution</i>	Ağırlık kazanımı (%) <i>Weight gain (%)</i>
Kontrol <i>Control</i>	-
Tuz çözeltisi <i>Salt solution</i>	6.55 <sup>a</sup> ± 1.40
1°Bx Hibiskus ekstraktı <i>1°Bx Hibiscus extract</i>	1.46 <sup>b</sup> ± 0.60
2°Bx Hibiskus ekstraktı <i>2°Bx Hibiscus extract</i>	1.78 <sup>b</sup> ± 0.35
4°Bx Hibiskus ekstraktı <i>4°Bx Hibiscus extract</i>	1.68 <sup>b</sup> ± 0.86
Önem seviyesi <i>Significance</i>	*

<sup>a,b</sup> Sütun içindeki farklı harflerle gösterilen ortalama değerler, farklılıkları göstermektedir.

<sup>a,b</sup> Means with different letters within the column indicate differences.

NS Önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

NS Not Significant ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

**VE uygulanmış ve kurutulmuş tavuk göğüs eti küplerinin nem,  $a_w$  ve pH değerleri**

Kurutulmuş et küplerinin nem ve  $a_w$  değeri üzerine, emdirim çözeltisinin önemli ( $P < 0.05$ ;

$P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu ve hibiskus emdirilmiş örneklerin daha yüksek nem ve  $a_w$  değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Vakumlu emdirim uygulanmış ve kurutulmuş tavuk küplerinin nem,  $a_w$ , pH değerleri

Table 3. Moisture,  $a_w$ , pH values of vacuum impregnated and dried chicken cubes

Emdirim Çözeltisi Impregnation Solution	Nem (%)	$a_w$	pH
	Moisture (%)	$a_w$	pH
Kontrol Control	23.62 <sup>b</sup> ± 0.21	0.788 <sup>b</sup> ± 0.013	5.97 <sup>a</sup> ± 0.10
Tuz çözeltisi Salt solution	28.43 <sup>ab</sup> ± 1.34	0.777 <sup>b</sup> ± 0.003	6.08 <sup>a</sup> ± 0.04
1°Bx Hibiskus ekstraktı 1°Bx Hibiscus extract	33.77 <sup>a</sup> ± 2.42	0.864 <sup>a</sup> ± 0.002	5.06 <sup>b</sup> ± 0.01
2°Bx Hibiskus ekstraktı 2°Bx Hibiscus extract	35.15 <sup>a</sup> ± 1.49	0.882 <sup>a</sup> ± 0.007	4.72 <sup>c</sup> ± 0.04
4°Bx Hibiskus ekstraktı 4°Bx Hibiscus extract	35.18 <sup>a</sup> ± 2.43	0.857 <sup>a</sup> ± 0.009	4.42 <sup>d</sup> ± 0.01
Önem seviyesi Significance	*	**	**

<sup>a,b,c,d</sup> Sütun içindeki farklı harflerle gösterilen ortalama değerler, farklılıkları göstermektedir.

<sup>a,b,c,d</sup> Means with different letters within the column indicate differences.

NS Önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

NS Not Significant ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

Kurutulmuş et küplerinin ortalama nem içeriği %31.23±1.63 ve  $a_w$  değeri 0.83±0.01 olarak belirlenmiş ve orta nemli gıda sınıfında olduğu (%20-50 nem içeriği ve 0.70-0.90 aralığında su aktivitesi, Huang ve Nip, 2001) tespit edilmiştir. Daha düşük nem değerlerine kurutma işlemi son ürünün duyu kalitesini olumsuz yönde etkileyeceğinden (Modi vd., 2007), literatürle uyumlu olarak küplerin orta nemli olması hedeflenmiştir (Aykın Dinçer, 2020; Jiang vd., 2016).

Bununla birlikte kontrol grubu ve tuz çözeltisi emdirildikten sonra kurutulan et küplerinin nem içeriklerinin hibiskus ekstraktı emdirildikten sonra kurutulan örneklerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hibiskus çözeltisindeki partiküllerin tavuk et küplerindeki gözenekleri doldurarak kurutmayı zorlaştırmış olabileceği ve bu örneklerin nem içeriğinin bu nedenle daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir.

