



**ATMOSFERİK VE BASINÇLI KOŞULLARDA
TEKRARLI KIZARTMA İŞLEMİNİN
TAVUK NUGGETLARININ AKRİLAMİD
İÇERİĞİ VE KIZARTMA YAĞI KALİTESİNE ETKİSİ**

Elif Şeyda KONDEL

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
2022**

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**ATMOSFERİK VE BASINÇLI KOŞULLARDA TEKRARLI KIZARTMA
İŞLEMİNİN TAVUK NUGGETLARININ AKRİLAMİD İÇERİĞİ VE KIZARTMA
YAĞI KALİTESİNE ETKİSİ**

(The Effect of Repeated Frying in Atmospheric and Pressure Conditions on Acrilamide
Content of Chicken Nuggets and Frying Oil Quality)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif Şeyda KONDEL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Erzurum
Eylül 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Elif Şeyda KONDEL tarafından hazırlanan “Atmosferik ve basınçlı koşullarda tekrarlı kızartma işleminin tavuk nuggetlarının akrilamid içeriği ve kızartma yağı kalitesine etkisi” başlıklı çalışması 13 / 09 / 2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof.Dr.Güzin KABAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Dr.Öğ.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr.Öğ.Üyesi Kübra FETTAHOĞLU <i>Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof.Dr.Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ danışmanlığında sunulan “Atmosferik ve Basıncılı Koşullarda Tekrarlı Kızartma İşleminin Tavuk Nuggetlarının Akrilamid İçeriği ve Kızartma Yağı Kalitesine Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelerine uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	9	30
Kuramsal Temeller	1	30
Materyal ve Yöntem	3	35
Araştırma verileri ve Tartışma	12	20
Tezin Geneli	10	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)
Elif Şeyda KONDEL
14.9.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

Tez Danışmanı
Dr.Öğ.Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ
14.9.2022
İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

Enstitü Yönetim Kurulunun/....../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın planlanmasında, yürütülmesinde ve sonuçların değerlendirilmesinde hoşgörüsünü, sevgisini, sabrını, güleryüzünü, bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen, yüksek lisans eğitimim boyunca yolumu her zaman aydınlatan Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ'a sonsuza dek minnettar kalacağımı bildirir, saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerimde ve tezimde bilgi, tecrübe ve emeklerini esirgemeyen Sayın hocam Prof. Dr. Güzin KABAN'a desteğinden ve güleryüzünden dolayı çok teşekkür ederim. Çalışmalarım sırasında yine bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA ve Sayın Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE'ye sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Her zaman yanımda olan ekip arkadaşlarım Mine KIRKYOL, Ceren SÖĞÜT ve YUNUS HAYRAT'a, desteklerinden ötürü Doktora öğrencileri Zeynep Feyza YILMAZ ORAL ve Pınar ANLAR'a teşekkürlerimi sunarken akademik hayatlarında başarılar dilerim.

Hayatımın her anında beni destekleyen, her zaman yanımda olan ve beni çok şanslı hissettiren annem ve babam Kâmile ve Ömer Zeki KONDEL'e, abim Yunus Emre KONDEL'e, kardeşim Cansu KONDEL'e ve teyzem Reyhan KONDEL ULU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elif Şeyda KONDEL

Eylül 2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ATMOSFERİK VE BASINÇLI KOŞULLARDA TEKRARLI KIZARTMA İŞLEMİNİN TAVUK NUGGETLARININ AKRİLAMİD İÇERİĞİ VE KIZARTMA YAĞI KALİTESİNE ETKİSİ

Elif Şeyda KONDEL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Amaç: Araştırma, atmosferik ve basınçlı koşullarda ayçiçek yağı ile tekrarlı olarak kızartma işleminin tavuk nuggetların ve kızartma yağının bazı kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesini amaçlamıştır.

Yöntem: Tavuk eti ile hazırlanan nuggetlar ayçiçek yağı kullanılarak 8 kez kızartılmıştır. Kızartılmış nuggetlar nem, renk, TBARS ve akrilamid açısından, yağ örnekleri ise serbest yağ asidi miktarı ve peroksit sayısı açısından analiz edilmiştir. Kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısı faktör olarak seçilmiş ve denemeler şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: Basınçlı koşullarda kızartma örneklerin nem değerlerinde artışa, buna karşın bu koşullar TBARS değerinde azalmaya neden olmuştur. Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin nem değerlerinde azalma, TBARS değerinde ise artış gözlemlenmiştir. Tavuk nuggetların renk değerleri açısından iç ve dış kesitte önemli farklılıklar tespit edilmiştir. L* ve b* değerinde basınçlı koşullarda iç kesitte önemli bir artış, a* değerinde ise düşüş belirlenmiştir. Dış kesit renk parametreleri üzerinde kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısı faktörlerinin önemli seviyede bir etkisi bulunmuş ($P<0,01$), tekrar sayısı arttıkça nuggetların L* ve b* değeri düşmüş, a* değeri ise artış göstermiştir. Akrilamid seviyesi basınçlı kızartma koşullarında (94,28 µg/kg) atmosferik kızartmaya göre (105,82 µg/kg) daha düşük sonuçlar vermiş, kızartma sayısı arttıkça akrilamid seviyesinde istatistiki açıdan önemli artışlar belirlenmiştir. Kızartma yöntemi ve kızartma tekrar sayısı faktörlerinin kızartmada kullanılan yağın serbest yağ asidi miktarı ve peroksit değeri üzerinde de çok önemli ($P<0,01$) etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Basınçlı koşullarda kızartma işleminin atmosferik kızartmaya göre incelenen ürün kalite özellikleri açısından iyi bir alternatif olabileceği fakat tekrarlı kızartmanın ürün ve yağ kalitesi üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nugget, akrilamid, tekrarlı kızartma, basınçlı kızartma, renk

Eylül 2022, 61 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

THE EFFECT OF REPEATED FRYING IN ATMOSPHERIC AND PRESSURE CONDITIONS ON ACRYLAMIDE CONTENT OF CHICKEN NUGGETS AND FRYING OIL QUALITY

Elif Şeyda KONDEL

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ

Purpose: The aim of the study was to determine the effects of frying with sunflower oil repeatedly under atmospheric and pressurized conditions on some quality properties of chicken nuggets and frying oil.

Method: Nuggets prepared with chicken meat were fried 8 times using sunflower oil. Fried nuggets were analyzed for moisture, color, TBARS and acrylamide, and oil samples were analyzed for free fatty acid and peroxide counts. The frying condition and the number of frying repetitions were chosen as factors and the research were carried out according to a randomized complete block design.

Findings: Frying under pressure caused an increase in the moisture values of the samples, but a decrease in the TBARS value. As the number of frying repetitions increased, a decrease in the moisture values of the samples and an increase in the TBARS value were observed. Significant differences were determined in the internal and external surfaces in terms of color values of chicken nuggets. In L^* and b^* values, a significant increase in the internal section under pressure conditions and a decrease in a^* value were determined. The frying condition and the number of frying repetitions factors had a very significant effect ($P<0,01$) on the external color parameters. Acrylamide level gave lower results under pressure frying conditions ($94.28 \mu\text{g/kg}$) than atmospheric frying ($105.82 \mu\text{g/kg}$). It was determined that the frying method and the number of frying repetitions factors had very important ($P<0.01$) effects on the free fatty acid and peroxide value of the oil used in frying.

Results: It has been concluded that frying under pressure conditions can be a good alternative to atmospheric frying in terms of product quality characteristics, but repeated frying may have negative effects on product and oil quality.

