

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI KIZARTMA SICAKLIKLARINDA DERİN YAĞDA  
KIZARTMA SIRASINDA TAVUK NUGGETLARININ KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İPEK DEMİREL DEMİRAY**

**DENİZLİ, EYLÜL - 2023**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI KIZARTMA SICAKLIKLARINDA DERİN YAĞDA  
KIZARTMA SIRASINDA TAVUK NUGGETLARININ KALİTE  
DEĞİŞİMLERİNİN MODELLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İPEK DEMİREL DEMİRAY**

**DENİZLİ, EYLÜL - 2023**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**İPEK DEMİREL DEMİRAY**

## ÖZET

**FARKLI KIZARTMA SICAKLIKLARINDA DERİN YAĞDA KIZARTMA  
SIRASINDA TAVUK NUGGETLARININ KALİTE DEĞİŞİMLERİNİN  
MODELLENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İPEK DEMİREL DEMİRAY  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. HALUK ERGEZER)**

**DENİZLİ, EYLÜL - 2023**

Bu çalışmada, derin yağda üç farklı sıcaklıkta (160°C, 170°C ve 180°C) 180 saniye boyunca tavuk nugget örneklerinin kızartma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tavuk nugget örneklerinin kütle transfer parametreleri hesaplanmıştır. Etkin nem difüzyon katsayısının yağ sıcaklığının artmasıyla arttığı görülmüştür. Etkin nem difüzyon katsayı değerleri sırasıyla  $2.74 \times 10^{-8}$ ,  $8.22 \times 10^{-8}$  ve  $13.69 \times 10^{-8}$  m/s olarak hesaplanmıştır. Ayrıca etkin nem difüzyon katsayısı ve yağ sıcaklığı arasında Arrhenius tipi bir ilişki belirlenmiş ve buradan aktivasyon enerjisi 128.81 kJ/mol bulunmuştur. Çalışmada, yağ emiliminin transfer katsayısı değerleri de belirlenmiştir. Örneklerin yağ emiliminin transfer katsayısı değerleri de sırasıyla 0.0082, 0.0091 ve 0.0094 s<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Kızartma sıcaklığı arttıkça yağ emiliminin transfer katsayısı artarken, denge yağ içeriği değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Denge yağ içeriği değerlerine sıcaklığın etkisi yine Arrhenius tipi eşitlikle belirlenmiş ve aktivasyon enerjisi -35.63 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Kızartma sürecinde bazı kalite parametreleri, besin içeriklerindeki değişimin belirlenmesi için çeşitli analizler yapılmıştır (pH, renk, yağ kazanımı ve tekstür parametreleri). İncelenen kalite parametrelerinden pH değerlerinin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 160, 170 ve 180°C'de yapılan kızartma işlemleri sonunda örneklerin pH değerleri sırasıyla  $6.12 \pm 0.00$ ,  $6.08 \pm 0.01$  ve  $5.99 \pm 0.00$  olarak ölçülmüştür. Kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerin L\* değerlerinde bir azalma meydana geldiği belirlenirken a\* değerlerinde net bir azalma veya artma tespit edilememiştir. Bunun yanında b\* değerlerinde 160°C'de yapılan kızartma işlemi sonucunda bir artış belirlenirken 170°C ve 180°C'deki kızartma işlemleri sonunda bir azalma meydana geldiği saptanmıştır. Kızartma sıcaklığı arttıkça örneklerin sertlik, elastikiyet ve çignenebilirlik değerlerinde bir artış meydana geldiği, iç yapışkanlık değerlerinde ise istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Tavuk nugget, kızartma, etkin difüzyon, yağ emilim, renk, tekstür

## ABSTRACT

### MODELING THE QUALITY CHANGES OF CHICKEN NUGGETS DURING DEEP FAT FRYING AT DIFFERENT FRYING TEMPERATURES

MSC THESIS

IPEK DEMIREL DEMIRAY

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
FOOD ENGINEERING  
(SUPERVISOR:ASSOC. PROF. DR. HALUK ERGEZER)

DENİZLİ, SEPTEMBER 2023

In this study, frying of chicken nugget samples was carried out in deep fat at three different temperatures (160°C, 170°C and 180°C) for 180 seconds. Mass transfer parameters of chicken nugget samples were calculated. It was observed that the effective moisture diffusion coefficient increased with increasing oil temperature. The effective moisture diffusion coefficient values were calculated as  $2.74 \times 10^{-8}$ ,  $8.22 \times 10^{-8}$  and  $13.69 \times 10^{-8}$  m/s, respectively. In addition, an Arrhenius-type relationship between the effective moisture diffusion coefficient and oil temperature was determined and the activation energy was found to be 128.81 kJ/mol. In the study, the transfer coefficient values of oil absorption were also determined. The transfer coefficient values of oil absorption of the samples were calculated as 0.0082, 0.0091 and 0.0094 s<sup>-1</sup>, respectively. As the frying temperature increased, the transfer coefficient of oil absorption increased while the equilibrium oil content values decreased. The effect of temperature on the equilibrium oil content values was again determined by Arrhenius type equation and the activation energy was calculated as -35.63 kJ/mol. Various analyses were performed to determine the changes in some quality parameters and nutrient contents during the frying process (pH, color, oil uptake and texture parameters). Among the quality parameters analyzed, pH values were found to be statistically different from each other. At the end of frying at 160, 170 and 180°C, the pH values of the samples were measured as 6.12±0.00, 6.08±0.01 and 5.99±0.00, respectively. While a decrease in L\* values of the samples was determined with the increase in frying temperature, no clear decrease or increase in a\* values was detected. In addition, an increase in b\* values was determined as a result of the frying process at 160°C, while a decrease was determined at the end of the frying processes at 170°C and 180°C. It was determined that there was an increase in the hardness, springiness and chewiness values of the samples as the frying temperature increased, while there was no statistically significant change in the cohesiveness values.

**KEYWORDS:** Chicken nuggets, frying, effective diffusion, oil uptake, color, texture

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vi
SEMBOL LİSTESİ .....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>3</b>
2.1    Tavuk Nugget .....	3
2.2    Kızartma .....	5
2.2.1    Derin Yağda Kızartma .....	5
2.3    Kızartma Sırasında Meydana Gelen Isı ve Kütle Transferi.....	6
2.4    Kızartma Sırasında Meydana Gelen Değişimler .....	7
2.5    Kızartma ile İlgili Yapılmış Çalışmalar .....	8
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>12</b>
3.1    Materyal.....	12
3.2    Yöntem .....	12
3.2.1    Nuggetların Hazırlanması .....	12
3.2.2    Nuggetlarda Yapılan Analizler .....	13
3.2.2.1    Nem Tayini.....	13
3.2.2.2    Yağ Tayini.....	14
3.2.2.3    pH Tayini .....	14
3.2.2.4    Renk Tayini .....	14
3.2.2.5    Kaplama Tutunma Yüzdesi.....	15
3.2.2.6    Tekstür Profil Analizi.....	15
3.2.2.7    Kızartma Sırasında Meydana Gelen Kütle Transferinin Modellenmesi .....	16
3.2.2.8    İstatistiksel Analizler.....	17
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>18</b>
4.1    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Nem İçeriğindeki Değişim.....	18
4.2    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Yağ Kazanım Değerleri .....	20
4.3    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın pH Değişimi.....	21
4.4    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Renk Değerlerindeki Değişim .....	22
4.4.1    L* Değerindeki Değişim.....	23
4.4.2    a* Değerindeki Değişim .....	24
4.4.3    b* Değerindeki Değişim .....	26
4.4.4    Kroma (C) Değerindeki Değişim.....	27
4.4.5    Hue Açısı (H°) Değerindeki Değişim.....	29
4.4.6    Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E$ ) .....	30
4.5    Tavuk Nuggetta Kaplama Tutunma Yüzdesi .....	32
4.6    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Tekstürel Özelliklerindeki Değişim 32	
4.7    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Etkin Difüzyon Katsayısı.....	39
4.8    Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Yağ Kazanım Kinetiği .....	41

<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>46</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1:</b> Kızartma işlemi uygulanmış ürüne dair bir kesit.....	6
<b>Şekil 4.1:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait nem içeriği değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .	20
<b>Şekil 4.2:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait yağ kazanım değerlerinin kızartma süresi ile değişimi	22
<b>Şekil 4.3:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait L* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	25
<b>Şekil 4.4:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait a* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	26
<b>Şekil 4.5:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait b* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	28
<b>Şekil 4.6:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait kroma değerlerinin kızartma süresi ile değişimi.....	29
<b>Şekil 4.7:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait hue açısı değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	31
<b>Şekil 4.8:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait $\Delta E$ değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	32
<b>Şekil 4.9:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait sertlik değerlerinin kızartma süresi ile değişimi .....	35
<b>Şekil 4.10:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait elastikiyet değerlerinin kızartma süresi ile değişimi ..	36
<b>Şekil 4.11:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait iç yapışkanlık değerlerinin kızartma süresi ile değişimi	38
<b>Şekil 4.12:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait çignenebilirlik değerlerinin kızartma süresi ile değişimi	39
<b>Şekil 4.13:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait difüzyon katsayılarının sıcaklıkla ilişkisi .....	42
<b>Şekil 4.14:</b> Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait eşdeğer yağ içeriği değerlerinin sıcaklıkla ilişkisi.....	44



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.1:</b> Tavuk etinin besleyici değeri .....	4
<b>Tablo 3.1:</b> Çalışmada uygulanacak olan nugget formülasyonu.....	12
<b>Tablo 4.1:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin nem içeriği (kg su/kg kuru madde) değerleri .....	19
<b>Tablo 4.2:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ kazanım (g yağ/100 g kuru madde) değerleri .....	21
<b>Tablo 4.3:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin pH değerleri .....	23
<b>Tablo 4.4:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin L* değerleri .....	24
<b>Tablo 4.5:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin a* değerleri .....	26
<b>Tablo 4.6:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin b* değerleri .....	27
<b>Tablo 4.7:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin kroma değerleri .....	29
<b>Tablo 4.8:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin hue açısı değerleri .....	30
<b>Tablo 4.9:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin $\Delta E$ değerleri .....	32
<b>Tablo 4.10:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin sertlik değerleri (N) .....	34
<b>Tablo 4.11:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin elastikiyet değerleri (mm) .....	36
<b>Tablo 4.12:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin iç yapışkanlık değerleri .....	37
<b>Tablo 4.13:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri (mJ) .....	39
<b>Tablo 4.14:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin etkin difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ) ve $R^2$ değerleri .....	41
<b>Tablo 4.15:</b> Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ emiliminin transfer katsayısı (k), $R^2$ ve denge yağ içeriği değerleri ( $O_{eq}$ ).....	43

## SEMBOL LİSTESİ

<b>a*</b>	:	Yeşillik – kırmızlık göstergesi
<b>b*</b>	:	Mavilik – sarılık göstergesi
<b>C</b>	:	Kroma – Renk doygunluğu
<b>D<sub>eff</sub></b>	:	Etkin difüzyon katsayısı
<b>E<sub>a</sub></b>	:	Aktivasyon enerjisi
<b>FC</b>	:	Anlık yağ içeriği
<b>H°</b>	:	Hue açısı – Renk yoğunluğu açısı
<b>k</b>	:	Yağ emiliminin transfer katsayısı
<b>KM</b>	:	Örneğin kuru madde miktarı
<b>L</b>	:	Örneğin yarı kalınlığı
<b>L*</b>	:	Beyazlık – siyahlık göstergesi
<b>M<sub>0</sub></b>	:	Başlangıçtaki nem içeriği
<b>M<sub>e</sub></b>	:	Denge anındaki nem içeriği
<b>Mr</b>	:	Nem oranı
<b>M<sub>t</sub></b>	:	Herhangi bir t anındaki nem içeriği
<b>O<sub>eq</sub></b>	:	Denge yağ içeriği
<b>R</b>	:	İdeal gaz sabiti
<b>R<sup>2</sup></b>	:	Determinasyon katsayısı
<b>SPSS</b>	:	Sosyal bilimler için istatistiksel paket
<b>t</b>	:	Kızartma süresi
<b>T</b>	:	Mutlak sıcaklık
<b>TPA</b>	:	Tekstür profil analizi
<b>ΔE</b>	:	Toplam renk değişimi

## ÖNSÖZ

Bu araştırmada farklı kızartma sıcaklıklarının tavuk nuggetın kızartma karakteristiklerine ve bazı kalite faktörlerine etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, tavuk nuggetın en uygun kızartma koşullarının belirlenmesi ve kızartılarak tüketilen diğer gıdalar için de uygun şekilde kızartma koşullarının belirlenmesinde fikir verebilmesi bakımından önemlidir. Ayrıca, ortaya konulan sonuçlarla, konu ile ilgili ileride yapılabilecek benzer bilimsel araştırmalara katkı sağlanabileceği düşünölmektedir. Bu çalışma sonuçlarının gıda bilimi ve sanayisine faydalı olması umulmaktadır.

Araştırmanın gerçekteşmesinde beni yönlendiren, bilgi ve tecrübesi ile bana destek veren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Haluk ERGEZER'e, tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Sevda KARADAĞ, Burak MANTARCI ve Gıda Yüksek Mühendisi Orhan ÖZÜNLÜ'ye, her zaman olduğu gibi tez çalışmam sırasında da hem manevi desteğini esirgemeyen hem de görüş ve bilgilerinden istifade ettiğim eşim Doç. Dr. Engin DEMİRAY'a ve hayattaki en büyük şansım, canım kızım Zeynep Eda DEMİRAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

# 1. GİRİŞ

Dünyada tüketicilerin gelirlerinde artışla beraber sağlıklı ve dengeli beslenme bilinci de oluşmaktadır. Tavuk etinin kırmızı ete göre yağ miktarının az olmasının yanında, proteinin değerli, vitamin ve mineraller açısından zengin olması, fiyatlarının da çok daha ekonomik olması gibi nedenlerden dolayı tavuk eti tüketimi gün geçtikçe artmaktadır (Hekimoğlu ve Altindeğer 2009). Kanatlı etinin tüketim hızına yetişebilmenin yollarından biri de, nugget gibi katma değerli ürünlerin geliştirilmesiyle sağlanır. Bu tür ürünlerin kalitesinde iyileştirme çalışmaları, tavuk ürünlerinin pazarlanabilirliğini genişletmektedir.

Kanatlı etlerine ait but, göğüs, kanat gibi kısımlar veya bu kısımlar kullanılarak yapılan köftelerin farklı kaplama maddeleriyle kaplanması ve kaplanan köftelerin derin yağda kızartılmasıyla şnitzel, nugget, pane gibi ürünler elde edilebilmektedir. Kaplama ifadesi, sıvı karışımlarda su, un, yumurta, nişasta ve baharat gibi bileşenlerden oluşur. Kuru karışımlar ise sıvı karışımlara ilave olarak, un, nişasta ve galeta unu gibi bileşenleri içerenler olarak ifade edilebilmektedir (Kaymak Ertekin 2005).

Gıdaların, yağa daldırılarak 165-190°C arasındaki sıcaklıklarda pişirme işlemine derin yağda kızartma işlemi denir. Bu işlemde, kızartılan gıda ile yağ arasında kompleks etkileşimler meydana gelir. Bu etkileşimler neticesinde, üründe hem ısı hem de kütle transferi gerçekleşmektedir. Meydana gelen bu ısı ve kütle transferi, nişasta içeren gıdalarda, su ve suda çözünür maddeler gıdadan uzaklaşması, bunların yerine yağın gıda içerisine geçişi olarak ifade edilebilir (Ziaifar ve diğ. 2008). Derin yağda kızartma işlemi, ürünün kabuk kısmının gevrek olmasını, iç kısmının ise biraz sulu ve yumuşak kalmasını sağladığı için en çok tercih edilen popüler bir pişirme yöntemi olarak kabul edilmektedir (Mellema 2003).

Kızartma sırasında, başlangıçta suyun buharlaşması oldukça hızlıdır. Bu süreç kalın kabuğun oluşmasıyla engellenir; sonuç olarak fazla buharın birikmesi nedeniyle ürünün içinde basınç oluşmaya başlar ve kabukta çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Bu çatlaklar ürüne yağ girişi için kanal görevi görmektedir. Yapılan bir

çalışmada, buharlaşma nedeniyle kızartma süresinin artmasıyla nem içeriğinde bir azalma gözlemlenmiştir. Kızartma işleminin ilerleyen zamanlarında, ürün yapısında bulunan nem ürün merkezinden ürün yüzeyine doğru ilerler. Nemin bu hareketi neticesinde, üründe ıslak ve kuru bölgeler oluşur. Sonuç olarak üründeki nem buhar formunda üründen uzaklaşır (Lalam ve diğ. 2013).

Kızartma proseslerinin tasarımı matematiksel modellerin kullanımı ile mümkündür. Yıldız ve diğ. (2007) matematiksel bir model kullanarak kızartma sürecinin güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, araştırmacılar bir modelin başarılı kabul edilebilmesi için kızartma durumunda kütle transfer katsayısı ve nem difüzyon hızı gibi değişkenlerinin doğruluğuna bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Isı ve kütle transferi olayları kızartma sırasında birbirleriyle ilişkili olaylardır. Bu yüzden her iki olayında kızartma işlemi sırasında dikkate alınması gerekmektedir.

Uygun bir kızartma işlemi için, kızartma işlemine etkili olabilecek durumların kızartılacak ürünün özelliklerine bağlı olarak kontrol altına alınabilmelidir. Kızartılacak ürünün geometrik şekli, boyutları, fiziksel ve kimyasal yapısı gibi özellikler kızartma işlemi üzerine etkilidir. Bu tez çalışması ile tavuk eti kullanılarak üretilen nuggetların, atmosferik kızartma yöntemiyle farklı sıcaklıklarda kızartılması sırasında bazı fizikokimyasal (pH, nem ve renk) ve enstrümental tekstür özelliklerinden sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri belirlenmiştir. Ayrıca incelenen kalite özelliklerinin kızartma sürecine ait değişimleri belirlenmiş ve etkin difüzyon katsayısı, yağ emiliminin transfer katsayısı, aktivasyon enerjisi gibi kinetik parametreler de hesaplanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1 Tavuk Nugget

İnsanların, sağlıklı ve dengeli beslenmenin yanında bedensel ve zihinsel gelişimi açısından da hayvansal proteine ihtiyacı vardır. Tavuk eti de insanların bu ihtiyacını karşılayabilmesi açısından uygun bir gıdadır. Besleyicilik değeri yüksek, duyuşsal özellikleri bakımından geniş bir kitleye hitap etmesi ve fiyatının uygun olmasından dolayı, et tüketiminin yaklaşık %30'unu kanatlı hayvanlarının etleri olduğu ifade edilmiştir (Cao ve diğ. 2022). İnsanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmesi için diğer besin bileşenlerinin yanında proteinlere de ihtiyacı vardır. Tavuk etinde, insan beslenmesinde önemli olan proteinlere ait tüm aminoasitleri yeterli ve dengeli miktarda bulunmaktadır. Tavuk eti protein dışında içerdii bazı mineraller yönünden de sağlıklı ve dengeli beslenme için uygun bir gıdadır. Yüksek tansiyon hastaları için sodyum tehlikeli bir mineraldir. Tavuk eti, içerdii düşük sodyum değeri ile de bu hastaların diyetlerine son derece uygun bir gıdadır. Tavuk eti liflerinin kısa olması bu gıdanın sindirimini de kolaylaştırmaktadır. Sindirim sorunu yaşayan insanların tavuk eti tüketerek hem protein ihtiyacını karşılayabileceğini hem de sindirim açısından bir sıkıntı yaşamayacağı aşikârdır. Doymuş yağ içeriği hayvansal kaynaklı gıdalarda yüksektir. Bu bakımdan tavuk eti yine ön plana çıkmaktadır. Çünkü derisi ayrılmış tavuk göğüs eti doymuş yağ içeriği kırmızı etlerle kıyaslandığında değerin çok düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sağlıklı bir yaşam için elzem olan doymamış yağ içeriği bakımından da yine tavuk eti oldukça zengindir (Dokuzlu ve diğ. 2013). Tavuk etinin besleyici değeri Tablo 1'de verilmiştir.