Kurutulmuş et küplerinin pH değeri üzerine, emdirim çözeltisinin önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3). Kontrol grubu ve tuz çözeltisi emdirilmiş küplerin pH değerinin en yüksek olduğu ve bunu hibiskus ekstraktı emdirilmiş örneklerin takip ettiği belirlenmiştir. Emdirim çözeltilerinin pH değerinin farklı olması, son ürünün pH değerini etkilemiştir ve daha asidik (pH 2.17) olan hibiskus ekstraktının emdirildiği et küplerinde daha düşük pH değeri tespit edilmiştir. Ayrıca, konsantrasyon arttıkça hibiskus ekstraktının pH değerinin azalmasına benzer olarak, bu ekstraktlarla muamele edilmiş ve kurutulmuş et küplerinin pH değeri de 5.06'dan 4.42'ye azalmıştır. Hibiskus ekstraktının eklenmesi, ekstraktın asidik karakterinden dolayı üründe pH'yı düşürmüştür. Benzer olarak, köfte örneklerinde hibiskus miktarı (0.1–1.3%) arttıkça, pH değerinin azaldığı bildirilmiştir (Jung ve Joo, 2013). Bozkurt ve Belibağlı (2009) hibiskus ilave edilmiş kavurma örneklerinde pH değerini daha düşük (<6.0) tespit

etmişler ve bunu hibiskusun yüksek miktarda asidik bileşimler içermesiyle ilişkilendirmişlerdir. Benzer şekilde, Gök ve Bor (2016) sebze suyu karışımı (havuç, domates, kabak, siyah havuç, salatalık ve marul) ile 48 saat marine edilmiş hindi göğüs etinin pH değerlerinde azalma tespit etmişlerdir. Erge vd. (2018) ise, elma ve erik konsantreleri ile yapılan tavuk eti marinasyonunda pH değerinin düştüğünü bildirmiştir. Diğer taraftan, sucuk örneklerinin pH değeri üzerine, hibiskus ilavesinin önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Karabacak ve Bozkurt, 2008). Farklı oranlarda (%0, %0.5, %1) hibiskus ekstraktı ilave edilen probiyotik keçi sütü örneklerinin pH

değerinde de önemli bir farklılık tespit edilememiştir (Nuraeni vd., 2014).

#### VE uygulanmış ve kurutulmuş tavuk göğüs eti küplerinin renk değerleri

$L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri üzerine, emdirim çözeltisinin önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4). Tuz çözeltisi emdirilmiş örnekler, kontrol örneğine göre daha yüksek  $L^*$  değeri ve daha düşük  $a^*$  değerine sahip olmuştur. Tavuk etindeki renk pigmentlerinin tuzlu suda çözünmesine bağlı olarak renk kaybı meydana gelmiş olabilir.

Çizelge 4. Vakumlu emdirim uygulanmış ve kurutulmuş tavuk küplerinin renk değerleri

Table 4. Color values of vacuum impregnated and dried chicken cubes

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Emdirim Çözeltisi <i>Impregnation Solution</i>			
Kontrol <i>Control</i>	37.52 <sup>b</sup> ± 0.27	10.12 <sup>a</sup> ± 0.08	18.06 <sup>b</sup> ± 0.01
Tuz çözeltisi <i>Salt solution</i>	38.97 <sup>a</sup> ± 0.15	8.16 <sup>b</sup> ± 0.04	18.68 <sup>a</sup> ± 0.07
1°Bx Hibiskus ekstraktı <i>1°Bx Hibiscus extract</i>	23.50 <sup>c</sup> ± 0.30	10.47 <sup>a</sup> ± 0.33	10.32 <sup>c</sup> ± 0.19
2°Bx Hibiskus ekstraktı <i>2°Bx Hibiscus extract</i>	21.05 <sup>d</sup> ± 0.09	9.71 <sup>a</sup> ± 0.15	5.77 <sup>d</sup> ± 0.07
4°Bx Hibiskus ekstraktı <i>4°Bx Hibiscus extract</i>	19.35 <sup>e</sup> ± 0.33	4.17 <sup>c</sup> ± 0.29	2.08 <sup>e</sup> ± 0.01
Önem seviyesi <i>Significance</i>	**	**	**

a,b,c,d,e Sütun içindeki farklı harflerle gösterilen ortalama değerler, farklılıkları göstermektedir.

a,b,c,d,e Means with different letters within the column indicate differences.