Keywords: Nugget, acrylamide, repeated frying, pressure frying, color

September 2022, 61 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	8
MATERYAL ve METOT	15
Materyal	15
Et ve yağ.....	15
Katkı maddeleri.....	15
Metot	15
Deneme planı	15
Nugget üretimi ve kızartma.....	16
Nugget analizleri	17
Yağ analizleri	18
İstatistiksel analizler.....	19
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	20
Nugget Analiz Sonuçları	20
Nem (%).....	20
TBARS.....	22
Akrilamid	24
Renk	27
Yağ Analiz Sonuçları	34
Serbest yağ asidi miktarı (% Oleik Asit)	34
Peroksit sayısı	37
SONUÇ ve ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR.....	42

ÖZGEÇMİŞ.....	48
---------------	----



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Bazı Gıdaların Akrilamid İçeriği (FAO/WHO 2002).....	4
Tablo 2. Deneme Planı.....	15
Tablo 4. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerleri	20
Tablo 5. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	21
Tablo 6. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	22
Tablo 7. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerleri (µmol MDA/kg).....	23
Tablo 8. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerlerine (µmol MDA/kg) Ait Varyans Analiz Sonuçları	24
Tablo 9. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	24
Tablo 10. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarları (µg/kg).....	25
Tablo 11. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarlarına (µg/kg) Ait Varyans Analiz Sonuçları	26
Tablo 12. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	27
Tablo 13. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesitinde Belirlenen Renk Değerleri.....	28
Tablo 14. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesit Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	29

Tablo 15. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesit Renk Değerlerine Ait Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	30
Tablo 16. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesitinde Belirlenen Renk Değerleri	32
Tablo 17. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesit Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	33
Tablo 18. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesit Renk Değerlerine Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	34
Tablo 19. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (% oleik asit) Değerleri.....	35
Tablo 20. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (% oleik asit) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	36
Tablo 21. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (% oleik asit) Değerlerine Ait Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	37
Tablo 22. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Peroksit Sayısı (meq O ₂ /kg) Değerleri.....	37
Tablo 23. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Peroksit Sayısı Değerlerine (meq O ₂ /kg) Ait Varyans Analiz Sonuçları	38
Tablo 24. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Peroksit Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Akrilamidin kimyasal yapısı	4
Şekil 2. Akrilamidin ana oluşum mekanizması.....	5
Şekil 3. Kızartma öncesi ve kızartma sonrası nugget görüntüleri.....	17
Şekil 4. Tavuk nuggetlara ait iç kesit yüzeyinin L^* değeri üzerine kızartma koşulu $\times$ kızartma sayısı interaksiyonunun etkisi	31
Şekil 5. Tavuk nuggetlara ait iç kesit yüzeyinin a^* değeri üzerine kızartma koşulu $\times$ kızartma sayısı interaksiyonunun etkisi.....	32



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
dak	Dakika
g	Gram
kg	Kilogram
kPa	Kilopascal
meq	Miliekivalen
ml	Mililitre
W	Watt
N	Normalite
mol	Mol
μ	Mikro
ng	Nanogram
mg	Miligram
s	Saniye
MDA	Malondialdehit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif substance
kV	Kilovolt
M	Molarite
rpm	Dakikadaki devir sayısı
kHz	KiloHertz

GİRİŞ

Kızartma, uzun yıllardan bu yana kullanılan ve genel olarak gıdaların kalitesini arttırmak amacıyla gıdalara uygulanan önemli bir pişirme yöntemidir (Hosseini *et al.* 2016). Geleneksel kızartma işleminde gıda genellikle 180 °C veya daha yüksek bir sıcaklıkta yağa daldırılmakta, ürün yapısında önemli değişiklikler meydana gelmekte ve lezzetli bir ürün oluşumu sağlanmaktadır (Zhang *et al.* 2012).

Derin yağda kızartma, genellikle gıdanın 150-190 °C sıcaklık aralığında kızgın yağa daldırması suretiyle gıda ile yağ arasında kütle değişimi ve ısı transferi meydana gelmesiyle duyuşal olarak kabul edilebilir bir ürün elde edilme işlemidir (Chiou and Kalogeropoulos 2017). Kızgın yağa maruz bırakıldıktan sonra kızarmış gıdaların ilk yapısı önemli değişikliklere uğramaktadır. Maillard reaksiyonu ile birlikte karamelizasyon, protein denatürasyonu ve nişasta bazlı ürünlerde nişasta jelatinizasyonu dahil olmak üzere bir dizi ısı kaynaklı kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Kızartma sırasında meydana gelen nişasta jelatinizasyonu nişasta granülündeki moleküllerin parçalanarak partikül genişlemesine ve çözünürlüğün azalmasına yol açmaktadır. Nişasta jelatinizasyonu ile birlikte yağ gıda içerisine nüfuz etmekte ve bu sayede gıdanın kabuk kısmı oluşarak yağ emilimi önlenmektedir (Ziaifar *et al.* 2008; Rahimi *et al.* 2017; Zhang *et al.* 2020).

Derin yağ içerisinde kızartma işlemi genel olarak atmosferik koşullarda gerçekleştirilen pişirme işlemi olup sağlık problemlerinde risk faktörü olarak ön plana çıkmaktadır (Yılmaz and Aydeniz 2011; Ananey-Obiri *et al.* 2018). Sağlık açısından oluşabilen bu riskler atmosferik koşullardaki kızartmaya karşı avantajlı bir kızartma yöntemine duyulan ihtiyacı ön plana çıkarmaktadır. Derin yağ içerisinde kızartma işlemi atmosferik ortamda, düşük basınç (vakum altında) veya yüksek basınç koşulları altında gerçekleştirilebilmektedir. Atmosferik kızartma 165 °C ile 190 °C aralığındaki sıcaklık periyotlarında uygulanan, talebe uygun renk ve tekstüre sahip ürünlerin üretildiği bir kızartma yöntemidir. Düşük basınçlı (vakum) kızartma yönteminde 6,65 kPa altındaki basınçlarda özellikle işlemeye hassas ürünlerde ürüne herhangi bir zarar vermeden yaklaşık olarak 90 °C civarındaki sıcaklık uygulamalarında atmosferik koşullarda üretilen ürünlerin özelliklerine benzer yapıda ürünler üretilebilmektedir. Yüksek basınç uygulanan kızartma yönteminde basınç olarak yaklaşık 184 kPa uygulanıp uygulanan bu basıncın etkisiyle kombine bir şekilde nemli, pişmiş, uygun çıtırılıkta ürün oluşumu sağlanmaktadır (Ballard and Mallikarjunan

2006; Moreira 2014). Yüksek basınçlı işlemenin bu avantajlarına rağmen bu işlemle ilgili araştırmalar sınırlı miktarda üründe gerçekleştirildiğinden bu yöntem geniş bir kullanım alanı bulamamıştır. Bu kızartma tipinde, basıncın artışı pişirme süresini düşürmekte ve atmosferik kızartmayla kıyaslandığında daha yumuşak, sulu, iyi bir tekstüre sahip ve yağ emilimi düşük ürünler elde edilebilmektedir (Ballard and Mallikarjunan 2006; Innawong *et al.* 2006; Das *et al.* 2013). Yüksek basınçlı işlemenin atmosferik kızartmaya göre diğer bir avantajı da yağın yapısal özelliklerinde daha az miktarda değişim oluşturması olarak belirtilmektedir (Innawong *et al.* 2006).