Tavuk eti, insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Besin değerinin yükselmesi, sindiriminin nispeten diğer hayvansal kaynaklı gıdalara göre kolay olması ve ekonomik olması önemli özellikleri olarak sayılabilir. Tavuk etinin sadece bir yolla tüketilmesi sayılan özelliklerinden yararlanma açısından yeterli olmayabilir. Bu sebeple, insanların tavuk etinden daha fazla yararlanabilmesi için tüketiminde farklı yolların bulunmasına yol açmıştır. Bu da tavuk etinden üretilen ürün çeşitliliğinin artırılması, tüketicilerin talepleri doğrultusunda yeni ürünler oluşturulması ve daha

geniş bir tüketici kitlesine ulaşmaya çalışmakla sağlanabilir. Hazır yemek sektörüne olan talebin artması; farklı yemek çeşitlerinin tüketilmek istenmesi gibi sebeplerle, kaplanmış kanatlı et ürünleri popüler hale gelmiştir. Nugget, genellikle tavuk etinden üretilen ve günümüzde tüm dünyada en fazla tüketimi olan hazır gıda ürünlerinden biridir. İlk defa 1970’lerde hazır yemek sektöründe tanıtılan nugget, tavuk etinin parçalanıp panelendikten sonra kızartılması ile piyasaya sürülmüştür. Farklı kaplama formülasyonları uygulanmış ve farklı şekiller verilerek hazırlanmış nuggetlar günümüzde yaygın kullanım alanı görmektedir (Barbut 2012).

**Tablo 1.1:** Tavuk etinin bileşimi (100 g tüketilebilir kısmında) (BESD-BİR 2014).

	<b>Tüm Tavuk Eti</b>	<b>Tavuk Göğüs Eti</b>
Su (g)	70.3	75.4
Enerji (kcal)	167	112
Protein (g)	20.0	21.8
Yağ (g)	9.7	2.8
Kolesterol (mg)	110	69
Kalsiyum (mg)	13	14
Potasyum (mg)	248	320
Magnezyum (mg)	22	23
Sodyum (mg)	64	81
Fosfor (mg)	147	173
A vitamini (mg)	9	16
Niasin (mg)	10.4	14
B vitamini (mg)	1	1.2

Nuggetlar, genellikle su, yumurta, un, nişasta ve baharatlardan oluşan sıvı karışımlardan sonra un, nişasta, galeta unu ve baharatlarla hazırlanan kuru karışım ile kaplanmaktadır. Her iki kaplama türü pişirme öncesi uygulanıp, kuru karışımdan önce sıvı karışım uygulamasıyla kaplanacak gıdaya kuru karışımın yapışma etkisi arttırılmaktadır (Kaymak Ertekin 2005; Davarcıoğlu ve Soncu 2021).

Kaplama materyalinin viskozitesi, adhezyon özelliklikleri (kaplamanın ürüne tutundurulması) ve kızartma sırasında yağ absorpsiyonunun azaltılması gibi faktörler kaplanmış ürünlerde kaplama bileşimiyle direkt olarak ilişkilidir. Ayrıca pişirme

yöntemi, sıcaklığı ve süresi gibi durumlarda kaplama bileşimine bağlıdır (Ergezer ve diğ. 2008).

## 2.2 Kızartma

Gıdaların, 150 – 200°C sıcaklıklardaki insan beslenmesi açısından uygun olan yağlar içerisine daldırılarak pişirilmesiyle gıdada istenilen renk, tekstür ve lezzetin oluşmasını, kısa sürede pişmesini sağlayan bir işlemdir. Kızartma, hem evsel hem de endüstriyel ölçekte kullanılan bir temel işlemdir (Dobarganes ve diğ. 2000, Adedeji ve diğ. 2009). Kızartma işlemiyle gıdanın kısa sürede pişmesinin yanında yüksek sıcaklığın etkisiyle hem mikrobiyolojik hem de enzimatik reaksiyonlarında oluşumu engellenebilmektedir (Fellows 2009).

Kızartma derin yağda ve sığ (temaslı) yağda kızartma olarak ikiye ayrılır. Derin yağda kızartma işlemi tek düze olarak gerçekleşmektedir. Çünkü kızartılacak gıda kızgın yağ içerisine daldırıldığında gıdanın tüm yüzeyi yağ ile sarılır ve gıdanın her noktasında eşit miktarda ısı transferi gerçekleşir. Sığ yağda kızartma işleminde ise derin yağda kızartma işlemindeki gibi tek düze ve homojen bir kızartma gerçekleşmez. Çünkü kızartılacak gıda ile yağ tek bir yüzeyden temas etmektedir (Yılmaz 2009).

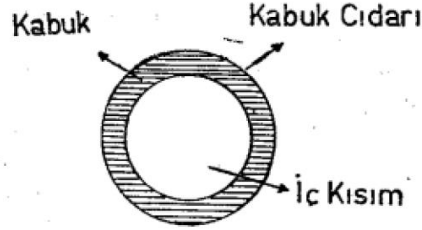
### 2.2.1 Derin Yağda Kızartma

Hem evsel hem de endüstriyel ölçekte yapılan bir kızartma işlemi olan derin yağda kızartma işlemi, 165 – 190°C gibi yüksek sıcaklıklardaki yağa gıdanın daldırılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Bu işlemde, gıda ile yağ arasında tam bir temas sağlandığı için eş zamanlı ısı kütle transferi meydana gelmektedir. Nişasta içeren gıdaların kızartılmasında, su ve suda çözünür maddeler gıdadan uzaklaşırken, kızartma yağı da gıda içerisine nüfuz etmektedir (Ziaifar ve diğ. 2008).

Kızartılmış olan ürünün üç bölümden oluştuğu bildirilmiştir. Şekil 1.1’de kızartılmış bir üründen alınan kesit ve bu kesite dair kısımları göstermektedir. Bu kısımlar; kızarmış kabuk (gevrekliği sağlayan az miktarda (<%3) su içeren), kabuk cidarı (kabuk yüzeyinde olan renk değişimleri ve maillard reaksiyonunun gerçekleştiği



bölüm) ve iç kısımdan (nemli ve az miktarda yağ içeren) oluşmaktadır (Rakıcıoğlu ve Baysal 1988). Ortalama olarak 150°C ve 190°C aralığında olan yağa ürün daldırılmakta, üründe ısı transferi bu şekilde gerçekleşmektedir (de Carvalho ve diğ. 2022).



Şekil 1.1: Kızartma işlemi uygulanmış ürüne dair bir kesit (Alım, 1978).

Kızartılan ürünün kabuk kısmının gevrek olmasını, iç kısmının ise biraz sulu ve yumuşak kalmasının yanında lezzetli ürünlerin oluşmasını da sağladığı için derin yağda kızartma işlemi en çok tercih edilen popüler bir pişirme yöntemi olarak kabul edilmektedir (Mellema 2003).

### 2.3 Kızartma Sırasında Meydana Gelen Isı ve Kütle Transferi

Kızartma, kızartılacak gıda, kızartma işleminde kullanılacak yenilebilir yağ ve kızartma ortam havası arasında eş zamanlı gerçekleşen bir ısı ve kütle transfer işlemidir. Konveksiyon ve kondüksiyon ile ısı transfer şekilleri, kızartma işleminde ürünün ısınmasında etkili olan yöntemlerdir. Kızartılan gıdanın yapısında meydana gelen sıcaklık artışının sebebi ısının yağdan gıdaya konveksiyon ve gıda içerisinde de kondüksiyon ile taşınmasıdır. Kızartma işleminde, kızartılacak gıda ısıtılmış yağ içerisine daldırıldıktan sonra, yüzey sıcaklığı hızla suyun kaynama sıcaklığına yükselir. Bu duruma bağlı olarak gıda yüzeyinde bulunan serbest su buharlaşmaya başlar.

Gıdadan su buharı uzaklaşırken oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulur. Kızartma işlemi sırasında kızartılan gıdanın merkez sıcaklığında yükselme meydana gelir. Bu duruma bağlı olarak pişme işlemi yani nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu gerçekleşir. Zamanla gıdanın yüzeyinde kuruma meydana gelir. Bu

kuruma neticesinde gıdada içe doğru ilerleyen bir kabuklaşma meydana gelir. Bu aşamadan sonra, gıdanın yüzey sıcaklığı içinde bulunduğu yağın sıcaklığına kadar yükselir. Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi suyun kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiği için oldukça karmaşıktır. Isı ve kütle transferinin gerçekleşmesiyle birlikte kızartılan gıdada çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel değişimlerde meydana gelir. Tüm bu reaksiyonlar sonucunda son üründe özel çıtır gevrek doku ve lezzet oluşur (Dobarganes ve diğ. 2000; Yılmaz 2009).

Üründe meydana gelen nem kaybının gerçekleşmesinin nedeni, ürünün yüzey sıcaklığının yağ sıcaklığından daha düşük olmasıdır. Ancak ürün, yağ ile ısısal dengeye ulaştığında hala nem içermektedir. Genel olarak yağın sıcaklığının artmasıyla yeni bir ısısal denge kuruluncaya kadar kabarcık oluşumu meydana gelir (Sahin ve Sumnu 2009).

#### **2.4 Kızartma Sırasında Meydana Gelen Değişimler**

Kızartma işlemi sırasında bazı fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelir. Meydana gelen değişiklikler kızartma yağının sıcaklığına, kızartılacak gıdanın nem içeriğine ve kompozisyonuna bağlı olmakla beraber pişirme süresi de bu değişikliklerde etkilidir (Moreira 2014). Kızartılan gıdada kızartma sırasında nem kaybının yanında yüzeyde koyu renk oluşumu, bazı tekstürel değişimler meydana gelir. Ayrıca kızartılan gıdanın lezzet ve aroma maddelerinde de değişimlerin olması mümkündür. Bu değişimlerden yüzey renginin koyulaşması ve lezzette meydana gelen değişimler en önemli olanlarıdır. Bu değişimlerin oluşmasında maillard reaksiyonlarının etkisi büyüktür. Maillard reaksiyonlarının yanında yağda hidroliz, otooksidasyon, oksidatif ve termal polimerizasyon gibi değişiklikler de söz konusudur (Shahidi and Ambigaipalan 2005).

Kızartılan ürünlerde kızartma sırasında bir yağ emilimi söz konusudur. Bu olay çok karmaşık bir olaydır ve oluşumu net olarak açıklanamamıştır. Yağ emilim olayının kızartma süresince ve kızartılan gıdanın soğuma aşamasında gerçekleştiği öngörülmektedir. Meydana gelen yağ emilimi çoğunlukla üç mekanizma ile ifade edilmektedir. Bu mekanizmalar sırasıyla su ile yer değiştirme, kapiler basınç ile emilim ve buharın yoğunlaşması ile emilimdir (Mir-Bel ve diğ. 2009). Kızartma yağı ile

kızartılan gıdadaki suyun yer değiştirme mekanizması ile yağ emilimi, kızartılan gıdanın yüzeyindeki suyun buharlaşması ve akabinde yüzeyde kabuk ve iç kısımda büyük boşluklar oluşup yağın gıdadaki bu boşluklara girmesi ile gerçekleşmesi şeklinde meydana gelmektedir (Ziaifar ve diğ. 2008). Kızartılan gıdada bulunan su buhar formuna dönüşüp gıdadan uzaklaşırken, arkasında sünger gibi bir yapı oluşur. Kızartma yağı, kızartmanın ilk 20 saniyesinde emilir ve çoğu bu tünellerden içeri çekilir.

Kızartma işlemi ile kızartma yağında da değişimler meydana gelmektedir. Kızartma sırasında meydana gelen reaksiyonlardan hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon başlıcalarıdır. Uçucu ve uçucu olmayan bileşikler genellikle bu reaksiyonlardan sonra oluşur. Uçucu bileşiklerin bir bölümü kızartılan gıdadan buharlaşarak uzaklaşır. Diğer bir kısmının ise kızartılan gıda tarafından emilir ya da başka reaksiyonlara girdiği ifade edilir. Uçucu olmayan bileşikler ise kızartma yağının ve kızartılan gıdanın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine neden olabilir. Bu değişimler kızartılan gıdanın lezzet kalitesini ve tekstürünü değiştirebilir. Derin yağda kızartma işlemi sırasında kızartma yağında doymamış yağ asitleri azalırken, yağın yoğunluk, dumanlanma, viskozite, renk, spesifik ısı, yağ asidi içeriği, polar madde ve polimerik bileşiklerinde bir artış meydana gelir. (Choe ve Min 2007).

Kızartma yağında gerçekleşen kimyasal ve fiziksel reaksiyonların neticesinde yağın kullanım süresi kısalmaktadır. Bu yağların defalarca kullanımını sonucunda gastrointestinal bozukluklar meydana gelebilir (Dana ve Saguy 2001). Oksijen, kızartma işlemi sırasında oksidasyon reaksiyonlarının oluşumunda temel etkidir. Bunun yanında kızartma yağının kalitesini etkileyen en önemli faktör de lipid oksidasyonudur.

## **2.5 Kızartma ile İlgili Yapılmış Çalışmalar**

Castro-Lopez ve diğ. (2023) yaptıkları çalışmada, tavuk nuggetları derin yağda kızartma ile havada kızartma (air-fry) yöntemleri ile kızartmışlardır. Her iki kızartma yöntemi, 160 ile 190°C arasındaki sıcaklıklarda üçer dakika ara ile 15 dakikada gerçekleştirilmiştir. Derin yağda kızartma sırasında etkin nem difüzyonu için aktivasyon enerjisi 70.3 kJ/mol, havada kızartmada (air-fry) 131.37 kJ/mol olarak

hesaplanmıştır. 170°C'de havada kızartılan nuggetların derin yağda kızartılanlara göre %25.6 daha az yağ çektiği belirlenmiştir.

Ateş ve Unal (2023) tavuk nuggetlarını amarant, chia, kinoa ve tef unu gibi farklı glutensiz unlarla kaplamışlardır. Farklı glutensiz unlarla kaplanan nuggetları, derin yağda kızartarak, fırında, mikrodalga fırında ve sous vide yöntemiyle pişirmişlerdir. Çalışmada, farklı pişirme yöntemlerinin nuggetlarda, akrilamid ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Ayrıca nuggetların renk, pH, yağ ve su aktivitesi değerleri de incelenmiştir. Farklı yöntemlerle pişirilen nuggetların renk ve pH değerleri aynı ölçülmüştür. Sous vide yöntemi ile pişirilen örneklerin su aktivite değerleri diğer yöntemlere göre daha yüksek saptanmıştır. En yüksek akrilamid ve HMF seviyeleri, tef unu ile kaplanmış nuggetların derin yağda kızartılarak pişirilmesiyle sırasıyla 48.46 ng/g ve 25.56 mg/kg olarak belirlenmiştir. Sous vide yöntemiyle pişirilen nuggetlarda akrilamid tespit edilmemiştir.

Zhang ve diğ. (2020), balık nuggetlarında, nem kaybı ve yağ emiliminin kütle transfer kinetiğini incelemek için üç farklı kızartma sıcaklığında (160, 170 ve 180°C) 30-180s süreyle kızartmışlardır. Kızartılmış nuggetlarda, kütle transfer mekanizması, ürün mikro yapısı, yüzey yağı ve nüfuz etmiş yüzey yağı içerikleri incelenmiştir. Kızartma sıcaklığının artmasıyla kabuğun gözenek boyutu artmıştır. Kabuğun nüfuz etmiş yağ içeriği de yüksek kızartma sıcaklığıyla artmıştır. Ayrıca kabuktaki nem kaybının Fick'in ikinci difüzyon yasası ile ürünlerdeki yağ emilim kinetiğinin ise birinci dereceden kinetik modele uyduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, kızartma sıcaklığının kabuğun mikro yapısını değiştirerek nem kaybı ve yağ emilim kinetiğini etkilediğini ifade etmişlerdir.

Soorgi ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada, tavuk nuggetlarının derin yağda kızartılması sırasında mikrodalga ön işleminin, metilselüloz kullanımının, yağ, sıcaklık ve kızartma süresinin kütle transferi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Metilselüloz tavuk nuggetlarının hamurunda ve kaplamada kullanılmıştır. Mikrodalga ile yapılan ön işlem, 3.7 ve 7.4 W/g güç yoğunluklarında gerçekleştirilmiştir. Derin yağda kızartma işleminde ayçiçek yağı kullanılmış olup üç farklı sıcaklıkta yapılmıştır. Kaplama karışımında metilselüloz bulunan, ön işlem uygulanmamış ve 190°C'de kızartılan nuggetlarda en az yağ içeriği belirlenmiştir. Örneklerdeki yağ içeriği

değişiminin, birinci dereceden kinetik modele uygun olarak gerçekleştiği belirlenmiştir. Etkin nem difüzyon katsayılarının  $1.43 \times 10^{-8}$  ile  $3.24 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s arasında, aktivasyon enerjisinin de 0.71 ile 1.71 kJ/mol arasında değiştiği hesaplanmıştır.

Nasiri ve diğ. (2011) yaptıkları çalışmada, ön kızartma aşaması olmadan hazırlanan karides nuggetlarının derin yağda kızartılması sırasında farklı hamur formülasyonunun kütle transferi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, hamur formülasyonuna soya ve mısır unu (%5 ve %10) ilavesinin, kızartma sıcaklığı ve süresinin kütle transferi üzerindeki etkileri de belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırmacılar bu işleme koşullarının kütle transferi üzerinde bir etkileşim etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Yağ emiliminde en fazla azalma, %10 soya unu içeren hamurla kaplanan ve 190°C'de kızartılan örneklerde saptanmıştır. Nem transferi verilerini tanımlamak için Fick yasasına dayalı birinci dereceden kinetik model kullanılmıştır. Etkin nem difüzyon katsayısı,  $2.05 \times 10^{-8}$  ile  $5.71 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s arasında, R<sup>2</sup> değeri de 0.91 ile 0.98 arasında hesaplanmıştır. Etkin nem difüzyon enerjisi için Arrhenius grafiğinden elde edilen aktivasyon enerjisi 18.42 ile 23.84 kJ/mol arasında değiştiği belirlenmiştir.