NS Önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

NS Not Significant ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

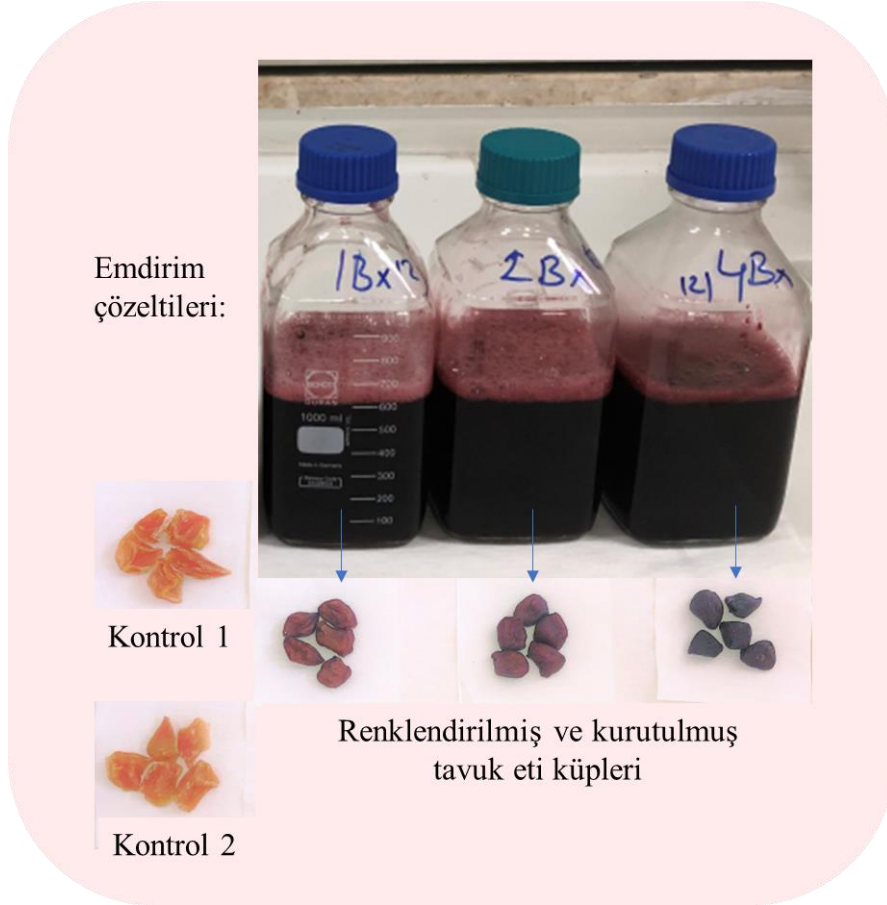
Hibiskus ekstraktları ile muamele edilen örneklerde konsantrasyon arttıkça  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4, Şekil 1). Örneklerin renk değerlerindeki bu azalma, hibiskus konsantrasyonu arttıkça koyu renkli ekstraktın antosiyanin içeriğinin artmasından kaynaklanmış olabilir. Tüm konsantrasyon düzeylerinde yakın renk değerlerine sahip olan hibiskus ekstraktlarının renk farkı, tavuk etine emdirildiğinde ortaya çıkmış ve konsantrasyon arttıkça et küpleri daha koyu bir mor renge sahip olmuştur. Çalışma sonuçları ile uyumlu olarak, kontrol grubuna

kıyasla %3 hibiskus ekstraktı ile marine edilen örneklerde daha düşük  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değeri tespit etmiştir (Malelak vd. 2017). Márquez-Rodríguez vd. (2020) tarafından hibiskus ekstraktı ile muamele edilen sığır etlerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin, ekstraktla muamele edilmeyen kontrol grubuna göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Hibiskus ekstraktının %1 oranında köfte formülasyonuna dahil edildiği başka bir çalışmada da, tüm renk parametrelerinde azalma tespit edilmiştir (Pérez-Báez vd., 2020). Jung ve Joo (2013) köfte örneklerinde hibiskus miktarı (0.1–1.3%) arttıkça,  $L^*$  ve  $b^*$  değerlerinin



azaldığını,  $a^*$  değerinin ise arttığını bildirmişlerdir. Bozkurt ve Belibağlı (2009) hibiskus ilavesinin pişmiş kavurma örneklerinde  $L^*$  değeri üzerinde

etkili olmadığını, ancak  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini azalttığını bildirmiştir.