Farklı kızartma yöntemlerinin gıdanın yağ alımını azaltma ve tekstürel özelliklerini korumadaki etkinliği önemli ölçüde değişebilmektedir. Kızartma ekipmanının tipi, kızartma süre ve sıcaklığı, kızartma kalitesi, kızartma yağının özellikleri, ürüne uygulanan bazı ön işlemler, yağın depolanması, yağın tekrarlı kullanımı, kızartma sırasında yağın değiştirilmesi veya taze yağ ikamesi gibi işleme koşullarının yanı sıra ürün matrisi kızarmış ürünlerin kalitesini ve meydana gelebilecek reaksiyon bileşiklerini önemli oranda etkilemektedir (Ayustaningwarno *et al.* 2018; Oke *et al.* 2018; Esfarjani *et al.* 2019)

Sıcaklığın 170 °C'ye ulaştığı geleneksel kızartma esnasında gerçekleşen kimyasal reaksiyonlardan en önemlileri oksidasyon ve polimerizasyondur (Choe and Min 2007). Termal oksidasyon birincil (hidroperoksitler), ikincil ve üçüncül oksidasyon ürünlerinin oluşumuna yol açmakta, hidroperoksitlerden aldehitler oluşmakta ve hidroperoksitler yağda acılaştırmanın ilk kanıtını verebilmektedir (Przybylski and Eskin 1995; Chen *et al.* 2021). Hidroperoksi, epoksi, hidroksi ve karbonil gruplarına ek olarak bu makro moleküller -C-O-C- ve -C-O-O-C- bağlarını içermektedir ve bağın kapsamı kızartma yağının bileşimine bilhassa yağ asitlerindeki doymamışlık derecesine bağlıdır. Bu kimyasal reaksiyonlarda önemli bir rolü olan anahtar etmenler oksijen ve nem içeriğidir (Choe and Min 2007; Zhang *et al.* 2012). Kızartma sırasında yağın hidrolizi gliserollerin, serbest yağ asitlerinin, mono ve diaçilgliserollerin oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Serbest yağ asitleri, yağı kızartma işlemi için daha az kabul görebilir hale getirdiklerinden ve üründe istenmeyen lezzetin oluşumundan sorumlu olduklarından dolayı yağlardaki bozulma derecesini belirlemek için kullanılmaktadırlar (Choe and Min 2007).

Kızartılmış gıdalarla ilgili temel sorunlardan biri lipid içeriklerinin yüksek olmasıdır (Zhang *et al.* 2020). Kızartma işleminde yağın emilimi nedeniyle gıdaların kalori değeri artmakta, besin değeri değişmekte ve trans yağ asitleri oluşmaktadır (Djousse *et al.* 2015). Kızarmış gıdalarla ilgili sorun teşkil eden diğer bir sorun ise, daha yüksek miktarlarda doymuş yağ alımının önemli sağlık sorunlarına yol açmasıdır (Mohammadalinejhad and

Dehghannya 2018). Obezitenin yüksek kolesterol ve kan basıncı gibi sağlık problemleri ile ilintili olması nedeniyle (cümle düşük), fazla miktarda kızarmış gıda tüketimi bir endişe kaynağı oluşturmaktadır (Dourado *et al.* 2019).

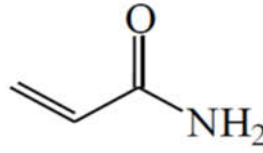
Kızartılmış gıdaların tüketimi kaçınılmaz olduğundan kızartma esnasında bu gıdalara emilen yağ miktarını azaltmak için uygulanabilir stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır (Barbut 2013). Kızartılmış ürünlerde yağ alımını azaltmak için uygulanabilecek bazı stratejiler işleme öncesinde, işleme anında ve işleme sonrasında olmak üzere kategorize edilebilmektedir. Kızartılacak gıdaya işleme öncesinde ön kurutma, ultrason teknolojisinin kullanılması, beyazlatma (durulama), dondurma, yenilebilir film ve kaplama kullanımı, işleme sırasında kızartma ortamının değiştirilmesi (yağın kategorize edilmesi, karıştırma veya surfaktan ilavesi), kızartma sıcaklığının değiştirilmesi ve yeni kızartma teknolojilerinin kullanılması (vakum, mikrodalga destekli vakum, ultrason destekli vakum, yüksek basınç, radyasyon), işleme sonrasında ise sıcak hava veya buhar tesiri, hızlı soğutma uygulaması ve absorbantların (emicilerin) kullanılması uygulanabilecek teknikler arasındadır (Zhang *et al.* 2020). Bu teknik ve teknolojiler tek başına kullanılabileceği gibi kombine halde de uygulanabilmektedir.

Yağların yüksek sıcaklıklarda uzun süre boyunca kullanımı ve periyodik değişiminin yapılmaması yağlarda fiziksel özellikler bakımından değişikliklere ve peroksitler dahil olmak üzere çeşitli kimyasalların konsantrasyonunun artmasına neden olabilmektedir (Takeoka *et al.* 1997; Manral *et al.* 2008; Wang *et al.* 2015). Ayrıca kızartma işlemlerindeki yüksek sıcaklıklar, hidrokarbon bakımından zengin gıdalarda akrilamid oluşumunu destekleyen faktörlerden biridir (IARC 1994).

Akrilamid ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$; 2-propenamid) kokusuz, renksiz, kristal formda, molekül ağırlığı 71,08 g/mol, metanol, etanol ve aseton gibi solventlerde çözünebilen ancak sudaki çözünürlüğü bu solventlerden daha yüksek olan genotoksik ve kanserojenik bir bileşiktir (Şekil 1) (Dearfield *et al.* 1988; Friedman 2003; Eriksson 2005).

Akrilamid, ilk kez 1893 yılında Almanya’da Christian Moureau tarafından kimyasal bir bileşik olarak bulunmuştur (Becalski *et al.* 2002). Ticari amaçla 1952-1954 yılları arasında kimyasal olarak Almanya’da kullanılmış, gıda ve sulardaki önemi ise 2002 yılında İsveç Gıda Komisyonu tarafından ortaya koyulmuştur (FDA 2004). Kızartma, pişirme ve kavurma işlemleri sırasında sıcaklığın 120 °C’yi bulduğu ve nemin düşük olduğu ortamlarda indirgen şekerlerle L-asparajinin Maillard reaksiyonu veya asparajinin dekarboksilasyonu ve deaminasyonu ile oluşabilmektedir (Zhang *et al.* 2020; Yassin *et al.* 2022). Patates cipsi L-asparajin ve indirgen şekerler bakımından yüksek içeriğe sahip olduğundan akrilamid oluşumuna en duyarlı gıda ürünlerinden biridir (Pedreschi *et al.* 2011). Ayrıca akrilamid, et ve

balık ürünlerinde, meyve ve sebzelerde, süt ürünlerinde ve kahvede de bulunabilmektedir (Rannou *et al.* 2016).



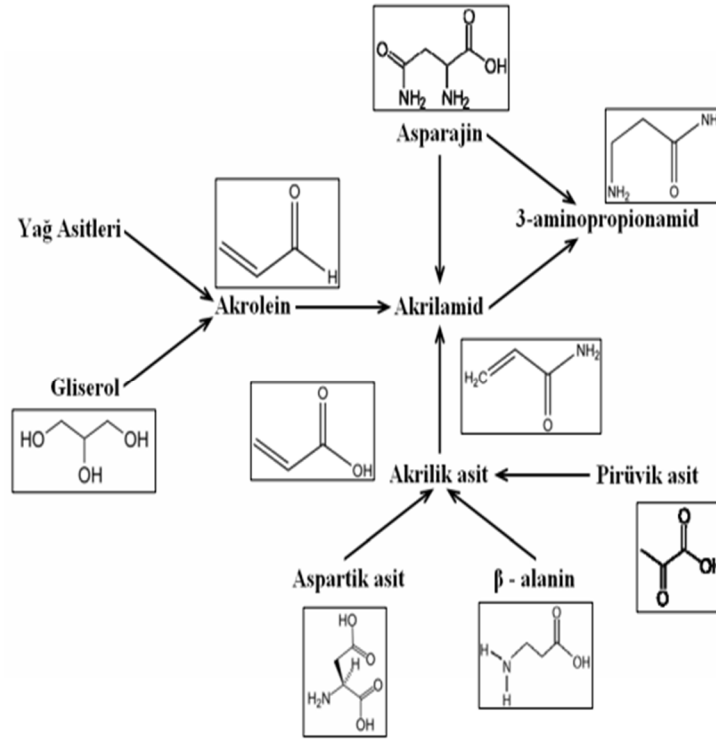
Şekil 1. Akrilamidin kimyasal yapısı (Yüksel 2014).