Andrés-Bello ve diğ. (2011) yapmış oldukları çalışmada, çipura filetolarını iki farklı yöntemle kızartmışlardır. Uygulamış oldukları yöntemlerde atmosferik kızartma ile vakumlu kızartılmış balık filetoları karşılaştırılmıştır. Yapılan kızartma işlemleri sonunda, vakumlu kızartma yöntemiyle kızartılmış balık filetolarının atmosferik kızartma yöntemiyle kızartılanlara göre yağ içeriğinin daha düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Adedeji ve diğ. (2009) yaptıkları çalışmada, nuggetları derin yağda kızartma işleminden önce yapılan mikrodalga ön pişirme işleminin kızartma süresince kütle transferi üzerine etkisini incelemiştir. Araştırmacılar yağ emiliminin en az olduğu işlemin 6.7 W gücünde mikrodalga ile ön pişirme ve 170°C'de kızartma kombinasyonunda olduğunu ifade etmişlerdir. Ürün merkez nem içeriğinin ön pişirme ve kızartma sırasında az da olsa azaldığını belirlemiştir. Mikrodalga ile ön pişirme işleminden sonra kızartılan örneklerde yağ emiliminin kızartma sıcaklığı ve ön pişirme işleminden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Ngadi ve diğ. (2007) %0, %20, %40, %60, %80 ve %100 hidrojenasyon oranlarına sahip kanola yağları ile tavuk nugget örneklerini farklı kızartma sürelerinde

(30, 60, 90, 120, 180 240 ve 300 s) kızartmışlardır. Araştırmacılar kızartılan örneklerde, kızartma süresindeki artışa paralel olarak örneklerin L\* değerininin azaldığını, a\* ve b\* değerinin ise arttığını ifade etmişlerdir. Kızartma süresindeki artışla birlikte örneklerin yağ içeriğinde artış ve nem içeriğinde ise azalma olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, %0 ile %60 hidrojenasyon oranlarına sahip yağlarda kızartılan örneklerin, %80 ve %100 hidrojenasyon derecelerine sahip yağlarda kızartılan örneklere göre daha iyi tekstürel özellikler gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Ballard ve Mallikarjunan (2006) yaptıkları çalışmada, metilselüloz ve peynir altı suyu protein izolatını kaplama materyali olarak kullanmışlardır. Kaplanan örnklerin pişirme işleminde ise azot gazı veya buhar basınç kaynağı olarak kullanılmıştır. Araştırmacılar, iki kaplama materyali ve iki farklı pişirme ortamında kızarttıkları örneklerin nem ve yağ içerikleri ile gevreklik, sululuk ve renk özelliklerini incelemişlerdir. İncelenen kalite özelliklerinin hem kaplama materyalinden hem de basınç kaynağından önemli ölçüde etkilendiği yine araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Azot gazı kullanılarak kızartılan tavuk nugget örneklerinin buhar kullanılarak kızartılmış örneklere göre, metilselüloz ile kaplanan örneklerin ise peynir altı suyu protein izolatı kullanılarak kaplanan örneklere göre gevreklik açısından daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak kaplama materyali olarak metilselüloz ve pişirme işleminde de azot gazının kullanılmasının örneklerin gevrekliğinin korunmasında en etkili kombinasyon olduğu belirtilmiştir.

Dogan ve diğ. (2005), soya unu (%5) ve pirinç ununu (%5) kaplama materyali olarak tavuk nuggetların kaplanmasında kullandıkları bir çalışmada, derin yağda 180°C'de kızartmışlardır. Kızartma işlemleri, 3, 6, 9 ve 12 dakikalık süre ile gerçekleştirilmiştir. Kızartılan tavuk nugget örneklerinin nem ve yağ içerikleri ile tekstür ve renk değerleri incelenmiştir. Araştırmacılar, soya unu ile kaplanarak kızartılan örneklerin gevreklik ve renk değerlerinin pirinç unu ile kaplanan örneklere göre daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir. Kontrol grubu ile iki farklı kaplama materyali ile kaplanmış örneklerin yağ emilim değerleri karşılaştırılmıştır. Hem soya unu hem de pirinç unu ile kaplanan örneklerin kontrol grubu örneklere göre daha az yağ emilimine sebep olduğu belirlenmiştir.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1 Materyal

Çalışma için kullanılan tavuk göğüs eti ve derileri, ulusal bir kanatlı işleme tesisinden alınmıştır. Bölüm laboratuvarına  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de getirilen tavuk göğüs eti ve tavuk derileri nuggetların hazırlanması için kıyma makinasının (PM-70, Mainca, Barcelona, İspanya) 3 mm'lik aynasından geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Nugget formülasyonundaki diğer bileşenler olan galeta unu, karabiber, kimyon, soğan tozu, tuz ve kızartma işlemlerinde kullanılacak ayçiçeği yağı Denizli ilindeki yerel marketlerden temin edilmiştir. Nuggetların hazırlanmasında kullanılan ticari sıvı ve kuru kaplama karışımları ise ulusal bir kanatlı işleme tesisinden temin edilmiştir.

### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1 Nuggetların Hazırlanması

Çalışmada, Tablo 3.1'de belirtilen nugget formülasyonu kullanılarak hamurlar hazırlanmıştır. Paslanmaz çelik çember kalıplar (5 cm çap ve 1 cm kalınlık) kullanılarak hamur yaklaşık 30 g ağırlıkta olacak şekilde şekillendirilmiştir. Hazırlanan nuggetlar, kaplanıncaya kadar buzdolabında bekletilmiştir. Buzdolabında bekletme işlemi, kaplamanın köftelere yapışma verimini arttırmak için yapılmıştır.

**Tablo 3.1:** Çalışmada uygulanan nugget formülasyonu

Bileşenler	Oranları (%)
Tavuk Kıyması	90
Galeta Unu	5
Karabiber	0.5
Kimyon	0.5
Soğan Tozu	3
Tuz	1

Buzdolabı sıcaklığında bekletilen köfteler,  $45\pm 1^{\circ}\text{C}$ ' deki su içerisinde 30 s karıştırılarak hazırlanan sıvı kaplama solüsyonuna 10 s daldırma işleminin ardından kuru kaplamaya bulanarak kızartma makinesine konulmuştur.

Nuggetlar,  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $170^{\circ}\text{C}$  ve  $180^{\circ}\text{C}$  olmak üzere üç farklı kızartma sıcaklığında kızartma makinesinde 180 s kızartılmıştır. Termoprob ile yağ sıcaklığı ve nuggetın merkez sıcaklığı ( $72^{\circ}\text{C}$ ) kızartma süresince ölçülmüştür. Bunun yanında her kızartma işlemi sonunda kızartma makinesindeki yağ seviyesi kontrol edilip eksilme meydana gelmişse yağ ilave edilmiştir. Kızartma yağı, 6 saat boyunca kullanılmış sonrasında değiştirilmiştir. Kızartma işlemleri süresince, her 45 saniyede bir nuggetların renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C$ ,  $H^{\circ}$ ,  $\Delta E$ ), yağ miktarı, pH değeri ve tekstürel özellikleri ölçülerek, bu kriterlerin değişimi belirlenmiştir.

### 3.2.2 Nuggetlarda Yapılan Analizler

#### 3.2.2.1 Nem Tayini

Kurutma kapları önceden  $105^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat etüvde kurutulup 60 dk desikatörde soğutulduktan sonra tartılıp daraları belirlenmiştir. Nugget örneklerinin nem değerlerini belirlemek amacıyla daraları alınan kaplara örnek ilave edilmiş ve  $105^{\circ}\text{C}$ 'deki etüv içerisine konulmuştur. Kurutma işlemi, örnekler sabit ağırlığa ulaşınca kadar devam etmiştir. Daha sonra içerisinde örnek bulunan kaplar etüvden alınıp desikatöre konulmuştur. Desikatörde de 30 dk bekletildikten sonra kurutma kapları tartılarak nem içerikleri Eşitlik 3.1'den hesaplanmıştır (AOAC 2000).

$$\% \text{ Nem Miktarı} = \frac{M_I - M_{II}}{W} \times 100 \quad 3.1$$

Eşitlik 3.1'de  $M_I$ , alınan örnek miktarı ile kurutma kabının darasının toplamını (g),  $M_{II}$ , kurumuş örnek miktarı ile kurutma kabının darasının toplamını (g) ve  $W$  ise alınan örnek miktarını (g) ifade etmektedir.



### 3.2.2.2 Yağ Tayini

Kızartılmış nuggetların yağ kazanım miktarını belirlemek için 10 g örneğin üzerine 100 mL metanol: kloroform (1:2) karışımı ilave edilmiştir. Daha sonra bu karışım blenderde parçalanmıştır. Parçalanmış örnek ayırma hunisinde filtre kağıdı yardımıyla süzümüştür. Süzme işlemi sırasında filtre kağıdında bir miktar daha süzilemeyen kalıntı kaldığı için örnek bir kez daha 100 mL metanol:kloroform çözeltisiyle parçalanmış ve tekrar süzümüştür. Elde edilen süzüntüler birleştirilmiş ve üzerine 20 mL %0.5'lik CaCl<sub>2</sub> ilave edilmiş ve çalkalanmıştır. Daha sonra ayırma hunisi havası alınmış ve örnekte faz ayrımı gerçekleşmesi için 24 saat bekletilmiştir. Bu süre sonunda alt faz daha önceden 105°C'de 2 saat bekletilen soğutulmuş ve darası alınmış yağ balonlarının içerisine alınmıştır. Yağ balonuna vakum altında 40°C sıcaklıkta damıtma işlemi uygulanıp istenilen kuruluğa ulaşan balon bir kez daha tartılarak yüzde yağ miktarı Eşitlik 3.2'den yararlanılarak hesaplanmıştır (Flynn ve Bramblett 1975).

$$\% \text{ Yağ Miktarı} = \frac{Y - D}{W} \times 100 \quad 3.2$$

Eşitlik 3.2'de  $Y$ , örnekteki yağ miktarı ile balonun darasının toplamını (g),  $D$ , balonun darasını (g) ve  $W$  ise alınan örnek miktarını (g) ifade etmektedir.

### 3.2.2.3 pH Tayini

pH ölçümü için 10 g nugget örneğinin üzerine 100 mL distile su ilave edilmiş ve örnek Waring blender içerisinde homojen hale getirilmiştir. Tampon çözeltilerle standardize edilmiş pH metre (Crison Basic 20+, İspanya) elektrodu bu homejenata daldırılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir (AOAC 1990).

### 3.2.2.4 Renk Tayini

Örneklerin renk değerleri derin yağda kızartma sırasında ve sonrasında olmak üzere, şartlar sabit tutularak CIE (Uluslararası Aydınlatma Sistemi-Commission Internationale de l'Eclairage) L\*, a\* ve b\* renk değerleri PCE-CSM1 (PCE

Instruments, UK) renk ölçüm cihazı ile üç farklı noktadan belirlenmiştir (Dogan ve diğ. 2005).

Ölçülen  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden  $C$  (Kroma-renk doygunluğu) 3.3 No'lu,  $H^\circ$  (hue açısı-renk yoğunluğu açısı) 3.4 No'lu, toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) 3.5 No'lu eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad 3.3$$

$$H^\circ = \tan^{-1} \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad 3.4$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L)^2 + (a^*_0 - L)^2 + (b^*_0 - L)^2} \quad 3.5$$

### 3.2.2.5 Kaplama Tutunma Yüzdesi

Nuggetlar paslanmaz çelik kalıplarla şekillendirme sonrası ve kaplama işlemi sonrası tartılmıştır. Köfteye yapışan kaplamanın ağırlıkça yüzdesi Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır (Altunakar 2003).

$$\% \text{Yapışan Kaplama} = \frac{C - I}{I} \times 100 \quad 3.6$$

Eşitlik 3.6'da  $C$ , çığ kaplanmış nugget ağırlığı (g),  $I$ , çığ kaplanmamış nugget ağırlığını (g) ifade etmektedir.

### 3.2.2.6 Tekstür Profil Analizi

Hazırlanan nugget örneklerinden 2'şer numune alınıp her bir örneğin ön ve arka yüzlerinden 3 farklı noktadan olmak üzere et ürünleri probu kullanılarak tekstür cihazı (Brookfield CT3-4500, ABD) ile ölçümler (sertlik, dış yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, yapışkanlık) yapılmış ve ölçülen değerlerin ortalamaları alınmıştır.

### 3.2.2.7 Kızartma Sırasında Meydana Gelen Kütle Transferinin Modellenmesi

Kızartılmış ürünlerde nem transferi olgusunu modellemek için, Fick'in ikinci difüzyon yasası, kızartma sırasında nem kaybının basitleştirilmiş bir görünümünü sağlar (Sosa-Morales ve diğ. 2006). Eşitlik 3.7'de nem difüzyon denklemi verilmiştir.

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} \quad 3.7$$

Burada,  $M$  anlık nem (g/g, kuru madde bazında),  $t$  zaman (s),  $D$  etkin difüzyon katsayısı ( $m^2/s$ ),  $x$  ise üründeki konum koordinatıdır (m). Bununla birlikte, kızartılmış nuggetlar, Fick'in ikinci yasası için ayrı bir varlık olarak ayarlanamamaktadır. Çünkü nuggetlar iki kısımdan (kabuk ve iç kısım) oluşmaktadır. Başlangıçtaki nem ve kızartma sonrası sıcaklık eşit olarak dağılmamaktadır. Bu nedenle, sadece kabuk kısmı Fick'in ikinci yasasına uydurulmak için kullanılmıştır.

Nasiri ve diğ. (2011) nuggetların kabuğunda kütle transferine karşı direnç oluşturabilecek ihmal edilebilir düzeyde başlangıçta homojen bir nem ve sıcaklık dağılımı olduğunu kabul etmişlerdir. Buna bağlı olarak numunelerin her iki tarafından kütle transferinin meydana geldiği sonsuz bir levha olduğu varsayılmıştır. Eşitlik 3.7'nin kısmi diferansiyel denklemin çözümü Eşitlik 3.8'de verilmiştir.

$$Mr = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 Dt}{4L^2}\right) \quad 3.8$$

Burada  $M_0$  ve  $M_e$ , sırasıyla başlangıç ve denge nem içeriğidir (g/g, kuru madde bazında),  $L$ , numunenin yarı kalınlığıdır (m).

Kızartma işleminde dengeye ulaşıldığında nem içeriğinin ihmal edilebilir olduğunu varsaymak mantıklıdır, yani  $M_e=0$  kabul edilmiştir. Etkin difüzyon katsayısını hesaplamak için Eşitlik 3.8 basitleştirilip Eşitlik 3.9 elde edilmiştir.

$$Mr = \frac{M}{M_0} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 Dt}{4L^2}\right) \quad 3.9$$

Kabuğun yağ emilimini tanımlamak için Eşitlik 3.10'da verilen birinci dereceden kinetik model kullanılmıştır (Moreira ve diğ. 2009).

$$FC = O_{eq} (1 - e^{-kt}) \quad 3.10$$

Burada,  $FC$  anlık yağ içeriği (g/g, kuru madde bazında),  $O_{eq}$  denge yağ içeriği (g/g, kuru madde bazında),  $k$  yağ emiliminin transfer katsayısıdır ( $s^{-1}$ ).

Etkin difüzyon katsayısının ( $D_{eff}$ ) ve denge yağ içeriğinin ( $O_{eq}$ ) sıcaklıkla değişimi, Eşitlik 3.11 ve Eşitlik 3.12'de verilen Arrhenius tipi bir denklemler kullanılarak belirlenmiştir (Ngadi ve diğ. 2007).

$$D_{eff} = D_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad 3.11$$

$$O_{eq} = O_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad 3.12$$

Burada,  $D_0$  ve  $O_0$  frekans faktörleridir,  $E_a$  aktivasyon enerjisidir (kJ/mol),  $R$  evrensel gaz sabitidir (8.314 kJ/mol) ve  $T$  Kelvin cinsinden mutlak sıcaklıktır.

### 3.2.2.8 İstatistiksel Analizler

Farklı sıcaklıklarda kızartılan nugget örneklerinin analiz sonuçları istatistiksel olarak tek yönlü varyans analizi kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testiyle değerlendirilerek uygulama grupları ile kızartma süreleri arasında farklılık olup olmadığı SPSS istatistik programı kullanılarak ortaya konulmuştur.

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Nem İçeriğindeki Değişim

Tavuk nugget örneklerinin başlangıç ortalama nem içeriği değeri  $0.0180 \pm 0.003$  kg su/kg kuru madde olarak hesaplanmıştır. Üç farklı kızartma sıcaklığında (160, 170 ve  $180^{\circ}\text{C}$ ) kızartma işlemleri 180 s’de gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.1’de üç farklı kızartma sıcaklığında, 180 s boyunca tavuk nugget örneklerinin nem içeriği değerleri verilmiştir.  $160^{\circ}\text{C}$ ’de yapılan kızartma işleminde istatistiksel açıdan kızartmanın 90. saniyesinden sonuna kadar ölçülen nem içeriği değerleri arasında bir farkın olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Benzer durum  $170^{\circ}\text{C}$ ’de yapılan kızartma işleminin 135. saniyesinden itibaren ölçülen nem içeriği değerlerinde de meydana gelmiştir ( $p > 0.05$ ). Tüm kızartma işlemleri sonunda örneklere ait nem içeriği değerleri arasında istatistiksel açıdan farkın olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

**Tablo 4.1:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin nem içeriği (kg su/kg kuru madde) değerleri

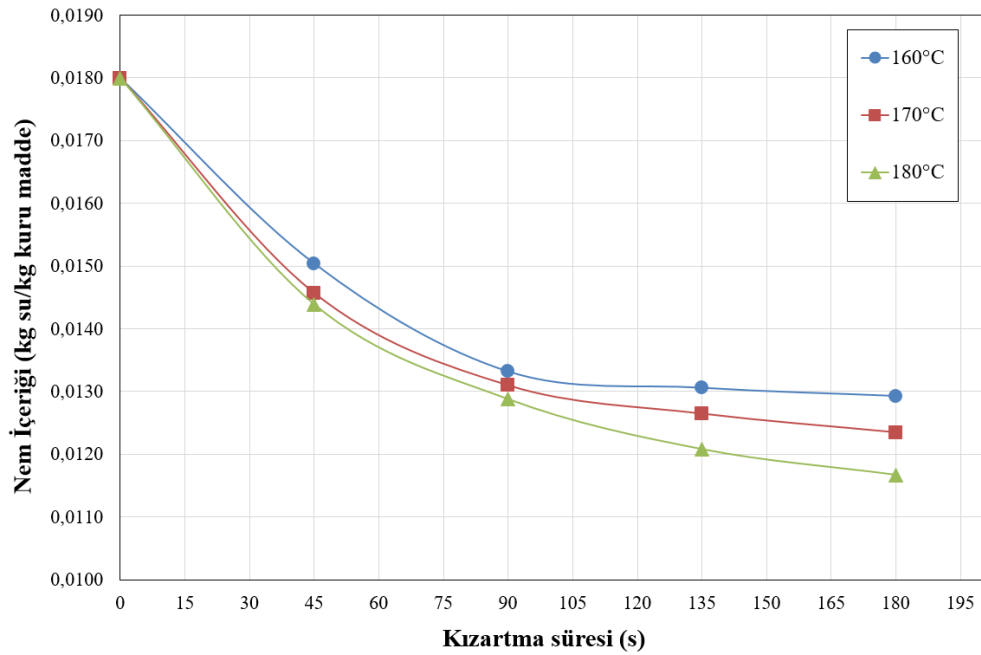
Kızartma süresi (s)	$160^{\circ}\text{C}$	$170^{\circ}\text{C}$	$180^{\circ}\text{C}$
0	$0.0180 \pm 0.003^{aA}$	$0.0180 \pm 0.003^{aA}$	$0.0180 \pm 0.003^{aA}$
45	$0.0150 \pm 0.002^{bA}$	$0.0146 \pm 0.001^{bB}$	$0.0144 \pm 0.002^{bB}$
90	$0.0133 \pm 0.002^{cA}$	$0.0131 \pm 0.003^{cA}$	$0.0129 \pm 0.001^{cB}$
135	$0.0131 \pm 0.001^{cA}$	$0.0126 \pm 0.002^{dB}$	$0.0121 \pm 0.002^{dC}$
180	$0.0129 \pm 0.002^{cA}$	$0.0124 \pm 0.001^{dB}$	$0.0117 \pm 0.002^{eC}$

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).