Şekil 1. Emdirim çözeltileri ve renklendirilmiş tavuk eti küplerinin görünümü  
Figure 1. Appearance of impregnation solutions and colored chicken meat cubes

**Hibiskus ekstraktı emdirilmiş ve kurutulmuş tavuk göğüs eti küplerinin toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri**

Toplam monomerik antosiyanin miktarı üzerine, emdirim çözeltisinin önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Kontrol grubu ve tuz çözeltisi emdirilmiş küplerde toplam monomerik antosiyanin tespit edilememiştir. Hibiskus ekstraktının konsantrasyonu  $1^{\circ}\text{Bx}$ 'den  $4^{\circ}\text{Bx}$ 'e yükseldiğinde, kurutulmuş küplerin toplam monomerik antosiyanin miktarı  $35.37 \text{ mg/kg}$ 'dan  $50.75 \text{ mg/kg}$ 'e yükselmiştir. Bu durum, et küplerinin daha yoğun bir şekilde mor renkli olmasını sağlamıştır. Christian ve Jackson

(2009), *Hibiscus sabdariffa*'nın üç varyetesi ile gerçekleştirdikleri çalışmada toplam monomerik antosiyanin içeriğini  $0.02$  ile  $3.45 \text{ mg/g}$  aralığında bildirmişlerdir. Sindi vd. (2014) ise *Hibiscus sabdariffa* için toplam monomerik antosiyanin miktarını  $0$  ile  $6 \text{ mg/g}$  arasında bildirmiştir. Bu sonuçlara göre, et küplerine emdirilen antosiyaninlerin ( $0.04$ - $0.05 \text{ mg/g}$ ) kurutma sırasında sıcaklık ve oksijenin etkisiyle bir miktar parçalanmış olabileceği değerlendirilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarları üzerine, emdirim çözeltisinin önemli ( $P < 0.01$ ) düzeyde etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Kontrol grubu ve tuz çözeltisi emdirilmiş küplerde toplam

fenolik madde tespit edilememiştir. Hibiskus ekstraktının konsantrasyonu arttıkça, kurutulmuş küplerin toplam fenolik madde miktarı artmıştır. Benzer olarak, %1 oranında hibiskus ekstraktı içeren sığır köftesi örneklerinin toplam fenolik madde miktarı 211.7 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir (Pérez-Báez vd., 2020). Dünya çapında yetiştirilmiş 25 farklı *Hibiskus sabdariffa* türüne ait yaprak örneklerinin toplam fenolik içeriği ortalama 22.92 mg GAE/g olarak

bildirilmiştir (Zhen vd., 2016). Dinçer (2021) hibiskus ekstraktlarının (2°Bx) toplam fenolik madde içeriğini 800 - 840 mg/kg GAE aralığında tespit etmiştir. Gök ve Bor (2016) 14°Bx'lik sebze suyu karışımı ile marine edilen hindi göğüs etinin toplam fenolik madde içeriğini 210.56 mg/kg GAE olarak bildirmişlerdir. Dolayısıyla, vakumlu emdirim tekniği sayesinde et ürünlerinin daha yüksek miktarlarda fenolik madde içerebileceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 5. Vakumlu emdirim uygulanmış ve kurutulmuş tavuk küplerinin toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik ve antioksidan aktivite değerleri

Table 5. Total monomeric anthocyanin, total phenolic and antioxidant activity values of vacuum impregnated and dried chicken cubes

	Toplam monomerik antosiyanin (mg/kg)	Toplam fenolik (mg/kg GAE)	Antioksidan aktivite (mg/kg TE)
	<i>Total monomeric anthocyanin (mg/kg)</i>	<i>Total phenolic (mg/kg GAE)</i>	<i>Antioxidant activity (mg/kg TE)</i>
<b>Emdirim Çözeltisi</b>			
<b>Impregnation Solution</b>			
Kontrol	-	-	-
<i>Control</i>			
Tuz çözeltisi	-	-	-
<i>Salt solution</i>			
1°Bx Hibiskus ekstraktı	35.37 <sup>c</sup> ± 0.40	643.06 <sup>c</sup> ± 42.36	2573.54 <sup>b</sup> ± 103.85
<i>1°Bx Hibiscus extract</i>			
2°Bx Hibiskus ekstraktı	45.54 <sup>b</sup> ± 0.65	845.83 <sup>b</sup> ± 11.81	2769.69 <sup>b</sup> ± 115.39
<i>2°Bx Hibiscus extract</i>			
4°Bx Hibiskus ekstraktı	50.75 <sup>a</sup> ± 2.46	1251.39 <sup>a</sup> ± 31.25	4454.31 <sup>a</sup> ± 323.08
<i>4°Bx Hibiscus extract</i>			
Önem seviyesi	**	**	*
<i>Significance</i>			

GAE: gallik asit eşdeğeri, TE: trolox eşdeğeri

*GAE: Gallic acid equivalent, TE: Trolox equivalent*

<sup>a,b,c</sup> Sütun içindeki farklı harflerle gösterilen ortalama değerler, farklılıkları göstermektedir.