İşlenmiş gıdalarda akrilamid miktarının, gıdanın kompozisyonu ve gıda işlemede kullanılan proses koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir (Nizamlioğlu ve Nas 2019; Turgut 2021). Akrilamid kızartma, kavurma, fırınlama gibi işlemlerde yüksek oranda belirlenirken haşlanmış ve çiğ ürünlerde belirlenememiştir (Karakul 2006; Taşan 2008). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2002 yılında bazı gıdaların akrilamid içeriklerini gösteren bir rapor yayınlamıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Bazı Gıdaların Akrilamid İçeriği (FAO/WHO 2002).

Ürün	Akrilamid miktarı (µg/kg)
	En düşük - En yüksek
Patates cipsi	170 - 2287
Patates kızartması	<50 - 3500
Hamur ürünleri	<30 - 42
Fırınlanmış ürünler	<50 - 450
Bisküvi, kraker, tost	<30 - 3200
Kahvaltılık tahıllar	<30 - 1346
Mısır cipsi	34 - 416
Taze ekmek	<30 - 162
Balık ve deniz ürünleri	30 - 39
Çikolata tozu	<50 - 100
Kahve tozu	170 - 230
Bira	<30 -

Yapılan çalışmalarda akrilamid oluşum mekanizmasıyla ilgili oldukça fazla yol olmasına rağmen oluşumun büyük oranda asparajinin dekarboksilasyonu ve deaminasyonu/asparajinin indirgen şekerlerle yaptığı Maillard reaksiyonu ile, yağlar aracılığıyla akroleinden ve proteinlerin pirolizi sonucu oluşan akrilik asit üzerinden sağlandığı belirtilmiştir (Yasuhara *et al.* 2003; Zyzak *et al.* 2003; Yaylayan *et al.* 2005).



Şekil 2. Akrilamidin ana oluşum mekanizmaları (Can 2007).

Akrilamid oluşumunda önemli yollardan biri, asparajin aminoasidinin bir karbonil bırakıldığında hidroliz reaksiyonu sonucu yağ gliserol ve yağ asitlerine parçalanmakta ve ısıнын etkisiyle belli bir süre sonra gliserolden 2 molekül su ayrılmakta ve akrolein oluşmaktadır. Ayrıca yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda da akrolein oluşabilmektedir (Yasuhara *et al.* 2003). Diğer bir yol olarak, β-alanin ve aspartik gibi proteinlerin yapıtaşı olan aminoasitlerin pirolizi ile akrilik asit oluşmakta ve akrilamid oluşumunda görev almaktadır (Yaylayan *et al.* 2005).

Gıdalarda akrilamid oluşumu için önemli bir yol olan ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak da adlandırılan Maillard reaksiyonu 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gıdaların işlenmesi sırasında oluşabilmektedir (Pedreschi *et al.* 2007). Akrilamid oluşumu indirgen bileşiğiyle (indirgen şeker) oluşturduğu Maillard reaksiyonudur (Zyzak *et al.* 2003). Asparajinin dekarboksilasyonu ve deaminasyonu da reaksiyon ortamında karbonil bileşiği bulunmaksızın yalnızca aminoasitler üzerinden akrilamid oluşumu sağlanmaktadır. Yağlar ısıya maruz şekerlerle L-asparajin aminoasidi arasında gerçekleşmektedir (Yassin *et al.* 2022). Gıdalarda bu bileşiğin oluşumunda gıda bileşimi, sıcaklık ve süre ile nem miktarı, pH, ısıtma ortamı ve depolama gibi etmenler de etkili olmaktadır (Robert *et al.* 2004). Bununla birlikte gıdaların kızartılmasında kullanılan yağın da bu bileşiğin oluşumunda etkili olduğu bildirilmektedir (Gertz and Klostermann 2002; Becalski *et al.* 2003).

Gıdalarda akrilamid oluşumunu önlemek için esas olarak aminoasitlerin ve indirgen şekerlerin öncül maddelerinin uzaklaştırılması, Maillard reaksiyonuna müdahale etmek amacıyla kızartma sıcaklığı veya süresi ile ilgili çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir (Yassin *et al.* 2022). Yüksek sıcaklık veya uzun süre akrilamid miktarının artmasına ve üründe daha koyu bir renk elde edilmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra düşük sıcaklık kullanımı ise (140 °C'nin altında) ürünlerin doku ve yağ içeriği gibi kalite özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple hem kaliteyi korumak hem de akrilamid miktarını azaltmak için en uygun kızartma süre ve sıcaklığının belirlenmesi gerekmektedir (Cerit and Demirkol 2021). Öte yandan, çeşitli katkı maddeleri ilavesinin genellikle ürünün duyuşal özellikleri ve besin değeri açısından olumsuz özelliklere sahip olduğu ancak L-asparajinin başlangıç seviyelerinin azaltılması için L-asparaginaz kullanımının gıdaların duyuşal özelliklerinde olumsuz bir etkiye yol açmadan etkin bir rol oynadığı bildirilmektedir (Yassin *et al.* 2022). Tüm bunlara ilaveten ticari olarak donmuş ürün kullanımından vazgeçilmesi, şeker içeriği düşük ürünlerin seçilmesi, ürünlerin kızartma öncesi ılık veya sıcak suda bekletilmesi, işlem öncesi suda bekletilmiş gıdaların iyice kurutulması, pH'nın düşürülmesi, hazır gıdalarda altın sarımsı rengin oluşması için uygulanan dekstroz/glukoz solüsyonuna daldırma işleminden vazgeçilmesi, gıdaların kaplanması amacıyla galetaya bulayarak pişirme uygulamasından vazgeçilmesi, tahıl ürünlerinde amonyum bikarbonat yerine sodyum hidrojen karbonatın yükseltgenme ajanı olarak kullanılması ve patates gibi nişasta bazlı ürünlere kızartma öncesi haşlama işleminin uygulanması akrilamid miktarını azaltabilecek diğer stratejilerdir (Erdemli 2021).

Hazır yemek sektörünün gelişmeye başlamasıyla hem hazır yemeklere hem de fast food tipi ürünlere olan talebin artışıyla birlikte çeşitli teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Bu ürünlere olan talebin arttığı son yıllarda kaplanmış ve şekil verilmiş et ürünleri endüstriyel platforma taşınmaya başlamıştır (Kaymak Ertekin 2005). Bu amaçla üretilen ürünler Nugget, Schnitzel, Cordon Bleu, Burger, Kroket, Kievsk vb. gibi tavuk eti ürünleridir. Bu ürünler üretim ekipmanları ve ürün şekilleri, hamur bileşimleri veya pişirme şekilleri yönünden farklılık gösterirler. Derin yağda kızartma, bu tür ürünlerin uygun şekilde hazırlanmasında sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Tavuk eti, besin değerinin yüksek oluşunun yanı sıra ekonomik olması ve kolay sindirilebilirlik özelliği ile beslenmemizde önemli bir yere sahiptir. Besin kaynağı açısından değerli bu gıdadan insanların daha fazla oranda faydalanmalarının sağlanabilmesi ancak tüketimi için arttırıcı yönde yeni uygulamalar yapılmasıyla mümkün olabilir. Bütün haldeki piliç ürünleri parçalanma, kemiksiz hale getirilme, marine edilme, soslanma, kürlenme veya kaplanma gibi işlemlerle tüketiciye sunulabilmekte ve böylelikle de ürünlerin katma değerleri ve karlılıkları da arttırılmış olabilmektedir (Yavaş 2007). Kaplamalı

tavuk eti ürünleri içerisinde tüketicinin en fazla tercih ettiği ürün kanatlı et ürünlerinden biri olan nuggettır. Nuggetlar dış kaplama malzemesi olarak 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, sıvı karışım uygulaması kuru karışımın yapışma etkisini artırdığından öncelikli olarak uygulanmaktadır (Kaymak Ertekin 2005).