Tavuk nugget örneklerinin kızartma sıcaklıklarına ve zamana bağlı olarak nem içeriğindeki değişimler de Şekil 4.1’de verilmiştir. Şekil 4.1’den de görüleceği üzere kızartma sıcaklığı arttıkça örneklerin nem içeriği azalmıştır. Nitekim  $160^{\circ}\text{C}$ ,  $170^{\circ}\text{C}$  ve  $180^{\circ}\text{C}$ ’de 180 s yapılan kızartma işlemlerinde tavuk nugget örneğinin nem içeriği  $0.0180 \pm 0.003$ ’ten sırasıyla  $0.0129 \pm 0.001$ ,  $0.0124 \pm 0.002$  ve  $0.0117 \pm 0.002$  kg su/kg kuru madde değerlerine düştüğü saptanmıştır.  $160^{\circ}\text{C}$ ’de kızartılan örneklerin nem içeriği değerinde %28.33 oranında bir azalma meydana gelirken  $170^{\circ}\text{C}$  ve  $180^{\circ}\text{C}$ ’de yapılan kızartma işlemleri sonunda örneklerin nem içeriğinde sırasıyla %31.11 ve %35 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Literatür incelendiğinde, Castro-Lopez ve diğ.

(2023) 160-190°C sıcaklık aralığında derin yağda 15 dakika kızarttıkları tavuk nuggetlarda benzer şekilde bir nem içeriğinde azalmanın olduğunu ifade etmişlerdir. Adedeji ve diğ. (2009) tavuk nuggetlarını mikrodalga ile ön pişirme yaptıktan sonra ve hiç ön işlem uygulamadan derin yağda 170, 180 ve 190°C sıcaklıklarda kızartmışlardır. Araştırmacılar, 170°C’de kızartılan tüm örneklerde nem içeriğinde daha az bir azalma tespit ederken 190°C’de kızartılanlarda daha fazla nem içeriğinde azalmanın olduğunu belirtmişlerdir. Literatürde ayrıca Tavuk nuggettan farklı gıdaların kızartılmasında da benzer sonuçların elde edildiği çalışmalar da bulunmaktadır. Manjunatha ve diğ. (2014) yaptıkları bir çalışmada Hindistan’da yetiştirilen Dolangaç bitkisi türü olan Gethi isimli bitkiyi 120-180°C sıcaklıklarda derin yağda kızartmışlardır. Başlangıç nem içeriği 2.825 kg su/kg kuru madde olarak belirlenmiştir. 120, 140, 160 ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri sonunda örneklerin nem içeriği sırasıyla 0.492, 0.151, 0.026 ve 0.002 kg su/kg kuru madde olarak saptanmıştır. Kumar ve diğ. (2022) Khaja isimli genellikle meyve ile doldurulmuş veya şeker şurubu ile ıslatılmış, derin yağda kızartılan bir Hint hamur işiyle ilgili yaptıkları çalışmada da benzer sonuç elde etmişlerdir. Araştırmacılar, Khaja isimli hamur işini 160, 170, 180, 190 ve 200°C sıcaklıklarda derin yağda kızartmışlar ve nem içeriğinin 160°C’de kızartılanlarda en az 200°C’de kızartılanlarda ise en fazla azaldığını ifade etmişlerdir.



**Şekil 4.1:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait nem içeriği değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

## 4.2 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Yağ Kazanım Değerleri

Üç farklı sıcaklıkta (160, 170 ve 180°C) 180 s yapılan kızartma işlemleri sonucunda tavuk nugget örneklerinin yağ kazanım değerleri belirlenmiş ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2’deki değerlere bakıldığında kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerin yağ kazanımlarının azaldığı görülmektedir. 160°C’de yapılan kızartma işlemi sonunda örneklerin yağ kazanım değeri 0.032±0.003 g yağ/100 g kuru madde iken 170°C’de bu değer 0.029±0.003 ve 180°C’de 0.026±0.002 g yağ/100 g kuru madde olarak belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan 170°C ve 180°C’de kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ kazanım değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı saptanmıştır (p>0.05). Tüm kızartma işlemleri süresince tavuk nugget örneklerinin yağ kazanım değerlerinin zamanla azaldığı yine Tablo 4.1’de görülmektedir. Ayrıca tavuk nugget örneklerinin kızartma sıcaklıklarına ve zamana bağlı olarak yağ kazanım değerleri Şekil 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ kazanım (g yağ/100 g kuru madde) değerleri

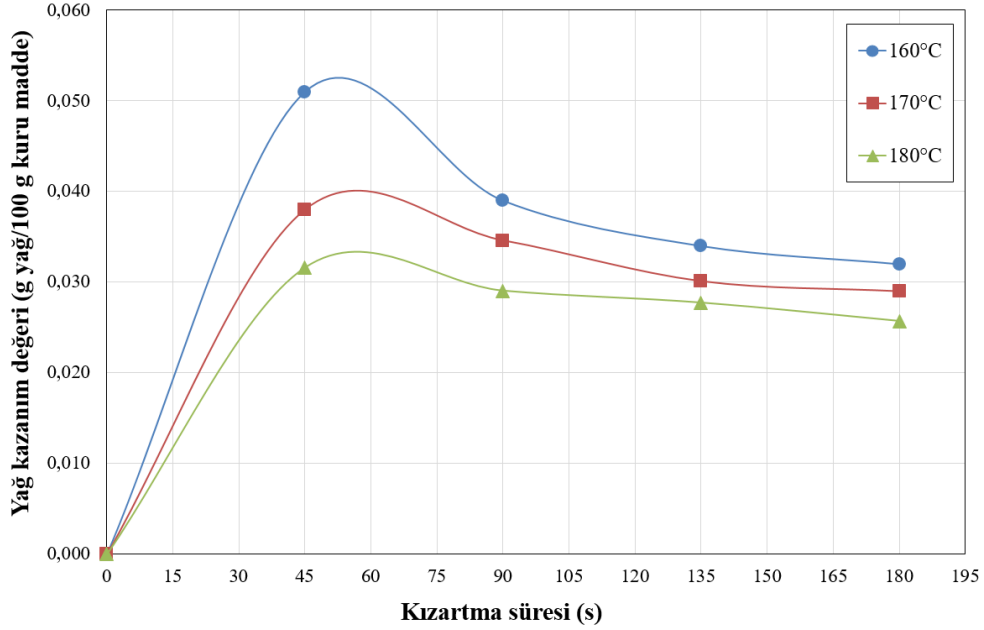
Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	0	0	0
45	0.051±0.002 <sup>aA</sup>	0.038±0.001 <sup>aB</sup>	0.032±0.002 <sup>aC</sup>
90	0.039±0.006 <sup>bA</sup>	0.035±0.002 <sup>bB</sup>	0.029±0.001 <sup>bC</sup>
135	0.034±0.004 <sup>bcA</sup>	0.030±0.002 <sup>cB</sup>	0.028±0.002 <sup>bB</sup>
180	0.032±0.003 <sup>cA</sup>	0.029±0.003 <sup>cB</sup>	0.026±0.002 <sup>bB</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

Elde edilen bulgular, literatür verileriyle uyum içinde bulunmaktadır. Nitekim Nasiri ve diğ. (2011), karides nuggetlarını üç farklı sıcaklıkta (150, 170 ve 190°C) derin yağda kızartmışlar ve artan kızartma sıcaklığı ile yağ kazanımının azaldığını ifade etmişlerdir. Troncoso ve Pedreschi (2009) patates dilimlerini, vakum ve atmosferik kızartma yöntemiyle farklı sıcaklıklarda kızartmışlar ve benzer sonuç elde etmişlerdir. Genel olarak, dokusal değişiklikler nedeniyle daha yüksek kızartma sıcaklıklarında, fiziksel olarak işlev gören daha iyi gelişmiş bir kabuğun oluşumu ve kabuğun gözenekliliğinin azalmasıyla yağ emilimi de azalmaktadır (Dana ve Saguy 2006; Troncoso ve Pedreschi, 2009). Yapılan bir başka çalışmada Adedeji ve diğ. (2009) tavuk nuggetlarını mikrodalga ile bir ön pişirme işleminden sonra ve hiç ön

işlem uygulamadan derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartmışlardır. Araştırmacılar, mikrodalga ile ön pişirme işleminden sonra kızartılan tavuk nuggetların yağ kazanımlarının ön işlemsiz kızartılanlara göre daha az olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 4.2: Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait yağ kazanım değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

### 4.3 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın pH Değişimi

Derin yağda kızartma işleminden önce tavuk nugget örneğinin pH değeri  $5.92 \pm 0.04$  olarak ölçülmüştür. Kızartma işlemleri sırasında belirli zaman aralıklarında tavuk nugget örneklerinde pH ölçümleri yapılmış ve Tablo 4.3'te verilmiştir. Üç farklı sıcaklıkta yapılan derin yağda kızartma işlemleri sonunda örneklerin pH değerlerinin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 160, 170 ve 180°C'de yapılan kızartma işlemleri sonunda örneklerin pH değerleri sırasıyla  $6.12 \pm 0.00$ ,  $6.08 \pm 0.01$  ve  $5.99 \pm 0.00$  olarak ölçülmüştür. 160°C'de yapılan kızartma işleminde, 90. saniyeden kızartma sonu olan 180. saniyeye kadar ölçülen pH değerlerinin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. 170°C'de yapılan kızartma işleminde ise 135. ve 180. saniyelerde ölçülen pH değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı saptanmıştır. Benzer sonuç 180°C'de yapılan kızartma işleminde de meydana gelmiştir.



**Tablo 4.3:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin pH değerleri

<b>Kızartma süresi (s)</b>	<b>160°C</b>	<b>170°C</b>	<b>180°C</b>
0	5.92±0.04 <sup>aA</sup>	5.92±0.04 <sup>aA</sup>	5.92±0.04 <sup>aA</sup>
45	6.01±0.05 <sup>bA</sup>	6.11±0.01 <sup>bB</sup>	6.09±0.00 <sup>bB</sup>
90	6.11±0.01 <sup>cA</sup>	6.12±0.00 <sup>bA</sup>	6.05±0.01 <sup>cB</sup>
135	6.10±0.01 <sup>cA</sup>	6.05±0.03 <sup>cB</sup>	6.00±0.01 <sup>dB</sup>
180	6.12±0.00 <sup>cA</sup>	6.08±0.01 <sup>cB</sup>	5.99±0.00 <sup>dC</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

Güner (2005) farklı kaplama materyali kullanarak ürettiği tavuk nugget örneklerinde kızartma işlemi öncesi pH değerini ortalama 5.91 olarak belirlemiştir. Araştırmacı 160°C’de derin yağda 5 dakika boyunca kızarttığı tavuk nugget örneklerinde ise pH değerini ortalama 6.25 olduğunu saptamıştır. Kaplan (2020) yaptığı çalışmada hindi nugget örneklerinin pH değerini farklı kızartma yöntemleri ile kızartmadan önce ölçmüş ve 6.11 ile 6.13 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Aynı araştırmacı hindi nugget örneklerini atmosferik ve basınçlı koşullarda 180°C ve 160°C’de derin yağda kızartmıştır. Atmosferik ve 180°C’de 2.5 dakika süren kızartma işlemi sonunda örneklerin pH değerinin 6.26 ile 6.38 arasında değiştiğini belirlemiştir. Basınçlı ve 160°C’de yapılan kızartma işlemi sonunda ise örneklerin pH değerini 6.26 ile 6.37 arasında belirlemiştir. Ateş ve Unal (2023) tavuk nuggetlarında kaplama maddesi olarak farklı tahıl unlarını kullanmış ve nuggetları farklı pişirme yöntemleri ile pişirmişlerdir. Derin yağda kızartma, mikrodalga ile pişirme, fırında pişirme ve sous-vide yöntemiyle pişirme işlemleri sonunda örneklerin pH değerlerinin 6.31 ile 6.40 arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulguların literatür ile uyum içinde olduğu görülmektedir. Kızartma işlemleri sonunda ölçülen pH değerleri hiç kızartılmamış örneklerin pH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Kızartma işlemiyle pH değerinde meydana gelen bu artışın protein denatrasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.4 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Renk Değerlerindeki Değişim

Renk, kızartılarak tüketilen gıdalarda aroma ve tekstür kadar önemli bir duyuşsal özelliktir (Manjunatha ve diğ. 2014). Nem kaybı, yağ kazanımı, kızartma

sıcaklığı, kızartma süresi ve Mallaird reaksiyonu gibi farklı nedenlerden dolayı renk etkilenir ve kızartma öncesine göre değişim meydana gelir (Krokida ve diğ. 2001).

#### 4.4.1 L\* Değerindeki Değişim

Üç farklı kızartma sıcaklığında derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerinin dış yüzey renk parametrelerinden biri olan L\* değerine ait sonuçlar Tablo 4.4'te verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.3'te de L\* değerlerindeki değişimin grafiksel gösterimi verilmiştir. Tablo 4.3'ten de görüleceği üzere kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerin L\* değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir. Kızartma öncesi örneklerde yapılan renk ölçümü neticesinde L\* değeri  $45.70 \pm 0.35$  olarak belirlenmiştir. Kızartma işlemleri sonunda hiç kızartılmayan örneğe en yakın L\* değerinin  $160^\circ\text{C}$ 'de kızartılan örneklere ait değer olduğu belirlenmiştir.  $180^\circ\text{C}$ 'de kızartılan tavuk nugget örneğinin L\* değerinde %15.73 oranında bir azalma meydana gelmiştir.  $170^\circ\text{C}$ 'de kızartılan örnekte ise %4.44 oranında azalmanın olduğu hesaplanmıştır. Belirlenen bu azalmalar istatistiksel açıdan önemli düzeydedir.

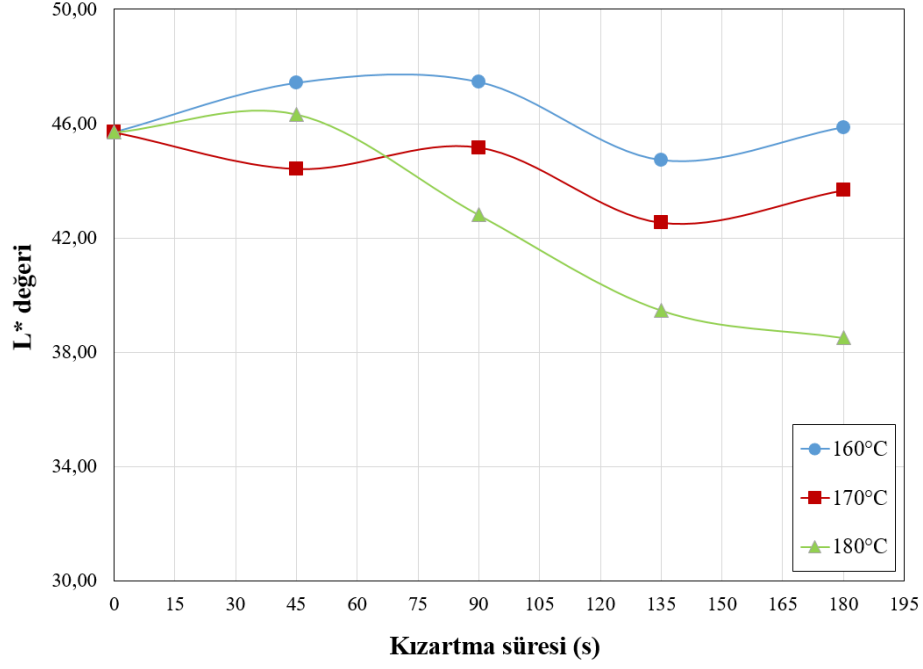
Castro-Lopez ve diğ. (2023) yaptıkları bir çalışmada tavuk nugget örneklerini derin yağda  $160$ ,  $170$ ,  $180$  ve  $190^\circ\text{C}$ 'de 15 dakika kızartmışlardır. Kızartma süresince ve sonunda örneklerin renk değerlerini ölçmüşler ve L\* değerlerinde kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte azalmanın olduğunu ifade etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada, Dogan ve diğ. (2005) farklı kaplama maddeleriyle tavuk nugget üretimi gerçekleştirdikten sonra  $180^\circ\text{C}$ 'de 12 dakika derin yağda örnekleri kızartmışlar ve kızartma süresince ve sonunda L\* değerlerinde azalmanın olduğunu belirlemişlerdir.

**Tablo 4.4:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin L\* değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	$45.70 \pm 0.35^{aA}$	$45.70 \pm 0.35^{aA}$	$45.70 \pm 0.35^{aA}$
45	$47.43 \pm 0.30^{bA}$	$44.42 \pm 0.28^{bB}$	$46.33 \pm 0.42^{bC}$
90	$47.46 \pm 0.21^{bA}$	$45.17 \pm 0.07^{aB}$	$42.81 \pm 0.45^{cC}$
135	$44.72 \pm 0.38^{cA}$	$42.54 \pm 0.53^{cB}$	$39.47 \pm 1.54^{dC}$
180	$45.87 \pm 0.29^{aA}$	$43.67 \pm 0.19^{dB}$	$38.51 \pm 1.42^{dC}$

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).



Şekil 4.3: Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait L\* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.4.2 a\* Değerindeki Değişim

Derin yağda üç farklı sıcaklıkta kızartılan tavuk nugget örneklerine ait a\* değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir. Tüm sıcaklıklarda kızartılan örneklerin kızartma süresince a\* değerlerinde net azalma veya artma meydana gelmemiştir (Şekil 4.4). Örneğin Kızartma işlemlerinin 45. saniyesinde a\* değerlerinde 160°C'de ve 180°C'de azalma meydana gelirken 170°C'de artma meydana gelmiştir. Benzer durumla kızartmanın ilerleyen sürelerinde de yer yer karşılaşmıştır. Tüm kızartma işlemleri sonunda ölçülen a\* değerleri ile örneklerin başlangıç a\* değeri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla a\* değerlerinde belirgin bir değişim meydana gelmemiştir. Ayrıca 160, 170 ve 180°C'de yapılan kızartma işlemleri sonunda ölçülen a\* değerleri arasında da yine istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı saptanmıştır.

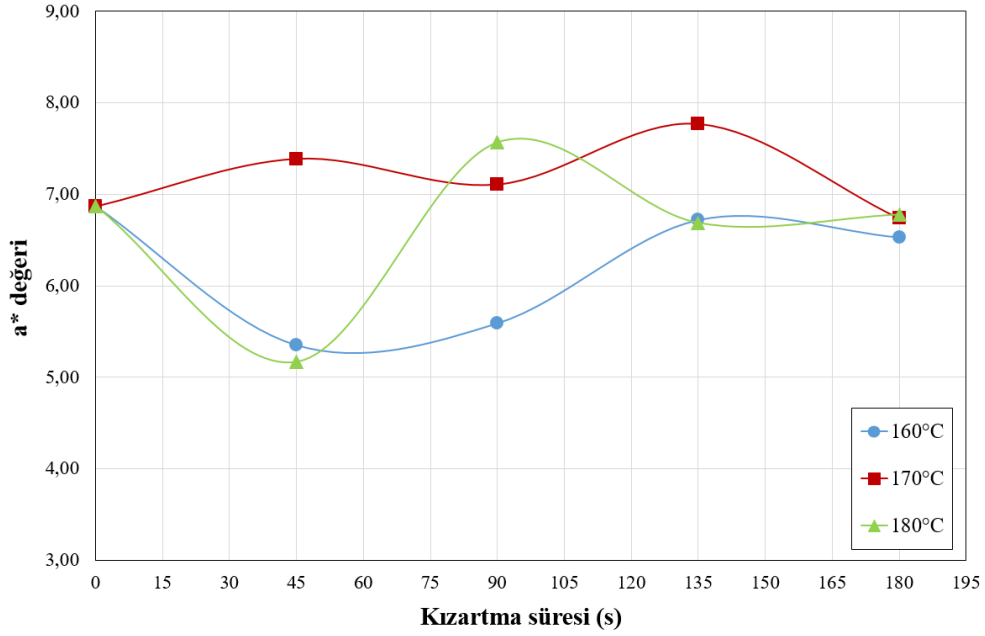
Literatürde yapılan çalışmalarla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Castro ve diğ. (2023) dört farklı sıcaklıkta (160, 170, 180 ve 190°C) tavuk nugget örneklerini 15 dakika derin yağda kızartmışlar ve kızartmanın 3. dakikasına kadar a\* değerlerinde belirgin bir artmanın olduğunu kızartmanın diğer sürelerinde ise bu değer azaldığını

ifade etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçların Castro ve diğ. (2023) yaptıkları çalışma ile uyum içinde olmadığı görülmektedir. Fakat literatürde bulunan Dogan ve diğ. (2005) tarafından yapılan ve Manjunatha ve diğ. (2014) tarafından yapılan çalışmalar ile elde edilen sonuçların uyumlu olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.5:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin a\* değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	6.87±0.33 <sup>aA</sup>	6.87±0.33 <sup>aA</sup>	6.87±0.33 <sup>aA</sup>
45	5.35±0.01 <sup>bA</sup>	7.39±0.04 <sup>bB</sup>	5.17±0.07 <sup>bA</sup>
90	5.59±0.16 <sup>bA</sup>	7.11±0.13 <sup>bB</sup>	7.57±0.21 <sup>cC</sup>
135	6.72±0.10 <sup>aA</sup>	7.77±0.14 <sup>cB</sup>	6.69±0.68 <sup>dA</sup>
180	6.53±0.33 <sup>aA</sup>	6.74±0.27 <sup>aA</sup>	6.78±0.28 <sup>aA</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).