<sup>a,b,c</sup> Means with different letters within the column indicate differences.

NS Önemli bir farklılık bulunmamaktadır ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

NS Not Significant ( $P > 0.05$ ); \*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

Emdirim çözeltisi olarak 1 ve 2°Bx'lik hibiskus ekstraktı kullanıldığında, et küplerinin antioksidan aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ( $P > 0.05$ ). Tavuk eti küplerinde en yüksek ( $P < 0.05$ ) antioksidan aktivite 4°Bx hibiskus ekstraktı emdirildiğinde tespit edilmiştir (Çizelge 5). Hibiskus ekstraktı polifenoller, organik asitler, antosiyaninler ve flavonoidler gibi biyoaktif bileşikler açısından zengindir. Bu biyoaktif

bileşiklerden antosiyaninler ve flavonoidler ise, ekstraktın antioksidan aktivitesinden sorumludur (Pérez-Báez vd., 2020). Unal vd. (2020) karadut, üzüm ve nar suları ile marine edilmiş tavuk göğüs etlerinin antioksidan aktivitelerinin arttığını bildirmişlerdir. Rupasinghe vd. (2022) mango, ananas ve altın elma suları ile marine edilmiş tavuk kanatlarının antioksidan aktivitesini marine edilmemiş örneklerle göre, yaklaşık 2 kat daha yüksek tespit etmişlerdir. Delfinidin-3-sambiosit

ve siyanidin-3-sambiosit'in hibiskusun antioksidan aktivitesinden de sorumlu başlıca iki antosiyanin olduğu bildirilmiştir (Christian vd., 2006). Bununla birlikte, Zhen vd. (2016) tarafından hibiskus örneklerinin antioksidan aktiviteleri, polifenollerin in vitro ve in vivo olarak radikalleri azaltmasıyla ilişkilendirilmiştir. Başka bir çalışmada, Naji vd. (2021) hibiskus ekstraktlı soğuk çayların antioksidan aktivitelerini DPPH yöntemi ile 323-505 mg/L TE aralığında tespit etmişler ve örneklerin farklı miktarlarda hibiskus içermesinin antioksidan aktivite değerlerine yansımadağını bildirilmiştir.

## SONUÇ

Çalışma kapsamında 1, 2 ve 4°Bx olmak üzere farklı konsantrasyonlarda hazırlanan hibiskus sulu ekstraktları tavuk eti küplerinin VE tekniği kullanılarak biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesinde kullanılmıştır. Gıda endüstrisinde bitki çayı, sıcak ve soğuk içecekler, reçel, şekerlemeler, dondurma, çikolata, tatlandırıcılar, puding ve pasta gibi ürünlerin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılan hibiskus ekstraktlarının biyoaktif bileşenlerinin yanı sıra, cezbedici rengi tüketici tercihleri üzerinde en önemli etkenlerden biri olan ürün rengine de önemli katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda çalışmada emdirim çözeltisi olarak kullanılan hibiskus ekstraktının konsantrasyonu arttıkça, küplerin daha yoğun bir mor renge sahip olduğu ve toplam monomerik antosiyanin, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hazırlanan ekstraktların asidik karakterde olduğu (pH=2.28-2.41) dikkate alındığında uygulama süreci ve son üründe mikrobiyal yük ve ürünün yapısal özelliklerindeki etkileri de önem arz etmektedir. Sonuç olarak, hibiskus ekstraktları ile muamele edilen tavuk eti küplerinin kurutulduktan sonra da önemli düzeyde biyoaktif bileşen içermesi, zenginleştirme işleminde vakum emdirim işleminin etkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte özellikle emdirim çözeltisinin konsantrasyonu başta olmak üzere, çalışılan şartlarının optimize edilmesi nihai ürünün kalitesi üzerine önemli düzeyde katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

Akyüz, S., Güneşer, O., Esen, B.N. (2020). Farklı Marinasyon Formülasyonları ile Hazırlanmış Hindi Göğüs Etlerinin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2):190–205.