Patates, mısır cipsi, deniz ürünleri, nugget ve köfte gibi kanatlı ve kırmızı et ürünlerinin yer aldığı fast food ürünler, işlem hızlılığı ve ürünün lezzetli olması gibi özelliklere sahip olduklarından farklı pişirme yöntemleri aracılığıyla tüketiciye sunulabilmektedirler. Farklı tip pişirme yöntemlerinin içerisinde derin yağda kızartma önemli bir yer tutmaktadır. Gıda kompozisyonu ve proses koşulları gibi faktörler ile ilişkili olarak gıdalarda kanserojenik özellik gösteren akrilamid gibi bileşiklerin oluştuğu ve bu bileşiklerin önemli sağlık riskleri taşıdığı araştırmalarla ortaya konulmuştur. Farklı ürünlerin değişik pişirme koşullarında akrilamid seviyelerini belirlemeye yönelik pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda ısıtılmanın akrilamid seviyeleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu ve pişirme sürecindeki değişimlerin gıdalardaki akrilamid miktarını azaltabileceği ortaya konulmuştur. Ancak bu çalışmalarda, alternatif bir derin yağda kızartma yöntemi olan basınçlı kızartma ile ilgili bir araştırmaya literatürde rastlanmamıştır. Mevcut bu çalışmada basınçlı ve atmosferik koşullarda ayçiçek yağı ile tekrarlı kızartma işleminin (8 kez) tavuk nuggetlarda akrilamid içeriğine ve kızartma yağının kalite özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Gıda kompozisyonu ve proses şartlarıyla ilişkili pek çok faktörün akrilamid oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Yapılan pek çok çalışmada akrilamid içeriğini düşürmek için yeni yöntem ve modeller geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı değişik ülkelerdeki ürünler, bir kısmı farklı metotlar, bir kısmı da farklı işlem koşullarının etkisini belirlemeye yöneliktir.

Sigara böreklerinin 175 °C sıcaklıkta farklı tip yağlarda (ayçiçek, zeytinyağ, mısırözü yağı) ve farklı sürelerde (5, 10 ve 20 dakika) kızartılıp yağ tipine göre akrilamid miktarlarının incelendiği bir çalışmada, akrilamid miktarının en yüksek 171,1 µg/kg olarak ayçiçek yağında en düşük 55,1µg/kg olarak mısırözü yağında saptandığı ve belirtilen tüm yağ çeşitleri için kızartma süresi arttıkça akrilamid miktarlarında artışlar olduğu rapor edilmiştir (Özkaynak 2006).

Atmosferik basınç ve vakum altında kızartılan parmak patateslere ilaveten kızartma yağının kalitesinin karşılaştırıldığı ve çalışma koşullarının atmosferik basınç altında kızartma sıcaklığı olarak (165 ve 180 °C) ve kızartma süresi (5, 7,5, 10 ve 15 dak), vakum altında ise kızartma sıcaklığı için (120-150 °C), kızartma süresi (5-15 dak) ve vakum basıncı (13,3 kPa) olarak belirlendiği bir çalışmada, vakum kızartmada akrilamid içeriğinde önemli oranda azalma olduğu ve bu kızartma yönteminin atmosferik kızartma ile kıyaslandığında yağ kalitesini daha iyi koruduğu saptanmıştır (Devseren 2016).

Dondurulmuş patateslere derin yağda (ayçiçek yağı) kızartma sırasında biberiye ekstraktı ilavesinin kızartma yağının stabilizasyonunun sağlanması ve akrilamid oluşumunun doğal bir antioksidan kaynağı olan biberiye ekstraktı ile azaltılıp bu ekstraktın antioksidan etkisinin TBHQ (Ter-Bütil Hidrokinon) ve BHA (bütilenmiş hidroksianisol) kimyasal antioksidanlarıyla karşılaştırıldığı bir çalışmada, belirtilen antioksidan kaynakları arasında akrilamid oluşumunu azaltıcı etkiye sahip en yüksek kaynağın biberiye özü olduğu ve bunu sırasıyla TBHQ ve BHA'nın takip ettiği bildirilmiştir (Urbancic *et al.* 2014).

Patates dilimlerine (dondurulmuş) ön çözündürme işlemi olarak mikrodalga uygulanarak kızartma zamanı ve akrilamid miktarının azaltılması hedeflenen bir çalışmada, kızartma işlemi 170, 180 ve 190 °C'de uygulanmıştır. Belirtilen ön çözündürme işlemi uygulanan örneklerde, akrilamid miktarının 170 °C'de %10, 180 °C'de %89 ve 190 °C'de %64 oranında bir düşüş olduğu belirtilmiştir (Tuta 2009).

Patates dilimlerine uygulanan radyo frekans kurutma işleminin son ürünün akrilamid içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 180 °C sıcaklıkta 110 saniye kızartılan kontrol örnekleri ile 80 ve 95 saniye 27,12 MHz (megahertz) radyo frekans tünel fırında kurutulan örnekler karşılaştırılmış ve radyo frekans fırında kurutulan örneklerin kontrol örneklerine kıyasla daha az miktarda akrilamid içeriğine [kontrol örneği; 80,4 ng/g, RF₁; 59,4 ng/g (95 s kızartılan ve ardından kurutulan örnek), RF₂; 54,8 ng/g (80 s kızartılan ve ardından kurutulan örnek)] sahip olduğu saptanmıştır (Koklamaz 2013).

Bayat ekmeklerin mısır ve buğday cipsi üretiminde kullanım olanaklarının araştırıldığı bir çalışmada, 190 °C sıcaklıkta 50 saniye kızartma uygulanarak üretilen buğday cipsi örneklerinde bayat ekmek unu katkısız örnek 804 ppb akrilamid içeriğine sahipken bu değer %50 oranında bayat ekmek unu katkılı buğday cipsi örneğinde 929 ppb olarak saptanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, mısır cipslerinin akrilamid içeriğinin buğday cipslerinkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ve buğday cipsi örneklerinin akrilamid miktarları 296-929 ppb aralığındayken mısır cipslerinde bu aralık 347-1182 ppb olduğu bildirilmiştir (Yüksel 2014).

Demirok Soncu (2014) tarafından, tavuk butlarına %0,5, %1,5 ve %3 oranında yeşil çay ekstraktının ilave edildiği bir çalışmada akrilamid miktarının akrilamid miktarının sırasıyla %29, %36, %43 oranında azaldığı, ancak yeşil çay ekstraktının tavuk kanatlarının kızartılması esnasında akrilamid miktarı üzerinde etkili olmadığı ifade edilmiştir.

Dondurulmuş hazır patates dilimleri üzerine çözündürme koşullarının (oda sıcaklığı, bir soğutucu ve mikrodalga) ve buna karşılık gelen kızartma sıcaklığı profili etkilerinin belirlenmeye çalışıldığı bir çalışmada, kontrol örnekleri olarak çözünmemiş donuk haldeki patates dilimleri kullanılmış ve 3,5 dakika boyunca 180±5 °C’de palm yağı kullanılarak derin yağda kızartılmıştır. Patates kızartmalarının akrilamid içerikleri 77.4-106 ng/g aralığında bulunmuş ve çözme koşullarının akrilamid oluşumunu önemli ölçüde etkilemediği bildirilmiştir (Hamid *et al.* 2019).