**Şekil 4.4:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait a\* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.4.3 b\* Değerindeki Değişim

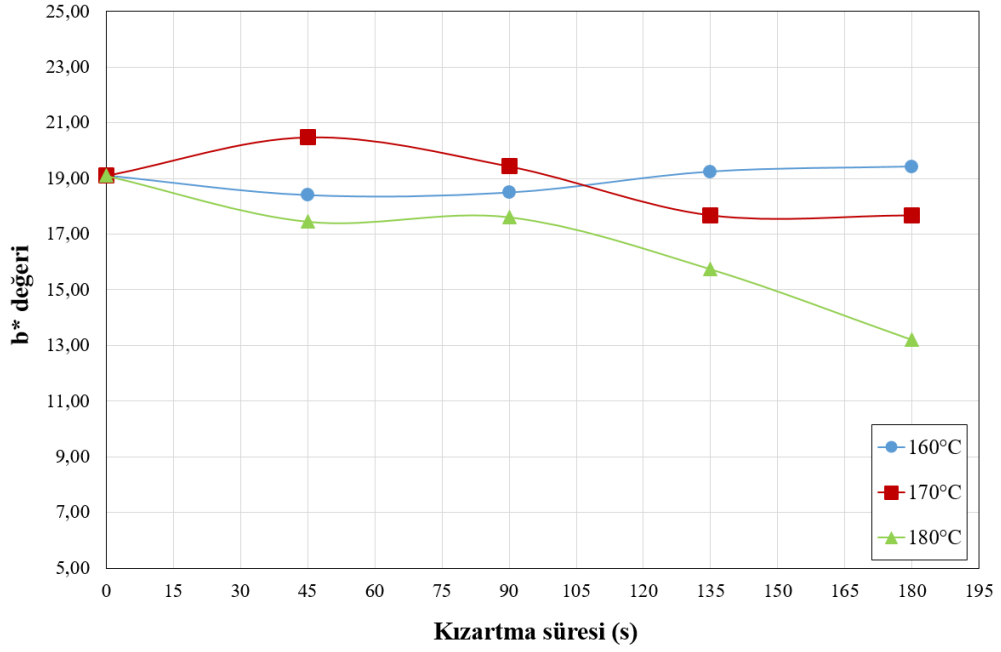
Tavuk nugget örneklerinin farklı sıcaklıklarda kızartılması sırasında L\* ve a\* renk değerlerinin yanında b\* değeri de ölçülmüştür. Tablo 4.6'da 180 s üç farklı sıcaklıkta kızartılan tavuk nugget örneklerine ait b\* renk değerleri görülmektedir. Kızartma işlemleri süresince b\* değerindeki değişimi gösteren grafik de Şekil 4.5'da verilmiştir. Derin yağda 170°C ve 180°C'de yapılan kızartma işlemleri sonunda b\* değerinde azalma meydana gelirken 160°C'de yapılan kızartma işlemi sonunda b\* değerinde artış olduğu belirlenmiştir. Fakat meydana gelen bu artışın istatistiksel açıdan önemli olmadığı ve hiç kızartılmayan örneğe ait b\* değeri ile kızartma sonunda ölçülen b\* değeri arasında bir farkın olmadığı saptanmıştır. 170°C'de kızartılan tavuk nugget örneklerinin b\* değerinde %7.38 oranında, 180°C'de kızartılanlarda ise %30.89 oranında bir azalma olduğu hesaplanmıştır.

**Tablo 4.6:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin b\* değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	19.10±0.45 <sup>aA</sup>	19.10±0.45 <sup>aA</sup>	19.10±0.45 <sup>aA</sup>
45	18.40±0.16 <sup>bA</sup>	20.48±0.21 <sup>bB</sup>	17.45±0.13 <sup>bC</sup>
90	18.49±0.20 <sup>bA</sup>	19.44±0.31 <sup>aB</sup>	17.61±0.12 <sup>bC</sup>
135	19.24±0.12 <sup>aA</sup>	17.69±0.34 <sup>cB</sup>	15.74±0.79 <sup>cC</sup>
180	19.42±0.40 <sup>aA</sup>	17.69±0.31 <sup>cB</sup>	13.20±0.93 <sup>dC</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

Literatürdeki benzer çalışmalara bakıldığında çalışmadan elde edilen sonuç ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Nitekim Castro-Lopez ve diğ. (2023) tavuk nugget örneklerini 180°C ve 190°C sıcaklıklarda derin yağda kızartmışlar ve kızartma sonunda b\* değerlerinde azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Ngadi ve diğ. (2007) yaptıkları çalışmada tavuk nugget örneklerini farklı yağlarda 190°C'de 300 s kızartmışlar ve kızartma işlemleri sonunda b\* değerinde azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.5: Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait b\* değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.4.4 Kroma (C) Değerindeki Değişim

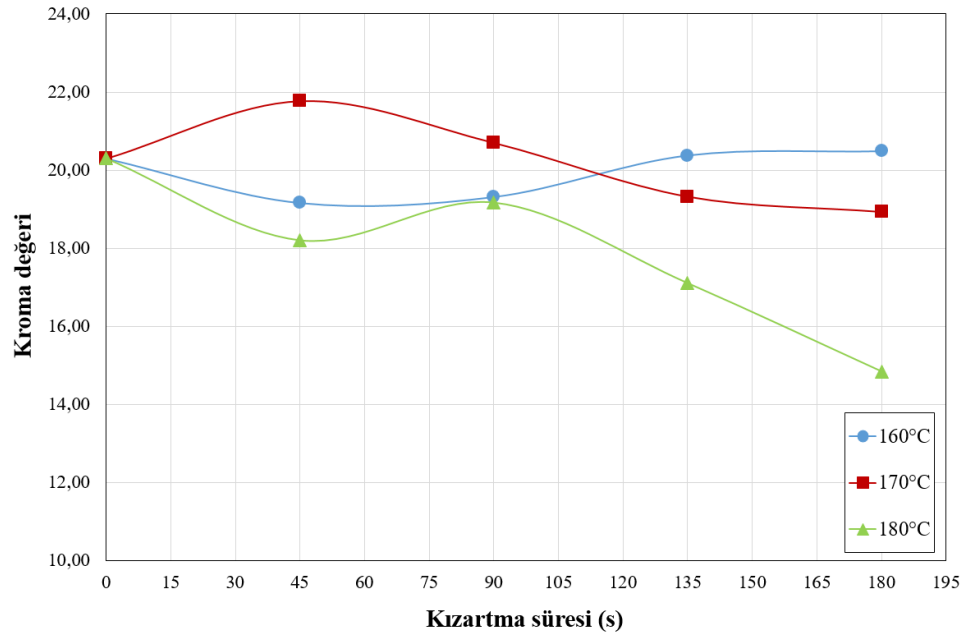
Üç farklı sıcaklıkta kızartılan tavuk nugget örneklerinin ölçülen L\*, a\* ve b\* renk değerlerinden yararlanılarak hesaplanan kroma değerleri Tablo 4.7’de verilmiştir. Kroma değeri, rengin yoğunluk ve netliğini ifade etmektedir (Wrolstad ve diğ. 2005). Yapılan kızartma işlemleri sonunda 160°C’de kızartılan tavuk nugget örneklerinin kroma değeri ile başlangıçta hesaplanan kroma değeri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. 170°C ve 180°C’de kızartılan örneklerin kroma değerleri başlangıç örneğinin kroma değerinden istatistiksel açıdan farklı olduğu saptanmıştır. Üç farklı sıcaklıkta 180 s kızartılan tavuk nugget örneklerinde kroma değeri en düşük 180°C’de kızartılan örnekte en yüksek ise 160°C’de kızartılan örnekte belirlenmiştir. Kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte kroma değeri azalmıştır. Yüksek sıcaklıkta kızartılan örneklerin renginin daha donuk olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.6’da tavuk nugget örneklerinin 180 s boyunca üç farklı sıcaklıkta kızartılması sırasında hesaplanan kroma değerlerindeki değişimi gösteren grafik verilmiştir.

**Tablo 4.7:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin kroma değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	20.30±0.54 <sup>aA</sup>	20.30±0.54 <sup>aA</sup>	20.30±0.54 <sup>aA</sup>
45	19.16±0.15 <sup>bA</sup>	21.77±0.20 <sup>bB</sup>	18.20±0.12 <sup>bC</sup>
90	19.32±0.24 <sup>bA</sup>	20.70±0.29 <sup>aB</sup>	19.17±0.17 <sup>cA</sup>
135	20.38±0.14 <sup>aA</sup>	19.32±0.25 <sup>cB</sup>	12.65±0.85 <sup>dC</sup>
180	20.49±0.43 <sup>aA</sup>	18.93±0.38 <sup>dB</sup>	14.84±0.72 <sup>eC</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).

Literatüre bakıldığında tavuk nugget örneklerinin derin yağda dört farklı sıcaklıkta (160, 170, 180 ve 190°C) kızartılması sırasında kroma değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca düşük kızartma sıcaklığında meydana gelen azalmanın en az, yüksek kızartma sıcaklığında ise azalmanın en fazla olduğu ifade edilmiştir (Castro ve diğ. 2023). Tavuk nugget dışında kızartılarak tüketilen gıdalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Nitekim Manjunatha ve diğ. (2014) Hindistan’da yetiştirilen Dolangaç bitkisi türü olan Gethi isimli bitkiyi 120-180°C sıcaklıklarda derin yağda kızartmışlardır. Kızartma süresince örnekte renk tayini yapılmıştır. Kroma değerinin kızartma işlemleri sonunda azaldığı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.



**Şekil 4.6:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait kroma değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.4.5 Hue Açısı (H°) Değerindeki Değişim

Ölçülen L\*, a\* ve b\* değerleri ürün rengine ait temel bileşenler hakkında bilgi verirken, tüketicinin renk algılamasını tam olarak temsil etmemektedir. Bu değerlerin yerine tıpkı kroma değerinde de olduğu gibi L\*, a\* ve b\* değerlerinden hesaplanan Hue açısı tüketicinin renk algılamasını daha iyi temsil etmektedir. Hue açısı bir renk dairesi olarak tanımlanmakta olup kırmızı-mor renkleri 0°-360° açı değerleri arasında, sarı rengi 90° açı değerinde ve mavimsi yeşil rengi de 180°-270° açı değerleri arasında almaktadır (Kumar ve diğ. 2019). Tablo 4.8’de derin yağda üç farklı sıcaklıkta kızartılan tavuk nugget örneklerine ait hesaplanmış Hue açısı değerleri verilmiştir. Kızartılmayan örneklerin Hue açısı 70.22°±0.74 olarak hesaplanmıştır. 160, 170 ve 180°C’de kızartılan örneklerin Hue açısı sırasıyla 71.41°±0.65, 69.14°±0.42 ve 62.81°±1.12’dir. Kızartma işlemleri öncesi örneklerin Hue açısı, 160°C ve 180°C’de kızartılan örneklerden istatistiki olarak farklı olduğu (p<0.05) belirlenmiştir. Şekil 4.7’de hue açısı değerlerinin kızartma işlemleri boyunca değişimini gösteren grafik verilmiştir. Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Castro Lopez ve diğ. (2023), 160, 170, 180 ve 190°C’de kızarttıkları tavuk nuggetlarına ait Hue açılarını sırasıyla 44.39°, 44.26°, 41.50° ve 40.79° olarak hesaplamışlardır. Araştırmacılar Hue açısı değerinin 80°’den bu denli azalmasının sebebinin üründe meydana gelen nem kaybından, yağın etkisinden ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Dogan ve diğ. (2005) kaplama maddesi olarak iki farklı un (soya unu ve pirinç unu) kullandıkları çalışmada tavuk nugget örneklerini 12 dakika boyunca 180°C’de kızartmışlardır. Kızartma süresince ve sonunda örneklerin renk değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar kızartma işlemleri sonunda Hue açısı değerinin azaldığını belirlemişlerdir.

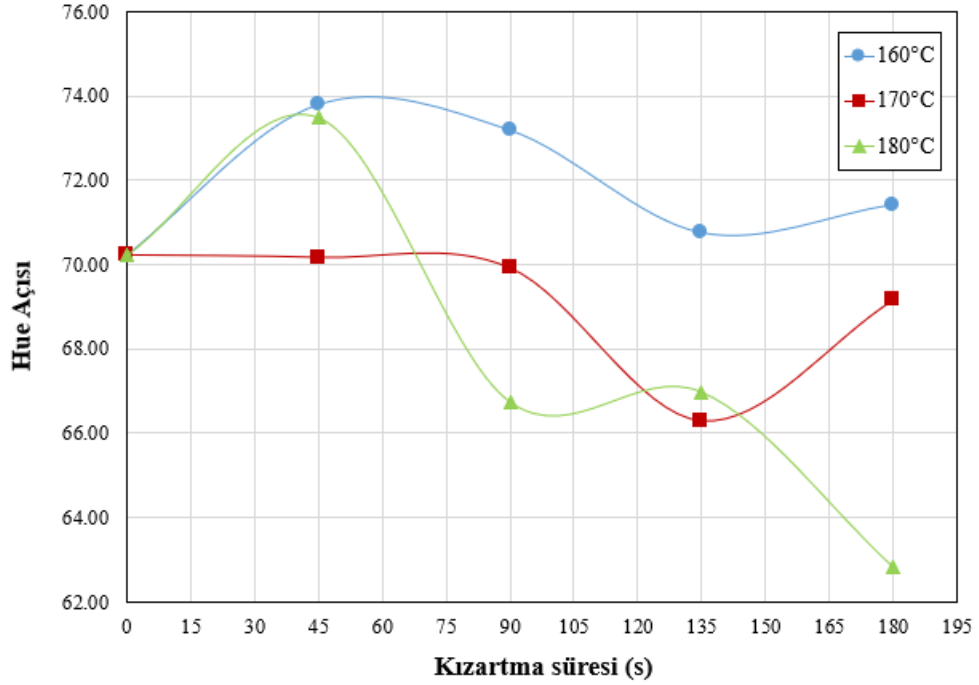
**Tablo 4.8:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin hue açısı değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	70.22±0.74 <sup>aA</sup>	70.22±0.74 <sup>aA</sup>	70.22±0.54 <sup>aA</sup>
45	73.79±0.17 <sup>bA</sup>	70.16±0.25 <sup>aA</sup>	73.50±0.24 <sup>bB</sup>
90	73.18±0.28 <sup>bA</sup>	69.91±0.29 <sup>aB</sup>	66.74±0.49 <sup>cC</sup>
135	70.75±0.15 <sup>aA</sup>	66.29±0.79 <sup>bB</sup>	66.97±0.75 <sup>cB</sup>
180	71.41±0.65 <sup>cA</sup>	69.14±0.42 <sup>aB</sup>	62.81±1.12 <sup>dC</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).





Şekil 4.7: Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait hue açısı değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.4.6 Toplam Renk Değişimi ( $\Delta E$ )

Önemli bir renk karakteristiği olan toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), kızartma işlemi öncesi tavuk nugget örnekleri ile kızartılmış örnekler arasındaki renk değişimini ifade etmektedir. Tablo 4.9’da  $\Delta E$  değerleri incelendiğinde, kızartma sıcaklığı arttıkça  $\Delta E$  değerleri de artmıştır. 160, 170 ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri sonunda  $\Delta E$  değerleri sırasıyla  $4.78 \pm 0.55$ ,  $6.56 \pm 0.38$  ve  $9.31 \pm 0.76$  olarak hesaplanmıştır. Ayrıca 180 saniye süren her bir sıcaklıkta yapılan kızartma işlemleri süresince de  $\Delta E$  değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler neticesinde belirlenen artışların birbirlerinden farklı olduğu saptanmıştır. Şekil 4.8’de  $\Delta E$  değerlerinin üç farklı sıcaklıkta kızartma süresince artışlarını gösteren grafik verilmiştir.

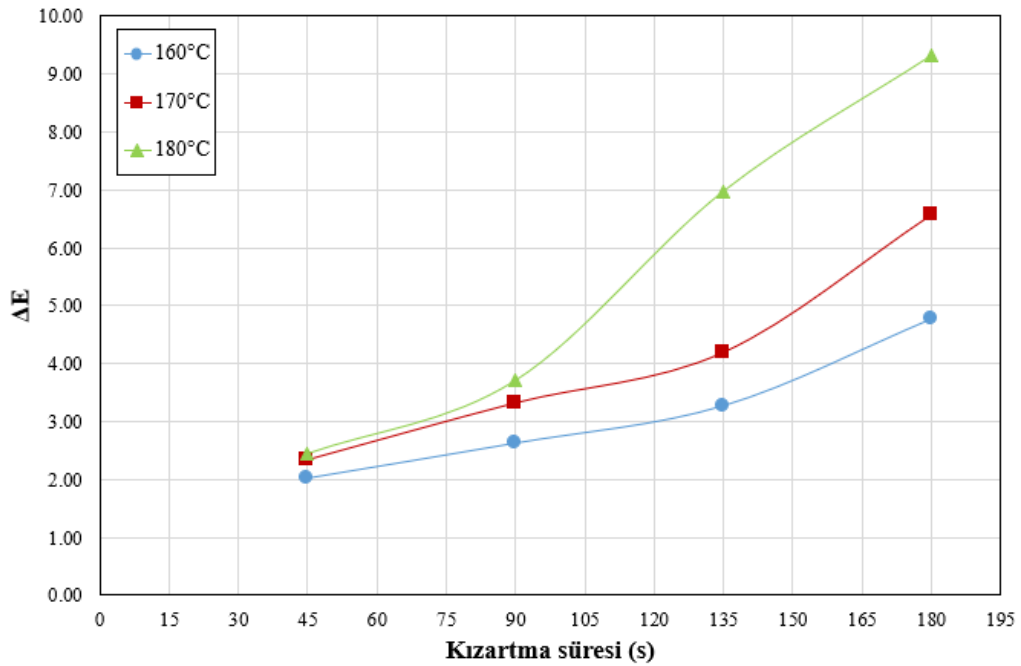
Sahin ve diğ. (2005), farklı katkı maddelerini (hidroksi metil selüloz, guar gam, ksantan gam ve arabik gam) kaplama malzemesi olarak tavuk nugget üretiminde kullanmışlardır. Araştırmacılar, üretilen tavuk nugget örneklerini 180°C’de 12 dakika boyunca derin yağda kızartmışlardır. Kızartma süresince ve sonunda örneklerin renk

değerleri ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak  $\Delta E$  değeri de hesaplanmıştır. Sonuç olarak araştırmacılar tüm örneklerde kızartma süresince  $\Delta E$  değerlerinde artış olduğu saptamışlardır. Bir başka çalışmada, Manjunatha ve diğ. (2014) Gethi isimli bitkiyi 120, 140, 160 ve 180°C sıcaklıklarda derin yağda kızartmışlardır. Araştırmacılar kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte  $\Delta E$  değerlerinde de bir artış olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun örneklerin  $L^*$  değerlerinin kızartma sıcaklığı arttıkça azalmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Benzer durumla patateslerin kızartılmasında Garayo ve Moreira (2002) tarafından yapılan çalışmada da karşılaşılmıştır.