Anonymous. (2022). Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçıları Birliği Derneği, Kanatlı Eti Sektörü, İstatistikler, Ankara, Turkey. <https://besd-bir.org/tr/statistikler> Erişim Tarihi: 09.03.2022

Anonymous. (2019). Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (2018/52). Tarım ve Orman Bakanlığı, 29 Ocak 2019 tarih ve 30670 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 17<sup>th</sup> edition. AOAC, Washington DC.

Aykın Dinçer, E. (2020). Soğuk kurutulmuş tavuk eti dilimlerinin bazı kalite özellikleri. *GIDA*, 45(2):262–274.

Aykın-Dinçer, E., Erbaş, M. (2018). Etin tuzlanması işleminde vakumlu emdirim tekniğinin kullanılması. *GIDA*, 43(1):139–150.

Aykın-Dinçer, E. (2021). Application of ultrasound-assisted vacuum impregnation for improving the diffusion of salt in beef cubes. *Meat Science*, 176:108469.

Aykın-Dinçer, E., Güngör, K.K., Çağlar, E., Erbaş, M. (2021). The use of beetroot extract and extract powder in sausages as natural food colorant. *International Journal of Food Engineering*, 17(1):75–82.

Bampi, M., Domschke, N.N., Schmidt, F.C., Laurindo, J.B. (2016). Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. *LWT - Food Science and Technology*, 74:26–33.

Bozkurt, H., Belibağlı, K.B. (2009). Use of rosemary and *Hibiscus sabdariffa* in production of kavurma, a cooked meat product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(7):1168–1173.

- Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M.E., Rodríguez, J.A., Galán-Vidal, C.A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4):859–871.
- Choi, Y.S., Han, D.J., Choi, J.H., Hwang, K.E., Song, D.H., Kim, H.W., Kim, Y.B., Kim, C.J. (2016). Effect of chicken skin on the quality characteristics of semi-dried restructured jerky. *Poultry Science*, 95(5):1198–1204.
- Chumsri, P., Sirichote, A., Itharat, A. (2008). Studies on the optimum conditions for the extraction and concentration of roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.) extract. *Songklanakarın Journal of Science & Technology*, 30:133–139.
- Christian, K.R., Jackson, J.C. (2009). Changes in total phenolic and monomeric anthocyanin composition and antioxidant activity of three varieties of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*) during maturity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(7-8):663–667.
- Christian, K., Nair, M., Jackson, J. (2006). Antioxidant and cyclooxygenase inhibitory activity of Sorrel (*Hibiscus sabdariffa*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:778–783.
- de Medeiros, R.A.B., da Silva Júnior, E.V., da Silva, J.H.F., Neto, O.D.C.F., Brandão, S.C.R., Barros, Z.M.P., da Rocha O.R.S., Azoubel, P.M. (2019). Effect of different grape residues polyphenols impregnation techniques in mango. *Journal of Food Engineering*, 262:1–8.
- Demir, H., Çelik, S., Sezer, Y.Ç. (2021). Effect of ultrasonication and vacuum impregnation pretreatments on the quality of beef marinated in onion juice a natural meat tenderizer. *Food Science and Technology International*, in press. DOI: 10.1177/10820132211012919
- Deumier, F., Bohuon, P., Trystram, G., Saber, N., Collignan, A. (2003). Pulsed vacuum brining of poultry meat: experimental study on the impact of vacuum cycles on mass transfer. *Journal of Food Engineering*, 58:75–83.
- Dinçer, C. (2021). Termal ve ultras ses proseslerinin adaçayı ve hibiskus ekstraktlarının bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1):33–39.
- Dinçer, C., Tongur, T., ErKaymaz, T. (2020). Farklı ekstraksiyon yöntemlerinin hibiskus ekstraktlarının kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırılması. *Gıda*, 45(3):409–420.
- Dinçer, C. (2022). Modeling of hibiscus anthocyanins transport to apple tissue during ultrasound-assisted vacuum impregnation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(6): e15886.
- Erge, A., Cin, K., Şeker, E. (2018). Erik ve elma suyunun tavuk eti marinasyonunda kullanılması. *GIDA*, 43(6):1040–1052.
- Ergezer, H., Gökçe, R. (2004). Kanatlı etlerinin marinasyon tekniği ile işlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(2):227–233.
- Fernández-León, M.F., Fernández-León, A.M., Lozano, M., Ayuso, M.C., Amodio, M.L., Colelli, G., González-Gómez, D. (2013). Retention of quality and functional values of broccoli 'Parthenon' stored in modified atmosphere packaging. *Food Control*, 31(2):302–313.
- Gök, V., Bor, Y. (2016). Effect of marination with fruit and vegetable juice on the some quality characteristics of turkey breast meat. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18:481–488.
- Guiamba, I., Ahrné, L., Khan, M.A.M., Svanberg, U. (2016). Retention of  $\beta$ -carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid. *Food and Bioproducts Processing*, 98:320–326.
- Hii, C.L., Itam, C.E., Ong, S.P. (2014). Convective air drying of raw and cooked chicken meats. *Drying Technology*, 32(11):1304–1309.
- Huang, T.C., Nip, W.K. (2001). Intermediate-moisture meat and dehydrated meat. In: *Meat Science and Applications*, Hui, Y.H. (chief ed.), Marcel Dekker Inc., New York, the USA, pp. 403–442.
- Jiang, N., Xu, B., Zhao, L., Huang, M., Zhou, G. (2016). Effects of high-temperature–short time (HTST) drying process on proteolysis, lipid oxidation and sensory attributes of Chinese dry-