Williams (2005) tarafından, patates cipslerinde akrilamid oluşum seviyesi için en önemli faktörlerin belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada, seçilen faktörler patates çeşidi, kızartma öncesi suda bekletme, yemeklik yağ türü, pişirme sıcaklığı ve pişirme süresidir. Elde edilen verilere göre, akrilamid oluşumu üzerinde en büyük etkiye pişirme süresi ve sıcaklığının sahip olduğu, yemeklik yağ türü ve suda bekletmenin önemsiz bulunduğu, patates çeşidinde ise akrilamid seviyelerinin asparagin yerine indirgeyici şeker seviyeleri tarafından kontrol edildiği tespit edilerek önemli bir etkisinin olduğu saptanmıştır.

Sansano *et al.* (2016) tarafından, kızartma işlemleri sırasında akrilamid oluşumunu azaltmanın yeni bir yolu olarak model sistemlere farklı konsantrasyonlarda kitosan eklenmesinin çalışıldığı bir çalışmada, model sistemlerde kitosanın %1'i için akrilamid miktarında %49 ila %85 arasında değişen bir azalma elde edilmiştir.

Patates cipsinde akrilamid miktarının azaltılması amacıyla kızartma öncesinde patates dilimlerine beyazlatma (durulama), asparaginaz solüsyonuna (10000 ASNU/L) daldırma ve farklı süre-sıcaklık kombinasyonunda haşlama işlemleri uygulandıktan sonra patates dilimlerinin 170 °C'de 5 dakika kızartıldığı bir çalışmada, patates cipslerinde akrilamid oluşumunu azaltmak için 85 °C'de 3,5 dakika sıcak suda haşlama işleminin neredeyse 50 °C'de 20 dakika asparaginaz solüsyonuna daldırma kadar etkili olduğu (akrilamid azalması, başlangıç akrilamid konsantrasyonunun %17'si kadar), beyazlatmanın patates dokusunun mikro yapısındaki değişiklikleri tetikleyerek asparaginazın daha kolay ve etkili difüzyonunu sağladığı ve patates dilimleri asparaginaza daldırılmadan önce beyazlatıldığında elde edilen patates cipslerinin akrilamid içeriğinin hemen hemen %90 oranında azaldığı, patates dilimlerine beyazlatma işlemi uygulanmadan asparaginazın doğrudan kullanılmasının patates cipsindeki akrilamid içeriğini azaltmadaki etkisinin önemli ölçüde düşük olduğu ve asparaginaz uygulamasının patates cipslerinin rengini önemli ölçüde etkilemediği saptanmıştır (Pedreschi *et al.* 2011).

Pan *et al.* (2015) tarafından, ekmekle panelenmiş karideslerin vakum ve atmosferik koşullarda kızartılması sonucu akrilamid içeriklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, atmosferik koşullarda kızartılan panelenmiş karideslerin kaplanmış kısımlarındaki akrilamid içeriği 0,064 mg/kg iken vakumda kızartılmış (120 °C, 100 °C ve 80 °C) panelenmiş karideslerin kaplanmış kısımlarındaki akrilamid içerikleri sırasıyla 0,046, 0,040 ve 0,041 mg/kg olduğu, vakumda kızartılmış panelenmiş karideslerde akrilamid içeriğinin atmosferik ortamda bulunanlara göre sırasıyla %39, %60 ve %56 azaldığı ve ekmekle panelenmiş karideslerin akrilamid içeriğinin vakum kızartma ile etkin bir şekilde azaltılabileceği bildirilmiştir.

Farklı elektrik alan kuvvetinde, belirli enerji seviyelerinde darbeli elektrik alan (PEF) ön işleminin taze kesilmiş lotus kökü üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, PEF uygulamasının taze numunelerde indirgen şeker içeriğini azaltarak daha düşük esmerleşme indeksi sağladığı ve buna bağlı olarak Maillard reaksiyonunu azaltarak akrilamid içeriğinde %25.9 azalma sağladığı belirlenmiştir (Li *et al.* 2020).

Geleneksel ve mikrodalga kızartma teknikleri kullanılarak üç polisakkaritin (aljinat, pektin ve kitosan) patates kızartmasında akrilamid oluşumu üzerindeki inhibitör etkilerinin

incelendiği bir çalışmada, aljinat ve pektin çözeltileri akrilamid oluşumunu geleneksel ısıtma altında sırasıyla %65 ve %56, mikrodalga altında ısıtmada ise sırasıyla %36 ve %30 oranında etkin bir şekilde engellediği, patatesleri kızartmadan önce aljinat, pektin ve kitosan ile kaplamanın akrilamid oluşumunu sırasıyla %54, %51 ve %41 oranında önemli ölçüde engellediği saptanmıştır (Champrasert *et al.* 2021).

Genovese *et al.* (2019) tarafından, patates cipslerindeki akrilamid içeriğinin azaltılması amacıyla kızartma öncesi ön işlem olarak darbeli elektrik alan (PEF) uygulamasının geleneksel haşlama ile birlikte kullanımı üzerine yürütülen bir çalışmada, patates dilimleri haşlama işlemine (85 °C’de 3,5 dakika) tabi tutulduktan sonra PEF (1,5 kV/cm, darbe süresi 10 µs, toplam işlem süresi 10 ms, darbe frekansı 100 Hz) işlemi uygulanmış ve ardından 175 °C’de 3 dakikada kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Patates cipslerinde darbeli elektrik alan (PEF) ön işleminin geleneksel haşlama işlemi ile birlikte kullanımının akrilamid oluşumunda azalma sağladığı, PEF ön işlemi akrilamid öncülerini filtreleyerek işlem görmemiş örneklerle kıyasla patates cipslerindeki akrilamid içeriğinde önemli bir azalma sağlasa da nihai miktarların tavsiye edilen yasal sınırlardan (0.75 mg kg⁻¹) daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Patates cipslerinde akrilamid oluşumunu en aza indirmek ve yüksek sıcaklıklarda kızartma yağında meydana gelen istenmeyen kimyasal reaksiyonları azaltmak amacıyla vakum kızartmanın incelendiği bir çalışmada, patates dilimleri kolza yağı ile vakum koşullarında 125 °C’de ve atmosferik koşullarda 165 °C’de kızartılmıştır. Vakum kızartmanın akrilamid oluşumunu ve diğer Maillard reaksiyonu ürünlerini (özellikle alkil pirazinlerini) %98 oranında azalttığı, kızartma yağında daha az miktarda oksidatif değişiklik sağladığı ve 3-MCPD (3-monochloropropane-1,2-diol) esterlerinin miktarını hızlı bir şekilde düşürdüğü belirtilmiştir (Belkova *et al.* 2018).

180 °C’de 4-6 dakikada kızartılan kaplamasız ve kaplamalı (buğday unu) balık nuggetları üzerine gıda tehlikesi olarak görülen akrilamid (AA), 5-hidroksimetil furfural (5-HMF), benzo (a) piren (BaP), trans yağ asitleri (TFA’lar)’nin araştırıldığı ve bu maddelerin kızarmış numunelerde esas olarak yüzeyde bulunacağı belirtilen bir çalışmada, kaplamasız balık nuggetlarında kızartma süresinin lipid oksidasyonunu ve diğer gıda tehlike faktörlerinin oluşumunu desteklediği, aynı kızartma süresinde kaplamalı balık nuggetlarında akrilamid, 5-HMF, TFA içeriği kaplamasız balık nuggetlarından daha yüksek N^ε-karboksimetillisin (CML) ve BaP içeriğinin daha düşük olduğu, kızarmış balık nuggetlarında yüzeyde kaplama kullanımının (buğday unu) CML ve BaP içeriğini önemli ölçüde azaltabileceği ancak akrilamid oluşumunu teşvik edebileceği bildirilmiştir (Wu *et al.* 2022).