**Tablo 4.9:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin toplam renk değişimi değerleri

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
0	0	0	0
45	2.01±0.32 <sup>aA</sup>	2.34±0.15 <sup>aA</sup>	2.45±0.44 <sup>aA</sup>
90	2.62±0.30 <sup>bA</sup>	3.32±0.39 <sup>bB</sup>	3.71±0.47 <sup>bB</sup>
135	3.27±0.25 <sup>cA</sup>	4.19±0.46 <sup>cB</sup>	6.97±0.38 <sup>cC</sup>
180	4.78±0.55 <sup>dA</sup>	6.56±0.38 <sup>dB</sup>	9.31±0.76 <sup>dC</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir ( $p < 0.05$ ).



**Şekil 4.8:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait  $\Delta E$  değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

#### 4.5 Tavuk Nuggetta Kaplama Tutunma Yüzdesi

Kaplamalı ürünlerde son ürün kalitesi üzerine etkili faktörlerden birisi kaplanacak ürüne kaplama materyalinin tutundurulma yüzdesidir. Kaplama formülasyonlarına ilave edilen protein içeriği yüksek unlar ve değişik karakterdeki hidrokolloidler kaplama tutunma yüzdesi üzerine etkilidir (Chen ve diğ. 2008). Kaplama tutunma terimi, kaplamanın kendi içinde veya uygulandığı gıda ürününe kimyasal ve fiziksel bağlanabilirliği şeklinde tanımlanabilir (Kaymak Ertekin 2005).

Tavuk nugget örneklerinin kaplama tutunma yüzde değeri  $43.78 \pm 2.34$  olarak hesaplanmıştır. Kaplama tutunma yüzdeleri ile ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Nitekim Yüksel (2022) beyaz şerit problemlili tavuk göğüs etlerinden ürettiği, %100 normal göğüs etinin kullanıldığı örneklerin kaplama tutunma yüzde değerini  $43.65 \pm 4.18$  olarak hesaplamıştır. Gökçe ve diğ. (2016) tarafından yapılan, farklı unların (buğday, mısır, çavdar ve soya unu) kaplama bileşeni olarak kullanıldığı çalışmada ise çiğ piliç nuggetların kaplama tutunma yüzdesinin %11.53-14.28 arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir.

#### 4.6 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Tekstürel Özelliklerindeki Değişim

Tekstür profil analizi (TPA) gıdaların tekstürel özelliklerini belirlemek için kullanılan en yaygın metottur. TPA testi sonucu elde edilen sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet (springiness), kırılabilirlik (fracturability), iç yapışkanlık (cohesiveness), sakızimsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness) ve anlık elastikiyet (resilience) gibi önemli tekstür parametreleri hesaplanmaktadır (Bourne 2002; Erdemir ve Karaoğlu 2021). Literatürdeki tavuk nuggetın derin yağda kızartılması ile ilgili çalışmalara bakıldığında araştırmacıların yukarıda verilen tekstür parametrelerinden bazılarını dikkate aldığı görülmüştür. Faloye ve diğ. (2021) tavuk nugget örneklerini  $155-175^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında derin yağda 3-7 dakika arasındaki sürelerde kızartmışlardır. Araştırmacılar, örneklerin tekstür parametrelerinden çiğnenebilirlik, elastikiyet, sertlik, yapışkanlık ve iç yapışkanlık değerlerinin değişimlerini incelemişlerdir. Bir başka

çalışmada, Tamsen ve diğ. (2018) farklı unları kaplama malzemesi olarak tavuk nugget üretiminde kullanmışlardır. Araştırmacılar daha sonra nugget örneklerini 180°C’de 30 s kızartmışlar ve örneklerin tekstür parametrelerinden sertlik, iç yapışkanlık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada ise literatür ile karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri ölçülmüştür.

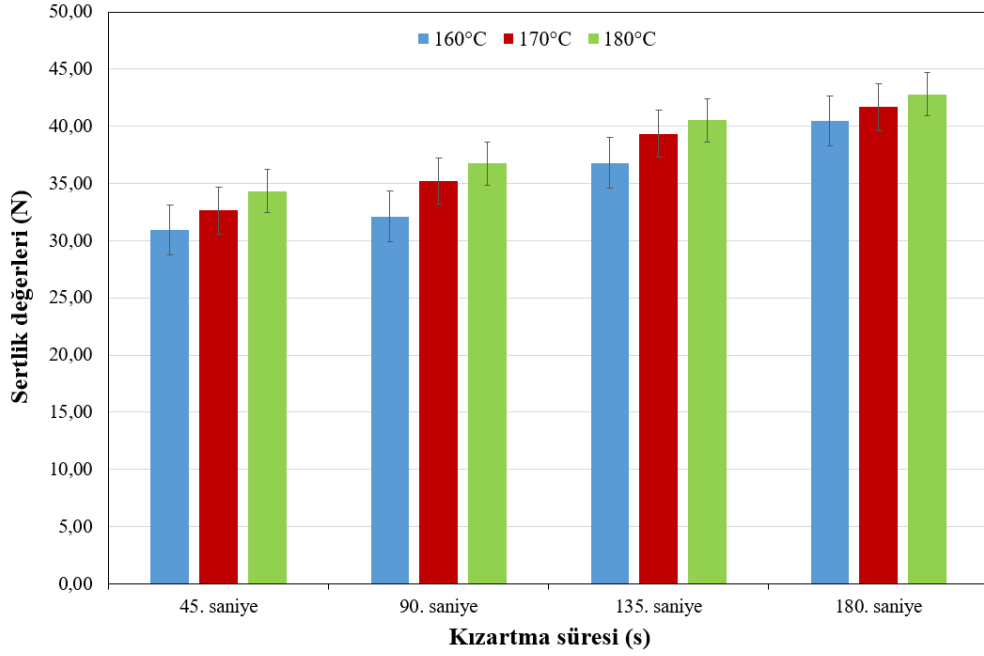
İlk sıkıştırma kurvesinden tespit edilen “sertlik” numuneyi belli bir düzeye kadar deforme etmek için gereken kuvvet veya ilk sıkıştırma için gereken maksimum kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Bourne 2002; Chang ve diğ. 2011). Tavuk nugget örneklerinde üç farklı sıcaklıkta 45., 90., 135. ve 180. saniyelerinde ölçülen sertlik değerleri Tablo 4.10’da verilmiştir. Kızartma süresince tavuk nugget örneklerinin sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.9’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında kızartma sıcaklığı arttıkça örneklerin sertlik değerlerinde bir artış meydana gelmiştir. 170°C ve 180°C’de yapılan kızartma işlemlerinin 90. ve 135. saniyelerinde ölçülen sertlik değerleri arasında istatistiksel açıdan farkın olmadığı belirlenmiştir. Tüm kızartma işlemlerinde kızartma süresince ölçülen sertlik değerlerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Literatürdeki yapılan çalışmalara bakıldığında benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür. Nitekim Castro-Lopez ve diğ. (2023) derin yağda 170°C, 180°C ve 190°C’de 15 dakika boyunca kızarttıkları tavuk nugget örneklerinde sertlik değerlerinde artış meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Teruel ve diğ. (2015) patatesleri farklı sıcaklıklarda kızartırken benzer durumla karşılaşmışlardır. Araştırmacılar bu durumun derin yağda kızartma sırasında sıcaklık ve süre artışının gıdadaki suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasıyla birlikte oluşan boşlukların yağ tarafından doldurulmasıyla gıdanın sert bir yapı alabileceği düşüncesiyle açıklamışlardır.

**Tablo 4.10:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin sertlik değerleri (N)

<b>Kızartma süresi (s)</b>	<b>160°C</b>	<b>170°C</b>	<b>180°C</b>
45	30.93±0.75 <sup>aA</sup>	32.63±0.66 <sup>aB</sup>	34.33±0.72 <sup>aC</sup>
90	32.12±0.89 <sup>bA</sup>	35.20±0.59 <sup>bB</sup>	36.74±0.81 <sup>bB</sup>
135	36.80±0.78 <sup>cA</sup>	39.36±0.80 <sup>cB</sup>	40.53±0.44 <sup>cB</sup>
180	40.49±0.67 <sup>dA</sup>	41.67±0.68 <sup>dB</sup>	42.80±0.62 <sup>dC</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).



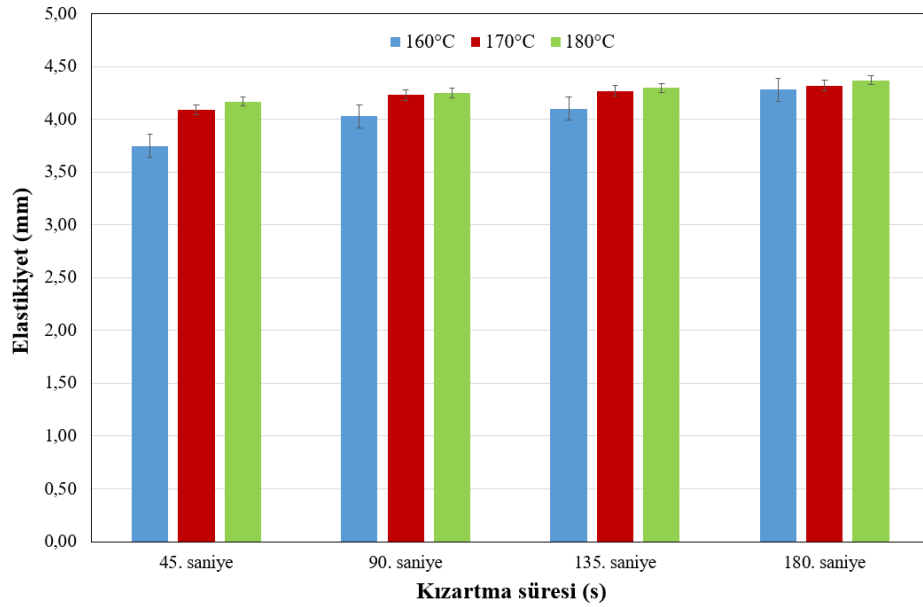
**Şekil 4.9:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait sertlik değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

Elastikiyet, ilk sıkıştırma sonrasında gıdanın eksi halini alma oranı olarak ifade edilmektedir (Chang ve diğ. 2011; Erdemir ve Karaoğlu 2021). Tavuk nugget örneklerinde üç farklı sıcaklıkta yapılan derin yağda kızartma işlemlerinin 45., 90., 135. ve 180. saniyelerinde elde edilen elastikiyet değerleri (mm) Tablo 4.11’de, kızartma işlemleri boyunca tavuk nugget örneklerinin elastikiyet değerlerinde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.10’da verilmiştir. Üç farklı sıcaklıkta yapılan derin yağda kızartma işlemlerinde elastikiyet değerlerinin kızartma süresince arttığı belirlenmiştir. Kızartma işleminin 45. saniyesinde 160°C, 170°C ve 180°C’de elastikiyet değerleri sırasıyla  $3.75 \pm 0.14$ ,  $4.09 \pm 0.18$  ve  $4.17 \pm 0.12$  mm olarak saptanmıştır. Bu değerlerin istatistik olarak birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 170°C ve 180°C’de yapılan kızartma işlemlerinin 135. ve 180. saniyelerinde ölçülen elastikiyet değerlerinin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada ayrıca kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte elastikiyet değerlerinde de artış meydana geldiği belirlenmiştir. 160°C, 170°C ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri sonunda tavuk nugget örneklerinin elastikiyet değerleri sırasıyla  $4.28 \pm 0.12$ ,  $4.32 \pm 0.10$  ve  $4.37 \pm 0.12$  mm olarak saptanmıştır. Bu değerlerini istatistiksel açıdan da birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 4.11:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin elastikiyet değerleri (mm)

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
45	3.75±0.14 <sup>aA</sup>	4.09±0.18 <sup>aB</sup>	4.17±0.12 <sup>aC</sup>
90	4.03±0.10 <sup>bA</sup>	4.23±0.15 <sup>bB</sup>	4.25±0.11 <sup>bB</sup>
135	4.10±0.21 <sup>bA</sup>	4.27±0.12 <sup>bcB</sup>	4.30±0.14 <sup>bcB</sup>
180	4.28±0.12 <sup>cA</sup>	4.32±0.10 <sup>cB</sup>	4.37±0.12 <sup>cC</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).  
<sup>A-C</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).



**Şekil 4.10:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait elastikiyet değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

Rahimi ve diğ. (2018) tavuk nugget örneklerini infrared tekniği ile pişirmelerdir. Araştırmacılar, bu teknik ile pişirme sürecinde örneklerin bazı kalite parametrelerini incelemişlerdir. Farklı işlem süresi (5, 7 ve 9 dak.) ve ısı akımının (6.95, 8.6 ve 10.25 kW/m<sup>2</sup>) uygulandığı çalışmada, araştırmacılar örneklerin tekstür parametrelerinden biri olan elastikiyet değerinin artan süre ve ısı akımıyla birlikte arttığını ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada Ran ve diğ. (2023) sebze balık köftelerini 160°C’de 360 saniye kızartmışlardır. Kızartma işleminin 60., 120., 180., 240., 300. 360. saniyelerinde sebze balık köftelerinin bazı kalite özelliklerini incelemişlerdir. Tekstür parametrelerinden biri olan elastikiyet değerinin kızartma işleminin 60. saniyesinde en düşük, kızartma işleminin sonunda yani 360. saniyede ise en yüksek değere ulaştığını ifade etmişlerdir. Her ne kadar sayısal değer olarak 360.

saniyede ölçülen elastikiyet değeri en yüksek olsa da, kızartma işleminin 180., 240., 300. ve 360. saniyelerinde ölçülen elastikiyet değerleri arasında istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir.

İç yapışkanlık, iç yapıyı parçalamadaki zorluk derecesinin bir ölçüsüdür ve gıdanın ikinci sıkıştırmaya gösterdiği mukavemet şeklinin, sıkıştırmadaki davranışına oranı şeklinde ifade edilmektedir (Zhenfeng ve diğ. 2007; Erdemir ve Karaoğlu 2021). Tavuk nugget örneklerinde, üç farklı sıcaklıkta 180 saniye yapılan kızartma işlemleri boyunca ölçülen iç yapışkanlık değerleri Tablo 4.12’de ve yine bu değerlerde meydana gelen değişimler ise Şekil 4.11’de verilmiştir. Tablo 4.12’deki değerlere bakıldığında üç farklı sıcaklıkta 180 saniye yapılan kızartma işlemleri sonucunda ölçülen iç yapışkanlık değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca kızartma sıcaklıklarının artması veya azalması durumunda da örneklerin iç yapışkanlık değerlerinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı saptanmıştır.

**Tablo 4.12:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin iç yapışkanlık değerleri

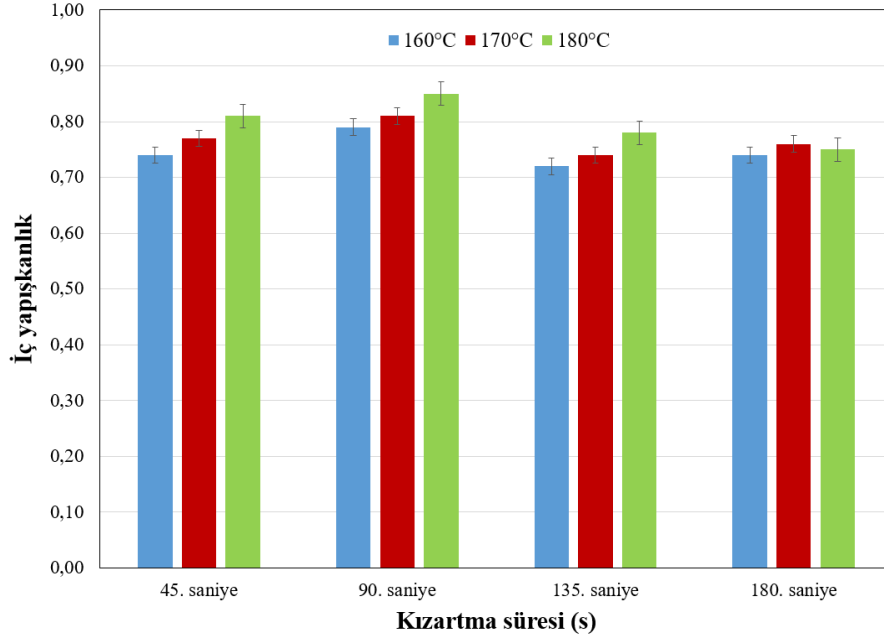
<b>Kızartma süresi (s)</b>	<b>160°C</b>	<b>170°C</b>	<b>180°C</b>
45	0.74±0.11 <sup>aA</sup>	0.77±0.17 <sup>aA</sup>	0.81±0.13 <sup>aA</sup>
90	0.79±0.13 <sup>aA</sup>	0.81±0.09 <sup>aA</sup>	0.85±0.12 <sup>aA</sup>
135	0.72±0.15 <sup>aA</sup>	0.74±0.13 <sup>aA</sup>	0.78±0.13 <sup>aB</sup>
180	0.74±0.10 <sup>aA</sup>	0.76±0.12 <sup>aA</sup>	0.75±0.14 <sup>aA</sup>

<sup>a</sup>Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

<sup>A-B</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).

Elde edilen sonuçlar ile literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları kıyaslandığında benzer durumun olduğu görülmüştür. Nitekim Kim ve diğ. (2015) farklı formülasyonda ürettikleri tavuk nugget örneklerini 180°C’de 5 dakika boyunca derin yağda kızartmışlardır. Araştırmacılar örneklerin kızartma öncesi iç yapışkanlık değerini 0.41±0.07 ve kızartma işlemleri sonunda ise 0.43 ile 0.45 değerleri arasında ölçmüşlerdir. Yaptıkları istatistiksel analiz sonucunda, kızartma öncesi ve kızartma sonrası farklı formülasyonlara sahip tavuk nugget örneklerinin iç yapışkanlık değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı sonucuna varmışlardır. Bir başka çalışmada Şişik Oğraş ve Kaplan (2022) farklı kızartma yöntemlerinin ve farklı kızartma yağlarının hindi nuggetların kızartılmasında etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar atmosferik koşullarda ve basınç altında derin yağda kızartma işlemi yapmışlar ve bu kızartma

işlemlerinde fındık yağı ve ayçiçek yağı kullanmışlardır. Atmosferik koşullarda 180°C’de ve basınç altında 160°C’de iki farklı kızartma yağı kullanılan çalışmanın sonucunda hindi nugget örneklerinin iç yapışkanlık değerleri arasında istatistiksel açıdan belirgin bir farkın olmadığını belirtmişlerdir.