- cured chicken. *CyTA—Journal of Food*, 14(3):440–448.
- Jung, E., Joo, N. (2013). Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) and soybean oil effects on quality characteristics of pork patties studied by response surface methodology. *Meat Science*, 94(3):391–401.
- Karabacak, S., Bozkurt, H. (2008). Effects of *Urtica dioica* and *Hibiscus sabdariffa* on the quality and safety of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). *Meat Science*, 78(3):288–296.
- Kavuşan, H.S., Kerimoğlu, B.Ö., Sharefiabadi, E., Serdaroğlu, M. (2021). Tavuk eti marinasyonunda ardiç (*Juniperus communis* L.) ekstraktı kullanımının etkilerinin araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(3):390–405.
- Lima, M.M., Tribuzi, G., Souza, J.A.R. de, Souza, I.G., Laurindo, J.B., Carciofi, B.A.M. (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks. *LWT - Food Science and Technology*, 72:501–509.
- Liu, S., Xu, Q., Li, X., Wang, Y., Zhu, J., Ning, C., Chang, X., Meng, X. (2016). Effects of high hydrostatic pressure on physicochemical properties, enzymes activity, and antioxidant capacities of anthocyanins extracts of wild *Lonicera caerulea* berry. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36:48–58.
- Luo, W., Tappi, S., Patrignani, F., Romani, S., Lanciotti, R., Rocculi, P. (2019). Essential rosemary oil enrichment of minimally processed potatoes by vacuum-impregnation. *Journal of Food Science and Technology*, 56(10):4404–4416.
- Malelak, G.E.M., Lalel, H.J.D., Kale, P.R., Jelantik, I.G.N. (2017). The Sensory Properties, Color, Microbial, Lipid Oxidation, and Residual Nitrite of Se'i Marinated with Lime and Roselle Calyces Extracts. *Media Peternakan*, 40(3):194–201.
- Márquez-Rodríguez, A.S., Nevárez-Baca, S., Lerma-Hernández, J.C., Hernández-Ochoa, L. R., Nevárez-Moorillon, G.V., Gutiérrez-Méndez, N., Muñoz-Castellanos, L.N., Salas, E. (2020). In vitro antibacterial activity of *Hibiscus sabdariffa* L. phenolic extract and its in situ application on shelf-life of beef meat. *Foods*, 9(8), 1080.
- Mazaheri Kalahrodi, M., Baghaei, H., Emadzadeh, B., Bolandi, M. (2021). The combined effect of asparagus juice and balsamic vinegar on the tenderness, physicochemical and structural attributes of beefsteak. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8):3143–3153.
- Modi, V.K., Sachindra, N.M., Nagegowda, P., Mahendrakar, N.S., Narasimha Rao, D. (2007). Quality changes during the storage of dehydrated chicken kebab mix. *International Journal of Food Science & Technology*, 42(7):827–835.
- Moreno, J., Echeverria, J., Silva, A., Escudero, A., Petzold, G., Mella, K., Escudero, C. (2017). Apple snack enriched with L-arginine using vacuum impregnation/ohmic heating technology. *Food Science and Technology International*, 23(5):448–456.
- Naji, A., Berktaş, S., Çam, M. (2021). Hibiskus (*Hibiscus sabdariffa* L.) Ekstraktı Tozu ile Soğuk Çay Üretimi: Antioksidan Aktivite ve Duyusal Özellikler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31):831–836.
- Nuraeni, E., Arief, I., Soenarno, M.S. (2014). Characteristics of probiotic koumiss from goat milk with addition of Roselle extract (*Hibiscus sabdariffa* Linn). *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 39(2): 117–125.
- Pérez-Báez, A.J., Camou, J.P., Valenzuela-Melendres, M., González-Aguilar, G., Viuda-Martos, M., Sebranek, J.G., Tortoledo-Ortiz, O. (2020). Effects and interactions of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.), potato peel flour, and beef fat on quality characteristics of beef patties studied by response surface methodology. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(9): e14659.
- Ramírez, N., Vega-Castro, O., Simpson, R., Ramirez, C., Nuñez, H. (2021). Effect of pulsed vacuum and laser microperforations on the potential acceleration of chicken meat marination. *Journal of Food Process Engineering*, 44(3):e13627.
- Ramirez-Rodrigues, M. M., Plaza, M. L., Azeredo, A., Balaban, M. O., Marshall, M. R. (2011). Physicochemical and phytochemical properties of cold and hot water extraction from *Hibiscus sabdariffa*. *Journal of Food Science*, 76(3):C428-C435.