Kavurma (200 °C’de 5 dak.), tavada kızartma (180 °C’de 5 dak.), derin yağda kızartma (180 °C’de 5 dak.) ve mikrodalgada (200 °C’de 10 dak.) ısıtma gibi farklı ısıtma yöntemlerinin et dolgulu hazır kroketlerdeki akrilamid oluşumuna etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, en yüksek akrilamid içeriği 420 µg/kg ile mikrodalga ısıtmada belirlenmiş ve bunu takiben kavurmada 360 µg/kg, derin yağda kızartmada 298 µg/kg, tavada kızartmada 285 µg/kg olarak akrilamid içeriği saptanmış ve ısının bir gıdaya iletilme şeklinin akrilamid oluşum hızı üzerinde önemli bir etkisi olduğu rapor edilmiştir (Michalak *et al.* 2017).

Şişik Oğraş (2022) tarafından köftelerin atmosferik (180 °C, 2 dakika) ve basınçlı (160 °C, 3 dakika, 2 bar) koşullarda derin yağda 5 tekrarlı olarak kızartıldığı bir çalışmada, basınçlı koşullarda kızartılmış köftelerin nem içeriğinin (%55,99) atmosferik koşullarda kızartılmış köftelere (%54,84) kıyasla daha yüksek tespit edilmiş ve kızartma tekrar sayısı arttıkça nem değerinin düştüğü gözlenmiştir. TBARS değerlerine bakıldığında, atmosferik koşullarda üretilen köftelerin 39,35 µmol MDA/kg, basınçlı koşullarda üretilen köftelerin 29,44 µmol MDA/kg değerlerinde olduğu ve kızartma sayısı arttıkça bu değerin arttığı görülerek, köftelerin iç kesit yüzeyindeki renk parametrelerinin kızartma tekrar sayısı arttıkça düşüş gösterdiği bildirilmiştir.

Zhang *et al.* (2021) tarafından, patates kızartmasında darbeli elektrik alanının (PEF) haşlama ön işlemiyle birleştirilmesinin patates kızartmasının renk parametreleri ve akrilamid içeriği üzerindeki etkilerinin irdelendiği bir çalışmada, ön işleme tabi tutulan parmak patateslerin daha parlak (L değeri 60.44) altın sarısı renkte olduğu ve akrilamid içeriğinin 1533,75 ng/g ile gıda güvenliği açısından uygun olduğu bildirilmiştir.

Muscadine çeşidi üzüm polifenolleri ve standart fenolik bileşiklerin patates cipsi modelinde akrilamid miktarına etkisinin incelendiği bir çalışmada, üzüm polifenollerinin akrilamid seviyesini %60,3 azalttığı, standart polifenollerin akrilamid miktarında hiçbir azalma sağlamadığı ve polifenollerin renk gelişimine bir miktar yardımcı olduğu bildirilmiştir (Xu *et al.* 2015).

Daniali *et al.* (2016) tarafından, yemeklik sıvı yağ ve hayvansal yağın 180 °C’de 30 dakika ısıtılması sırasında akrilamid miktarı oluşumunun incelendiği bir çalışmada, doymuş hayvansal yağda doymamış yemeklik sıvı yağa kıyasla önemli ölçüde daha az akrilamid üretildiği (domuz yağında 366 ng/g, soya yağında ise 2447 ng/g) ve çift bağları daha fazla olan yağların doymamış yapılarından dolayı daha yüksek akrilamid içeriğine sahip oldukları ortaya koyulmuştur.

Kızartma süresini azaltmak ve üründe renk oluşumunu geliştirmek amacıyla gıdaların kızartılmasında ultrason desteksiz ve ultrason destekli-mikrodalga vakumlu kızartma (UMVF)

teknolojisinin uygulanıp elma dilimlerinin kızartma için model materyal olarak kullanıldığı bir çalışmada, sırasıyla 600 W ve 28 kHz sabit ultrason gücü ve frekansında iki mikrodalga güç seviyesi (800 W ve 1000 W) kullanılmış, kızartma ise 16 dakika süreyle yapılmıştır. UMVF teknolojisinin uygulanması mikrodalga vakum kızartma (MVF) teknolojisine kıyasla kızartma süresini kısalttığı ve daha çok arzu edilen sarı bir renk üretimini sağladığı, UMVF teknolojisinin MVF teknolojisine kıyasla daha az Maillard reaksiyon ürünü ürettiği ve bu nedenle UMVF teknolojisinin MVF teknolojisinden daha etkili olduğu ve tercihen kızartma gıdalarında kullanılabileceği rapor edilmiştir (Faruq *et al.* 2019).

Patates kızartmak amacıyla kullanılan dört farklı yağa (ayçiçek, mısır, fındık ve zeytinyağı) 8 tekrarlı kızartma uygulanarak tekrarlı kızartmanın yağda akrilamid oluşum miktarı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, akrilamid seviyeleri ayçiçek yağı için 890-1200 µg/kg, zeytinyağı için 892-1163 µg/kg, mısır yağı için 981-1299 µg/kg, fındık yağı için 779-1120 µg/kg olarak ölçülmüştür ve sonuçlara göre kızartma yağının tekrarlı kullanımının patates kızartmasında akrilamid oluşumunu önemli derecede etkilediği ve tüm yağ türleri için elde edilen akrilamid seviyelerine göre aynı yağın kızartmalarda yeniden kullanılmaması gerektiği, kızartma yağının çoklu doymamış yağ asidi açısından yüksek olmasının patates kızartmasında akrilamid oluşumu açısından daha riskli olduğu, akrilamidin kızartma koşulları, patatese uygulanan ön işlem veya patates dilim boyutları, patates tipi ve bileşimi gibi birçok parametreden etkilendiği bildirilerek benzer çalışmalarda elde edilen sonuçların farklılık gösterebileceği vurgulanmıştır (Başaran and Turk 2021).

Balık derisinin vakum kızartma (120 °C’de 4-24 dakika), elektrostatik kızartma (180 °C’de 6 dakika), atmosferik ve derin yağda kızartma (180 °C’de 2-12 dakika) proseslerini konu alan bir çalışmada, atmosferik ve vakumda kızartılmış balık derilerinin en düşük yağ içeriğine sahip olduğu [sırasıyla %9,8 (g/g) ve %27,7 (g/g)], geleneksel derin yağda kızartmada yüksek ısı nedeniyle yağ alımının %47.6 olduğu ve esmerleşme reaksiyonlarının önem arz ettiği, atmosferik kızartma işleminin geleneksel kızartmaya kıyasla daha yavaş bir su buharlaşma oranı sağladığı, çalışılan farklı kızartma yöntemleri arasında vakum ve atmosferik kızartmanın en iyi doku ve görünümü korurken yağ içeriğini önemli ölçüde azalttığı rapor edilmiştir (Fang *et al.* 2021).

Pedreschi *et al.* (2007) tarafından, patates cipsi üretmek amacıyla önce 85 °C’de 3,5 dakika haşlanan ardından ön kurutma ($60\pm1^{\circ}\text{C}$) işlemi uygulanan patates dilimlerinin kızartma sırasındaki renk gelişimi ve son üründe akrilamid içeriğinin irdelendiği bir çalışmada, renk miktar tayini için kullanılacak patates dilimleri %1,8 nem içeriğine ulaşana kadar 120, 140, 160 ve 180 °C’de kızartılmış ancak akrilamid konsantrasyonu sadece 120, 150

ve 180 °C'de kızartılan son ürünlerde belirlenmiştir. Sonuçlar, ön kurutma işleminin rengi iyileştirdiği ve haşlama işleminin test edilen üç sıcaklıkta (120, 150 ve 180 °C) kızartma sırasında akrilamid oluşumunu önemli ölçüde azalttığı ve akrilamid oluşumunun kızartma sıcaklığı ile önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir.