**Şekil 4.11:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait iç yapışkanlık değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

Katı bir gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için gerekli olan çiğneme kuvveti çiğnenebilirlik olarak tanımlanır. Çiğnenebilirlik, sakızimsılık ile elastikiyet veya sertlik, iç yapışkanlık ve elastikiyet çarpımlarından hesaplanan bir diğer ikincil parametredir (Bourne, 2002; Tamsen ve diğ. 2018; Erdemir ve Karaoğlu 2021). Szczesniak (1996) çiğnenebilirliğin katı gıdalar için, sakızimsılığın ise yarı katı gıdalar için uygun parametreler olduğunu belirtmekte ve genellikle sakızimsılık ve çiğnenebilirliğin aynı gıda için verilemeyeceğine dikkat çekmektedir. Bu durum dikkate alınarak çalışmada çiğnenebilirlik değerleri dikkate alınmıştır. Diğer tekstür parametreleri gibi çiğnenebilirlik değeri de üç farklı sıcaklıkta kızartılan tavuk nugget örneklerinde belirlenmiş ve Tablo 4.13’te 180 saniye boyunca ölçülen çiğnenebilirlik değerleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.12’de de bu değerlerin değişimini gösteren sütun grafiği verilmiştir. Sertlik ve elastikiyet değerlerinde olduğu gibi kızartma sıcaklığı arttıkça çiğnenebilirlik değerlerinde artmıştır. Kızartma işlemlerinin 45. Saniyesinde 160°C, 170°C ve 180°C’de sırasıyla kızartma değerleri  $84.54 \pm 0.56$ ,  $84.66 \pm 0.45$  ve

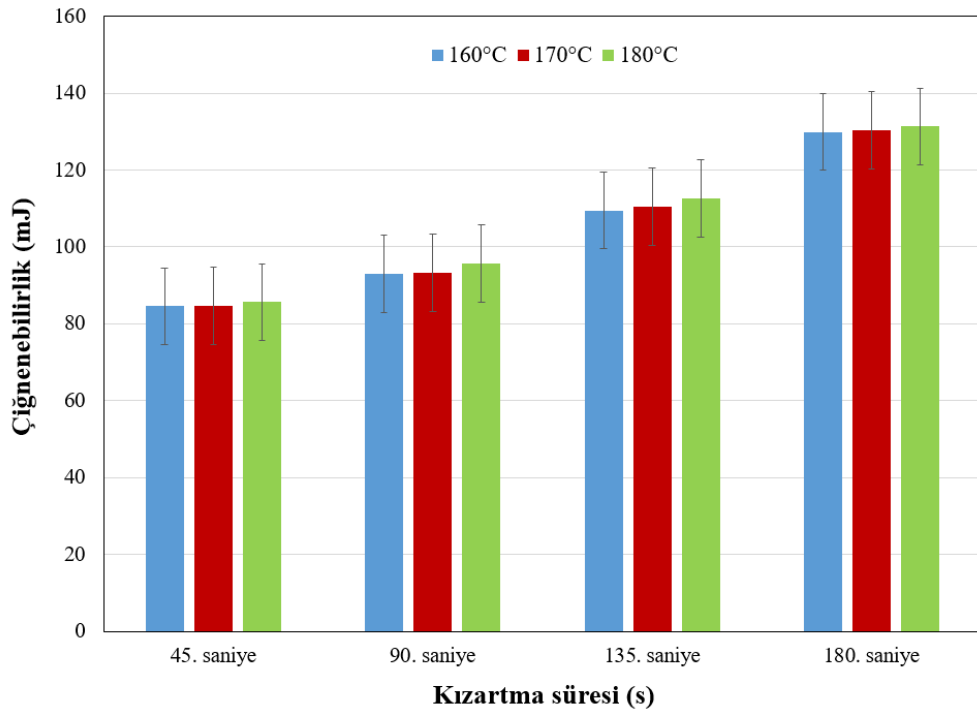


85.65±0.65 mJ olarak saptanmıştır. Derin yağda üç farklı sıcaklıkta yapılan kızartma işlemleri süresince ölçülen çignenebilirlik değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir. Fakat tüm kızartma sürelerinde yapılan ölçümlerde sıcaklık değerinin artmasına rağmen çignenebilirlik değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı belirlenmiştir. Örneğin 180. Saniyede 160°C, 170°C ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri neticesinde ölçülen çignenebilirlik değerleri sırasıyla 129.88±0.84, 130.45±0.63 ve 131.34±0.56 mJ olmasına rağmen bu değerler arasında istatistiksel açıdan bir fark olmadığı belirlenmiştir. Benzer duruma diğer kızartma sürelerinde de rastlanmıştır.

**Tablo 4.13:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin çignenebilirlik değerleri (mJ)

Kızartma süresi (s)	160°C	170°C	180°C
45	84.54±0.56 <sup>aA</sup>	84.66±0.45 <sup>aA</sup>	85.65±0.65 <sup>aA</sup>
90	92.94±0.67 <sup>bA</sup>	93.34±0.79 <sup>bA</sup>	95.67±0.58 <sup>bA</sup>
135	109.45±0.77 <sup>cA</sup>	110.56±0.61 <sup>cA</sup>	112.67±0.62 <sup>cA</sup>
180	129.88±0.84 <sup>dA</sup>	130.45±0.63 <sup>dA</sup>	131.34±0.56 <sup>dA</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).  
<sup>A</sup> Aynı satırda farklı harfler ile gösterilen uygulamalar arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli düzeydedir (p<0.05).



**Şekil 4.12:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait çignenebilirlik değerlerinin kızartma süresi ile değişimi

Literatürde bulunan kıvartılan farklı ürünlerin çivnenebilirlik değerlerini içeren çalışmalar ile bu çalışmadan elde edilen değerler kıyaslanmıştır. Ran ve diğ. (2023) sebzeli balık köftelerini 160°C’de derin yağda 360 saniye kıvartmışlar ve kıvartmanın 60., 120., 180., 240., 300. ve 360. saniyelerinde örneklerin tekstür parametrelerini incelemişlerdir. Sonuç olarak araştırcılar ivnenebilirlik değerinin 60. saniyede en küçük 360. Saniyede en büyük olduğunu belirtmişlerdir. Literatürdeki bu çalışma ile elde edilen sonuçlar kıyaslandığında bir benzerlik olduğu sonucuna varılmıştır. Fakat yine literatürde bulunan Omidiran ve diğ. (2022) tarafından yapılan çalışmada tam tersi bir sonuç elde edildiği ifade edilmiştir. Araştırcılar, Derinsu mezeit balığından yaptıkları nuggetları 150°C, 160°C ve 170°C sıcaklıklarda derin yağda 5 dakika boyunca kıvartmışlardır. Kıvartma sonunda ivnenebilirlik değerlerinin kıvartma sıcaklığının artmasıyla azaldığını ifade etmişlerdir. Böylesini farklı bir durumun ortaya çıkmasında nugget üretimde kullanılan kaplama maddelerinin çeşitliği, nugget kalınlığı ve kıvartma süresinin etkili olabileceği dşnlmektedir.

#### **4.7 Kıvartma Sırasında Tavuk Nuggetın Etkin Difüzyon Katsayısı**

Üç farklı sıcaklıkta derin yağda tavuk nugget örneklerinin 180 saniye kıvartılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm kıvartma sıcaklıklarında kıvartmanın başlarında örneklerin nem içeriğinde hızlı bir düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. Başlangıçtaki bu hızlı nem düşüşünün tavuk nugget örneklerinin yüzeyindeki nem kaybından kaynaklandığını ifade eden literatürde birçok çalışma bulunmaktadır (Adedeji ve diğ. 2009; Nasiri ve diğ. 2011; Ran ve diğ. 2023). Kıvartma sırasında, örnek yüzeyindeki su yoğun bir şekilde buharlaşır, bu da kabuk oluşumuna yol açar ve bu duruma bağlı olarak da örnek içerisindeki nemin buharlaşması yavaşlar (Zhang ve diğ. 2020). Nitekim 160°C, 170°C ve 180°C’de 180 s yapılan kıvartma işlemlerinde tavuk nugget örneğinin nem içeriği 0.0180±0.003’ten sırasıyla 0.0129±0.001, 0.0124±0.002 ve 0.0117±0.002 kg su/kg kuru madde değerlerine düştüğü saptanmıştır.

Derin yağda farklı sıcaklıklarda kıvartılmış tavuk nugget örneklerinin etkin difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ) ve  $R^2$  değerlerine ait bulgular Tablo 4.14’te verilmiştir. Tavuk nugget örneklerinin 160, 170 ve 180°C’de kıvartılması ile elde edilen etkin difüzyon katsayısı değerleri sırasıyla  $2.74 \times 10^{-8}$ ,  $8.22 \times 10^{-8}$  ve  $13.69 \times 10^{-8}$  m<sup>2</sup>/s olarak

bulunmuştur. Kızartılmış tavuk nugget örneklerinin etkin difüzyon katsayısı değerinin sıcaklık artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Kızartma sıcaklığındaki artışa bağlı olarak tavuk nugget örneklerinin yüzeyinden daha fazla nem buharlaşmış ve bu durum örneklerin iç kısımlarından yüzeye nem transferini tetiklemiştir.

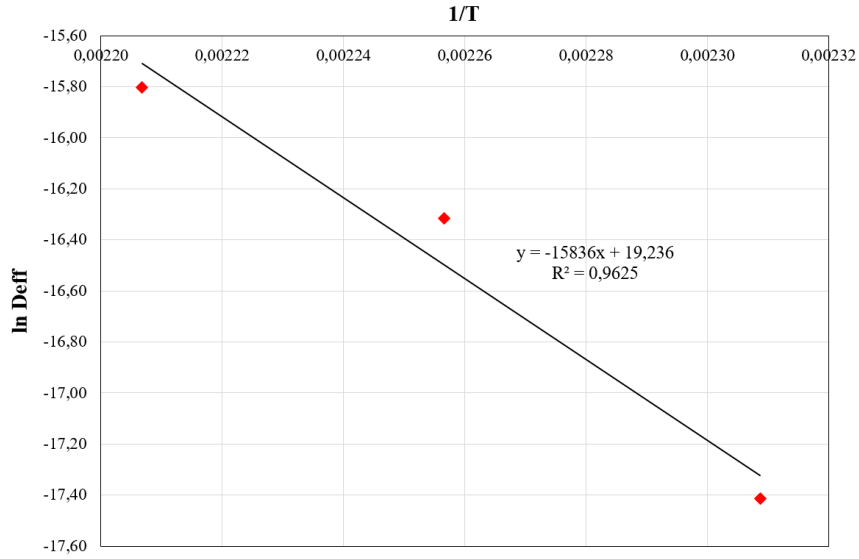
**Tablo 4.14:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin etkin difüzyon katsayısı ( $D_{eff}$ ) ve  $R^2$  değerleri

Kızartma Sıcaklığı (°C)	$D_{eff} \times 10^{-8}$ ( $m^2/s$ )	$R^2$
160	2.74	0.966
170	8.22	0.981
180	13.69	0.975

Elde edilen sonuçlar ile literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları arasında benzerlik bulunmaktadır. Castro-Lopez ve diğ. (2023) tavuk nuggetları derin yağda 160, 170, 180 ve 190°C’de sıcaklıklarda kızartmışlar ve etkin difüzyon katsayısı değerlerini sırasıyla  $1.46 \times 10^{-7}$ ,  $2.92 \times 10^{-7}$ ,  $4.28 \times 10^{-7}$  ve  $5.19 \times 10^{-7}$   $m^2/s$  olarak hesaplamışlardır. Yıldız (2005), tarafından parmak patateslerin kızartılması sırasında ısı ve kütle transfer parametreleri birlikte incelenmiş, gerçekçi bir yaklaşımla parmak patates geometrisi kullanılmıştır. Patates, farklı yağ sıcaklıklarında kızartılmış ve etkin nem difüzyon katsayısının yağ sıcaklığının (150, 170, 190°C) artması ile arttığı ( $9.2 \times 10^{-9}$ ,  $11.0 \times 10^{-9}$ ,  $18.2 \times 10^{-9}$   $m^2/s$ ) belirlenmiştir. Mohebbat ve diğ. (2005) tarafından yapılan farklı hamur formülasyonları ile kaplanmış karides nugget kızartma sırasında kütle transferini belirlemeye yönelik bir çalışmada, kütle transferinin sıcaklık ve zamana bağlı değişimi araştırmışlardır. Birinci dereceden kinetik model kullanılarak etkin nem difüzyon katsayısının sıcaklık artışına paralel olarak arttığını ifade etmişlerdir.

Sıcaklığın etkin nem difüzyon katsayısına etkisi Arrhenius tipi eşitlikle tanımlanmaktadır. Tablo 4.14’teki etkin nem difüzyon katsayısı değerlerinin doğal logaritması,  $1/T$  değerlerine karşılık grafiğe geçirildiğinde Şekil 4.13 elde edilir. Bu grafiğin eğimi ( $m$ ),  $(-E_a/R)$  değerine eşittir. Buna göre; bilinmeyen değerler yerine konduğunda, ( $m = -15836$  ve  $R$  (ideal gaz sabiti) =  $8.314 \times 10^{-3}$  kJ/molK) aktivasyon enerjisi  $E_a = 128.81$  kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Castro ve diğ. (2023) derin yağda tavuk nuggetların kızartma işleminde nem difüzyonu için aktivasyon enerjisi değerini 70.29 kJ/mol olarak belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada, Adedeji ve diğ. (2009)

tavuk nuggetlarının derin yağda kızartılması sırasında aktivasyon enerjisi değerini, 45.59 kJ/mol olarak hesaplamışlardır. Literatürdeki bu araştırmaların sonuçları ile çalışmanın sonucu arasında fark olduğu görülmektedir. Bu durum çalışmada, tavuk nuggetların kızartılmasında daha fazla enerji harcandığını ifade etmektedir.



**Şekil 4.13:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerine ait difüzyon katsayılarının sıcaklıkla ilişkisi

#### 4.8 Kızartma Sırasında Tavuk Nuggetın Yağ Kazanım Kinetiği

Yağ kazanımı esas olarak bir yüzey olgusu olduğu için kızartma yağı sadece suyun buharlaştığı yerlere nüfuz edebilir. Bu yüzden nem kaybı ve yağ kazanımı birbirleriyle ilişkilidir (Mellema 2003; Duran ve diğ. 2007). Normalde son üründe daha yüksek nem içeriği varsa daha düşük yağ içeriğine sahip olması beklenir (Mellema, 2003; Nasiri ve diğ. 2011). Kızartma sıcaklığının yağ alımı üzerindeki etkisini incelemek için çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da bu durum tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır (Troncoso ve Pedreschi 2009). Bu araştırmada, yağ kazanımı tüm kızartma sıcaklıkları için kızartma süresi ile artarken, artan kızartma sıcaklığı ile yağ kazanımında bir azalma meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, Nasiri ve diğ. (2011) tarafından 150°C, 170°C ve 190°C’de kızartılmış karides nuggetları için ve Adedeji ve diğ. (2009) tarafından 170 ve 190°C sıcaklığında aralığında kızartılmış tavuk nuggetlar için bildirilen sonuçlarla tutarlıdır. Ancak Miranda ve Aguilera (2006)

bildirilenlerin aksine, kızartma sıcaklığının yağ kazanımını önemli ölçüde etkilemediğini ifade etmişlerdir. Genel olarak, daha yüksek kızartma sıcaklıklarında, dokusal değişiklikler nedeniyle, gıdanın iç kısmı ile çevreleyen yağ arasında fiziksel bir bariyer görevi gören daha iyi gelişmiş bir kabuk oluşumu veya kabuğun gözenekliliğindeki azalma nedeniyle, yağ emilimi azalır (Dana ve Saguy 2006; Troncoso ve Pedreschi 2009).

Çalışmada, yağ içeriği verileri kullanılarak Eşitlik (3.10) ile yağ emiliminin transfer katsayısı ( $k$ ) değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4.15'te derin yağda kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ emiliminin transfer katsayıları verilmiştir. Yağ emiliminin transfer katsayısı değerleri, yağ sıcaklığı, ürün tipi, uygulanan ön işlem, kızartma koşulları, ürün genişliği ve yağ tipi gibi ana işlem değişkenlerine bağlıdır (Troncoso ve Pedreschi 2009; Adedeji ve diğ. 2009). Nasiri ve diğ. (2011) karides nugget için  $0.0035$  ile  $0.0078 \text{ s}^{-1}$  aralığında yağ emiliminin transfer katsayısı değerinin değiştiğini, Adedeji ve diğ. (2009) ise tavuk nugget için  $0.04$ - $40.96 \text{ s}^{-1}$  aralığında değiştiğini belirtmiştir. Moyano ve Pedreschi (2006) yağ emiliminin transfer katsayısı değerini kontrol örnekleri için  $7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ ,  $120^\circ\text{C}$ 'de kızartılmış önceden haşlanmış ve kurutulmuş kızarmış patates örnekleri için ise  $0.218 \text{ s}^{-1}$  olarak hesaplamıştır.

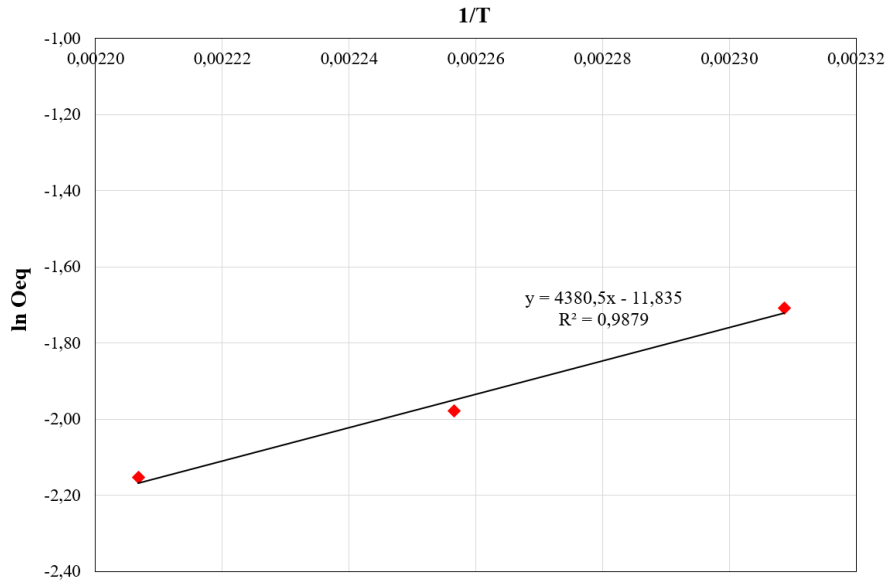
Tablo 4.15'te gösterildiği gibi, kızartma sıcaklığı arttıkça yağ emiliminin transfer katsayısı değeri artarken, denge yağ içeriği ( $O_{eq}$ ) kızartma sıcaklığı ile azalmıştır. Bu durumun, daha yüksek kızartma sıcaklıklarında daha düşük yağ emiliminin meydana geldiği iddiasıyla uyumlu olduğu görülmektedir (Moyano ve Pedreschi 2006; Nasiri ve diğ. 2011).