- Rascón, M.P., Huerta-Vera, K., Pascual-Pineda, L.A., Contreras-Oliva, A., Flores-Andrade, E., Castillo-Morales, M., Bonilla, E., González-Morales, I. (2018). Osmotic dehydration assisted impregnation of *Lactobacillus rhamnosus* in banana and effect of water activity on the storage stability of probiotic in the freeze-dried product. *LWT – Food Science and Technology*, 92:490–496.
- Rupasinghe, R.A., Alahakoon, A.U., Alakolanga, A.W., Jayasena, D.D., Jo, C. (2022). Oxidative Stability of Vacuum-Packed Chicken Wings Marinated with Fruit Juices during Frozen Storage. *Food Science of Animal Resources*, 42(1):61–72.
- Serio, A., Chaves-López, C., Rossi, C., Pittia, P., Rosa, M.D., Paparella, A. (2017). Salting by vacuum brine impregnation in nitrite-free lonza: effect on Enterobacteriaceae. *Italian Journal of Food Safety*, 6:23–27.
- Shiekh, K.A., Benjakul, S., Gulzar, S. (2021). Impact of pulsed electric field and vacuum impregnation with Chamuang leaf extract on quality changes in Pacific white shrimp packaged under modified atmosphere. *LWT- Food Science and Technology*, 149: 111899.
- Sindi, H.A., Marshall, L.J., Morgan, M.R. (2014). Comparative chemical and biochemical analysis of extracts of *Hibiscus sabdariffa*. *Food Chemistry*, 164:23–29.
- Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A.R., Simonič, M., Knez, Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2):191–198.
- Unal, K., Alp, H., Babaoglu, A.S., Karakaya, M. (2020). Different properties of chicken and turkey breast fillets marinated with fruit juices. *Fleischwirtschaft*, 100(2):88–93.
- Wang, W.D., Xu, S.Y. (2007). Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *Journal of Food Engineering*, 82(3):271–275.
- Yıldırım, G. (2020). Kışniş ve sarımsak oleoresini ile marine edilmiş tavuk göğüs etlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tokat, Türkiye, 61 s.
- Yılmaz, F.M., Ersus Bilek, S. (2018). Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48:509–516.
- Zhao, X., Chen, L., Wongmaneepratip, W., He, Y., Zhao, L., Yang, H. (2021). Effect of vacuum impregnated fish gelatin and grape seed extract on moisture state, microbiota composition, and quality of chilled seabass fillets. *Food Chemistry*, 354:129581.
- Zhen, J., Villani, T.S., Guo, Y., Qi, Y., Chin, K., Pan, M.H., Ho, C.T., Simon, J.E., Wu, Q. (2016). Phytochemistry, antioxidant capacity, total phenolic content and anti-inflammatory activity of *Hibiscus sabdariffa* leaves. *Food Chemistry*, 190:673–680.