**Tablo 4.15:** Derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılan tavuk nugget örneklerinin yağ emiliminin transfer katsayısı ( $k$ ),  $R^2$  ve denge yağ içeriği değerleri ( $O_{eq}$ )

Kızartma Sıcaklığı ( $^\circ\text{C}$ )	$k$ ( $\text{s}^{-1}$ )	$R^2$	$O_{eq}$ (g yağ/g kuru madde)
160	0.0082	0.958	0.1813
170	0.0091	0.951	0.1383
180	0.0094	0.958	0.1161

Etkin nem difüzyon katsayısına sıcaklığın etkisinin Arrhenius tipi eşitlikle belirlendiği gibi denge yağ içeriği değerlerine sıcaklığın etkisi yine bu eşitliğe bağlı olarak belirlenmiştir. Tablo 4.15'teki denge yağ içeriği değerlerinin doğal logaritması,

1/T değerlerine karşılık grafiğe geğirildiğinde Şekil 4.14'teki grafik elde edilir. Bu grafiğin eğiminden ve ideal gaz sabitinden yararlanılarak aktivasyon enerjisi -35.63 kJ/mol olarak hesaplanmıştır. Nasiri ve diğ. (2011) derin yağda farklı unlarla kaplanmış karides nugget kızartma işleminde yağ kazanımı için aktivasyon enerjisi değerlerini -13.45 ile -27.58 kJ/mol arasında hesaplamışlardır. Duran ve diğ. (2007) kavrulmuş patates cipslerinin yağ kazanımı için aktivasyon enerjisi değerinin -3.901kJ/mol olduğunu bildirmişlerdir. Negatif aktivasyon enerjisi değerleri, sıcaklık artışıyla birlikte yağ alımının azalan eğilimini göstermektedir. Bu durum, kızartma sırasında yüksek sıcaklıklara kaplamanın daha fazla maruz kaldığını ve dolayısıyla üründeki yağ emiliminin geciktiğini göstermektedir (Adedeji ve diğ. 2009).



**Şekil 4.14:** Farklı sıcaklık değerlerinde derin yağda kızartılan tavuk nugget rneklarine ait eşdeğer yağ içeriği değerlerinin sıcaklıkla ilişkisi

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı kızartma sıcaklıklarının (160, 170 ve 180°C) 180 saniye boyunca derin yağda kızartılmış tavuk nugget örneklerinin nem transferi ve bazı kalite özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kızartma sırasındaki nem kaybı, kızartma sıcaklığı ile artmıştır. Kinetik modeller, kızartma sırasında meydana gelen difüzyon ve yağ transferi için iyi bir uyum sağlamıştır. Arrhenius grafiği, üründeki kütle difüzyonunun sıcaklığa bağımlılığını göstermektedir. Yağ kazanımı kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte azalmıştır. Ayrıca kızartma sıcaklığı arttıkça yağ emiliminin transfer katsayısı artarken, denge yağ içeriği azalmıştır.

Kızartma işlemleri sırasında ayrıca belirli zaman aralıklarında tavuk nugget örneklerinde pH, renk ve tekstür parametreleri ölçümleri de yapılmıştır. Üç farklı sıcaklıkta yapılan derin yağda kızartma işlemleri sonunda örneklerin pH değerlerinin istatistiksel açıdan birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. 160, 170 ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri sonunda örneklerin pH değerleri sırasıyla  $6.12 \pm 0.00$ ,  $6.08 \pm 0.01$  ve  $5.99 \pm 0.00$  olarak ölçülmüştür. Kızartma işlemleri sonunda ölçülen pH değerleri hiç kızartılmamış örneklerin pH değerlerinden yüksek bulunmuştur. Bu durumun örneklerde kızartma sırasında meydana gelen protein denatrasyonundan olabileceği düşünülmektedir.

Tavuk nugget örneklerinin derin yağda kızartma işlemleri süresince renk değerlerinde farklı durumlar belirlenmiştir. Kızartma sıcaklığının artmasıyla birlikte örneklerin  $L^*$  değerlerinde bir azalma meydana geldiği belirlenirken  $a^*$  değerlerinde net bir azalma veya artma tespit edilememiştir. Bunun yanında  $b^*$  değerlerinde 160°C’de yapılan kızartma işlemi sonucunda bir artış belirlenirken 170°C ve 180°C’deki kızartma işlemleri sonunda bir azalma meydana geldiği saptanmıştır.  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinden yararlanılarak hesaplanan kroma değerlerinin başlangıçta hiç kızartılmayan örneklerle istatistiksel açıdan bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Kızartma işlemleri öncesi örneklerin hue açısı, 160°C ve 180°C’de kızartılan örneklerden istatistiki olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Toplam renk değişimi değerleri, kızartma sıcaklığı arttıkça artmıştır. 160°C, 170°C ve 180°C’de yapılan kızartma işlemleri sonunda  $\Delta E$  değerleri sırasıyla  $4.78 \pm 0.55$ ,  $6.56 \pm 0.38$  ve  $9.31 \pm 0.76$  olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada, tekstür parametrelerinden sertlik, elastikiyet, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri derin yağda kızartma işlemleri süresince ölçülmüştür. Kızartma sıcaklığı arttıkça örneklerin sertlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerinde bir artış meydana geldiği, iç yapışkanlık değerlerinde ise istatistiksel açıdan önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak tavuk nuggetın derin yağda farklı sıcaklıklarda kızartılması sırasında kütle transfer parametrelerinin belirlenmesi konusundaki bu çalışma, transfer özelliklerinin hassaslığının artırılmasıyla birlikte farklı gıdalara, farklı kızartma sıcaklıklarına ve endüstriyel alandaki uygulamalara uyarlanabilir. Aynı zamanda bulunan transfer parametreleri, aynı boyut ve geometriye sahip ürünlerin kızartılmasında da kullanılabilir. Böylece işlemi temsil eden bir optimizasyon modeli kurularak, işlem sırasında ürün ve kızartma ortamı arasındaki etkileşimi ve üründe meydana gelen değişimleri sayısal olarak tanımlayabilme olanağı sağlanabilir. Sonuçta daha kaliteli ve güvenli ürün eldesi için işlem tasarımı ve optimizasyonu yapılabilir. Bunun için bu çalışmanın bu konuda yapılacak ileriki çalışmalara da ışık tutacağı düşünülmektedir.



## 6. KAYNAKLAR

Adedeji, A. A., Ngadi, M. O. and Raghavan, G. S. V., “Kinetics of mass transfer in microwave precooked and deep-fat fried chicken nuggets”, *Journal of Food Engineering*, 91(1), 146-153, (2009).

Alım, H., “Derin yağda kızartma işlemi ve kızartma yağında oksidatif değişimler”, *Gıda*, 3(6), (1978).

Altunakar, B., “Functionally of different batters in deep-fat fried chicken nuggets”, Master of Science Thesis, Middle East Technical University, Ankara, 1-55s, (2003).

Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. and Martínez-Monzó, J., “Vacuum frying: an alternative to obtain high-quality dried products”, *Food Engineering Reviews*, 3, 63-78, (2011).

AOAC, “Official Methods of Analysis”, Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA, (2000).

AOAC, “Official Methods of Analysis”, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, (1990).

Ateş, E. and Unal, K., “The effects of deep-frying deep frying, microwave, oven and sous vide cooking on the acrylamide formation of gluten-free chicken nuggets”, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 100666, (2023).

Ballard, T. S. and Mallikarjunan, P., “The effect of edible coatings and pressure frying using nitrogen gas on the quality of breaded fried chicken nuggets”, *Journal of Food Science*, 71(3), 259-264, (2006).

Barbut, S., “Convenience breaded poultry meat products–New developments”, *Trends in Food Science & Technology*, 26(1), 14-20, (2012).

BESD-BİR, “Piliç eti sektör raporu (üretim, tüketim, dış ticaret, sorunlar, görüşler)”, Ankara, Beyaz Et Sanayicileri ve Damızlıkçıları Birliği, (2014).

Bourne, M. C., *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495, USA, (2002).

Cao, C., Xiao, Z., Ge, C. and Wu, Y., “Application and research progress of proteomics in chicken meat quality and identification: a review”, *Food Reviews International*, 38(3), 313-334, (2022).

Castro-López, R., Mba, O. I., Gómez-Salazar, J. A., Cerón-García, A., Ngadi, M. O. and Sosa-Morales, M. E., “Evaluation of chicken nuggets during air

frying and deep-fat frying at different temperatures”. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100631, (2023).

Chang, H. J., Wang, Q. A., Xu, X. L., Li, C. B., Huang, M., Zhou, G. H., Dai, Y., “Effect of Heat-Induced Changes of Connective Tissue and Collagen on Meat Texture Properties of Beef Semitendinosus Muscle”, *International Journal of Food Properties*, 14: 381-396, (2011).

Chen, H. H., Kang, H. Y. and Chen, S. D., “The effects of ingredients and water content on the rheological properties of batters and physical properties of crusts in fried foods”, *Journal of Food Engineering*, 88(1), 45-54, (2008).

Choe, E. and Min, D.B., “Chemistry of deep-fat frying oils”, *Journal of Food Science*, 72(5), 77-86, (2007).

Dana, D. and Saguy, I.S., “Frying of nutritious food: Obstacles and feasibility”, *Food Science and Technology Research*, 7(4), 265–279, (2001).

Dana, D., and Saguy, I. S., “Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and surfactant effect-theory and myth”, *Advances in Colloid and Interface Science*, 128–130, 267-272, (2006).

Davarcioğlu, E. S. ve Soncu, E. D., “Glutensiz nuggetlarda lipolitik değişimler üzerine donmuş depolamanın etkisi”, *Gıda*, 46(1), 201-215, (2021).

de Carvalho, A. G. A., Olmo-García, L., Gaspar, B. R. A., Carrasco-Pancorbo, A., Castelo-Branco, V. N. and Torres, A. G., “Evolution of the metabolic profile of virgin olive oil during deep-frying: assessing the transfer of bioactive compounds to the fried food”, *Food chemistry*, 132205., (2022).

Dobarganes, M.C., Márquez-Ruiz, G. and Velasco, J., “Interactions between fat and food during deep-frying”, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521–528, (2000).

Dogan, S. F., Sahin, S. and Sumnu, G., “Effects of batters containing different protein types on the quality of deep-fat-fried chicken nuggets”, *European Food Research and Technology*, 220, 502-508, (2005).

Dokuzlu, S., Barış, O., Hecer, C. ve Gültaş, M., “Türkiye'de tavuk eti tüketim alışkanlıkları ve marka tercihleri”, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 83-92, (2013).

Duran, M., Pedreschi, F., Moyano, P., and Troncoso, E., “Oil partition in pre-treated potato slices during frying and cooling”, *Journal of Food Engineering*, 81(1), 257-265, (2007).

Erdemir, E. ve Karaoğlu, M., “Et ve et ürünlerinin tekstürel özelliklerini enstrümantal olarak tespit etme yöntemleri ve tekstür profil analizi üzerine bir derleme”, *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 2836-2848, (2021).

Ergezer, H., Yıldız Turp, G. ve Serdaroğlu, M., “Su ürünleri kaplama yöntemleri ve karşılaşılan sorunlar”, Akademik Gıda, 6(1), 11-16, (2008).

Faloye, O. R., Sobukola, O. P., Shittu, T. A. and Bakare, H. A., “Influence of frying parameters and optimization of deep fat frying conditions on the physicochemical and textural properties of chicken nuggets from FUNAAB-alpha broilers”, SN Applied Sciences, 3, 1-17, (2021).

Fellows, P.J., Food processing technology: principles and practice. Elsevier, (2009).

Flynn, A. W. and Bramblett, V. D., “Effect of frozen storage cooking method and muscle quality and attributes of pork loins”, Journal of Food Science, 40, 631-633, (1975).

Garayo, J. and Moreira, R., “Vacuum frying of potato chips”, Journal of Food Engineering, 55, 181–191, (2002).

Gökçe, R., Akgün, A. A., Ergezer, H., Akcan, T., “Farklı kaplama bileşenleriyle kaplamanın derin yağda kızartılan piliç nuggetların bazı kalite karakteristikleri üzerine etkileri”, Journal of Agricultural Sciences, 22(3), 331-338, (2016).

Güner, K. G., “Farklı Kaplama Materyali Kullanılarak Üretilen Tavuk Nuggetlerin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, (2005).

Hekimoğlu, B. ve Altındağ, M., “Kanatlı Hayvan Eti Sektör Raporu Sorunları ve Çözüm Önerileri”, Samsun Tarım İl Müdürlüğü Strateji Geliştirme Birimi Yayını, (2009).

Kaplan, H. “Atmosferik ve Basıncılı Kızartmanın Hindi Nuggetlarının Bazı Kalite Özellikleri ile Kızartma Yağı Kalitesine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, (2020).

Kaymak Ertekin, F., “Gıda Maddelerinin Kaplanması: Kaplama Yöntem ve Ekipmanları”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(1):85-93, (2005).

Kim, H. Y., Kim, K. J., Lee, J. W., Kim, G. W., Choe, J. H., Kim, H. W., ... & Kim, C. J., “Quality evaluation of chicken nugget formulated with various contents of chicken skin and wheat fiber mixture”, Korean journal for food science of animal resources, 35(1), 19, (2015).

Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B. and Marinos-Kouris, D., “Effect of pre-drying on quality of French fries”, Journal of Food Engineering, 49(4), 347-354, (2001).

Kumar, D., Tarafdar, A., Kumar, Y. and Badgujar, P. C., “Intelligent modeling and detailed analysis of drying, hydration, thermal, and spectral characteristics for convective drying of chicken breast slices”, *Journal of Food Process Engineering*, 42(5), e13087, (2019).

Kumar, S., Nema, P. K., Kumar, S. and Chandra, A., “Kinetics of change in quality parameters of khaja during deep-fat frying”, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(9), e16265, (2022).

Lalam, S., Sandhu, J. S., Takhar, P. S., Thompson, L. D. and Alvarado, C., “Experimental study on transport mechanisms during deep fat frying of chicken nuggets”, *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 110-119, (2013).

Manjunatha, S. S., Ravi, N., Negi, P. S., Raju, P. S. and Bawa, A. S., “Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of Gethi (*Dioscorea kamoensis* Kunth) strips”, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3061-3071, (2014).

Mellema, M., “Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods”, *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 364-373, (2003).

Miranda, M. L. and Aguilera, J. M., “Structure and texture properties of fried potato products”, *Food Reviews International*, 22(2), 173-201, (2006).

Mir-Bel, J., Oria, R. and Salvador, M.L., “Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling”, *Journal of Food Engineering*, 95, 416–422, (2009).

Mohebbat, N., Mohebbi, F.T.Y, Mohammad H.H.K., “Kinetic Modeling of Mass Transfer During Deep Fat Frying of Shrimp Nuggets Coated With Different Batter Formulation” Department of Food Science and Technology-Ferdowsi University of Mashhad-Iran, (2005).

Moreira, R. G., Da Silva, P. F. and Gomes, C., “The effect of a deoiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips”, *Journal of Food Engineering*, 92, 297–304, (2009).

Moreira, R.G., “Vacuum frying versus conventional frying – An overview”, *European Journal Lipid Science and Technology*, 116, 723–734, (2014).

Moyano, P. C. and Pedreschi, F., “Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: Effect of pre-treatments”, *LWT-Food Science and Technology*, 39(3), 285-291, (2006).

Nasiri, F. D., Mohebbi, M., Yazdi, F. T. and Khodaparast, M. H. H., “Kinetic modeling of mass transfer during deep fat frying of shrimp nugget prepared without a pre-frying step”, *Food and Bioproducts Processing*, 89(3), 241-247, (2011).

Ngadi, M., Li, Y. and Oluka, S., "Quality changes in chicken nuggets fried in oils with different degrees of hydrogenation", *LWT-Food Science and Technology*, 40(10), 1784-1791, (2007).

Omidiran, A. T., Adesanya, D. I., Akinbule, O. O. and Sobukola, O. P., "Effect of Frying Conditions on Textural Parameters, Color and Proximate Composition of Fried Fish Nuggets from Blue Whiting (*Micromesistius Poutassou*)", *Journal of Culinary Science & Technology*, 1-13, (2022).

Rahimi, D., Kashaninejad, M., Ziaifar, A. M. and Mahoonak, A. S., "Effect of infrared final cooking on some physico-chemical and engineering properties of partially fried chicken nugget", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 1-8, (2018).

Rakıcıoğlu, N. ve Baysal, A., "Yağda kızartma yöntemi ile pişirmede oluşan fiziksel ve kimyasal değişiklikler ve bunların insan sağlığı üzerine etkisi", *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 17(1), 121-130, (1988).

Ran, X., Lin, D., Zheng, L., Li, Y. and Yang, H., "Kinetic modelling of the mass and heat transfer of a plant-based fishball alternative during deep-fat frying and air frying and the changes in physicochemical properties", *Journal of Food Engineering*, 350, 111457, (2023).

Sahin, S. and Sumnu, G.S., *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, (2009).

Sahin, S., Sumnu, G. and Altunakar, B., "Effects of batters containing different gum types on the quality of deep-fat fried chicken nuggets", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(14), 2375-2379, (2005).

Shahidi, F. and Ambigaipalan, P., "Quality assurance of fats and oils", *Bailey's Industrial oil and fat products*, 1-17, (2005).

Soorgi, M., Mohebbi, M., Mousavi, S. M. and Shahidi, F., "The effect of methylcellulose, temperature, and microwave pretreatment on kinetic of mass transfer during deep fat frying of chicken nuggets", *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1521-1530, (2012).

Sosa-Morales, M. E., Orzuna-Espiritu. R. and Velez-Ruiz, J. F., "Mass, thermal and quality aspects of deep fat frying of pork meat", *Journal of Food Engineering*, 77(3): 731-738, (2006).

Szczesniak, AS, "Texture Profile Analysis - Methodology Interpretation Clarified" (Reprinted from *Journal of Food Science*, vol 60 pg vii, 1995). *Journal of Texture Studies*, 27: R6-R7, (1996).

Şişik Oğraş, Ş. and Kaplan, H., "The Effects of Frying Method and Oil Type on the Quality Attributes of Turkey Nuggets and Frying Oils", *European Journal of Lipid Science and Technology*, 124(5), 2100023, (2022).

Tamsen, M., Shekarchizadeh, H. and Soltanizadeh, N., "Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties", *LWT*, 91, 580-587, (2018).

Teruel, M. D. R., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., Ahromrit, A. and Niranjana, K., "A comparative study of the characteristics of french fries produced by deep fat frying and air frying", *Journal of Food Science*, 80(2), 349-358, (2015).

Troncoso, E. and Pedreschi, F., "Modeling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices", *LWT-Food Science and Technology*, 42(6), 1164-1173, (2009).

Wrolstad, R. E., Durst, R. W. and Lee, J., "Tracking color and pigment changes in anthocyanin products", *Trends in Food Science & Technology*, 16(9), 423-428, (2005).

Yıldız A., "Patateslerin Kızartılması Sırasında Isı ve Kütle Transfer Parametrelerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, (2005).

Yıldız, A., Palazoğlu, T. K. and Erdoğan, F., "Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices", *Journal of Food Engineering*, 79(1), 11-17, (2007).

Yılmaz, E., Bazı bitkisel yağların derin-yağda kızartma performanslarının ve bunlara uygulanan adsorban tedavisinin etkinliğinin araştırılması, Tübitak Projesi, Proje no: 108O565, Çanakkale, 70 s, (2009).

Yüksel F.C., "Beyaz Şerit Problemlili Tavuk Göğüs Etlerinden Üretilmiş Nuggetların Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, (2022).

Zhang, W., Chen, J., Yue, Y., Zhu, Z., Liao, E. and Xia, W., "Modelling the mass transfer kinetics of battered and breaded fish nuggets during deep-fat frying at different frying temperatures", *Journal of Food Quality*, 1-8, (2020).

Zhenfeng, Y., Yonghua, Z., Shifeng C., Shuangshuang, T., Sujuan, M. and Na, L., "Effects of storage, temperature on textural properties of Chinese bayberry fruit", *Journal of Texture Studies*, 38(1), 1166-1177, (2007).

Ziaifar, A. M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I. and Trystram, G., "Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process", *International Journal of Food Science & Technology*, 43(8):1410-1423, (2008).