Hindi nuggetların atmosferik (180 °C, 2,5 dakika) ve basınçlı (160 °C, 3,5 dakika, 2 bar) koşullarda derin yağda kızartılarak bazı kalite özelliklerinin ve kızartma koşullarının yağ kalitesine etkisinin belirlendiği bir çalışmada, atmosferik kızartma yöntemiyle üretilen hindi nugget örneklerinin basınçlı kızartma yöntemiyle üretilen örneklerle göre daha düşük nem değerine sahip olduğu, basınçlı kızartmanın TBARS değerini düşürdüğü, yağ örneklerinde serbest yağ asidi (% oleik asit) değerlerinin her iki kızartma tipi için en düşük değerler olarak 0,20 olarak belirlendiği ve peroksit değerlerinin her iki yöntemde de benzer sonuçlar verdiği tespit edilmiştir (Kaplan 2020).

Kızarmış patates cipslerinde kızartma koşullarının ve katkı uygulamalarının akrilamid oluşumu üzerindeki etkilerinin belirlenmeye çalışılması için 3 farklı tür (Atlantic, Snowden ve Vigor) kızartmalık patatesin kullanıldığı bir çalışmada, farklı sürelerde (3, 5 ve 7 dakika) ve sıcaklıklarda (160, 170, 180 ve 190 °C) kızartılan patates dilimlerinden elden edilen cipslerde akrilamid oluşumunun kullanılan patatesin türüne özgü olduğu ve miktarının artan kızartma süresi ve sıcaklığı ile arttığı, kızartma öncesinde Atlantic ve Vigor türü patates dilimlerinin haşlanmasında %1 asetik asit, %1 sitrik asit veya 0,1 M glisin ilavesinin bu dilimlerden elde edilen cipslerde akrilamid içeriğini azalttığı, 0,1 M sodyum klorür veya 0,1 M kalsiyum klorürde haşlamanın patates cipslerinde akrilamid oluşumunu azaltmada herhangi bir yararlı etkisi olmadığı, %0,5 askorbik asitte haşlamanın akrilamid oluşumunu önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır (Liyanage *et al.* 2021).

MATERYAL ve METOT

Materyal

Et ve yağ

Çalışmada yer alan tavuk eti (göğüs ve but) bir zincir marketten temin edilmiştir. Nugget hamurunun hazırlanabilmesi için tavuk etleri kıyma makinesinin aynasından geçirilerek kıyma formuna getirilmiş ve kızartma yağı olarak kullanılan ayçiçek yağı yine bir zincir marketten alınmıştır.

Katkı maddeleri

Çalışmada yer alan baharat, tuz, soğan, sarımsak, galeta ve buğday unu ile nuggetların dış kaplamasında kullanılan yumurta ve ekmek bir market zincirinden alınmıştır.

Metot

Deneme planı

Çalışmada kızartma prosesi için ayçiçek yağı kullanılarak iki ayrı kızartma koşulu (atmosferik-basınçlı) uygulanmıştır. Kızartma işlemi her iki tip kızartma yöntemi için 8 kez tekrar edilmiş ve örnekleme 2., 4., 6. ve 8. kızartma işlemleri sonunda yapılmıştır. Kızartma işlemi için ön denemeler yapılmış ve iki kızartma yöntemi için belirlenen uygun sıcaklık-süre kombinasyonları üretimde kullanılmıştır. Deneme planı iki blok olarak kurularak yürütülmüştür. Deneme planı Tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Deneme Planı

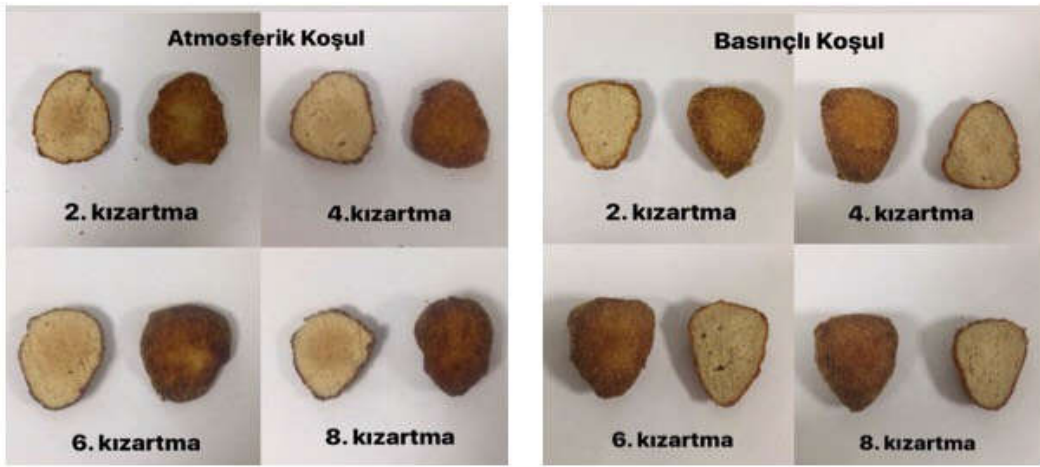
Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok
Atmosferik Koşul	2	1
	4	
	6	
	8	
	2	2
	4	
	6	
	8	

Tablo 2. (devamı)

Basınçlı Koşul	2	1
	4	
	6	
	8	
	2	2
	4	
	6	
	8	

Nugget üretimi ve kızartma

Her bir kg hamur için 550 gram göğüs eti, 200 gram but eti, 10 gram soğan, 18 gram baharat (1 gram zencefil, 12 gram tuz, 1 gram sarımsak, 2 gram tatlı biber (toz), 1 gram acı biber (toz), 1 gram karabiber), 135 gram su, 25 gram buğday unu, 60 gram galeta unu ve 3 gram askorbik asit kullanılmıştır. Hamur homojen bir şekilde yoğurulmanın ardından 1 saat süre zarfında 4 ± 1 °C’de buzdolabında bekletilmiştir. Bu işlemin devamında nugget hamurlarına şekil verilmek amacıyla 6x3x3 ebatlarına sahip kalıplar kullanılmış ve şekil verilen nuggetlar 1 saat süreyle 4 ± 1 °C’de buzdolabında bekletilmiştir. Nuggetların dış kaplaması için yumurta akına daldırma ve kurutulmuş ekmek kırıntılarıyla homojen bir kaplamanın ardından -18 °C’de buzdolabında kızartma işlemine kadar bekletilmiştir. Kızartma işlemi öncesinde nuggetlar oda sıcaklığında bir süre bekletilmiştir. Kızartma işlemi ayçiçek yağı kullanılarak derin yağ içerisinde atmosferik koşullarda 185 °C’de 2 dakika ve basınçlı koşullarda 160 °C’de 3 dakika olmak üzere kızartma makinasında (Markfry 1014 PD) gerçekleştirilmiştir. Kızartma prosesinde uygulanan işlemler Tablo 3’de verilmiştir. Kızartılan ürünler nem, tiyobarbitürik reaktif maddeler (TBARS), iç ve dış kesit olmak üzere renk ve akrilamid analizleri için nuggetlardan, yağ analizleri (peroksit sayısı ve serbest yağ asidi miktarı) için ise kızartma yağından numuneler alınmıştır.



Şekil 3. Kızartma öncesi ve sonrası nugget görüntüleri

Tablo 3. Kızartma Prosesinde Uygulanan İşlemler

Kızartma Cihazı	Kızartma Koşulları	Yağ Türü	İşlem Sıcaklık ve Süreleri	Basınç Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Kızartma Süresince Yağ İlavesi	Kızartma Ürünü ve Boyutları
MARKFR Y 1014 PD tipi kızartma cihazı	Atmosferik/ Basınçlı koşullar altında derin yağda kızartma	Ayçiçek Yağı	Atmosferik-185 °C-2 dakika Basınçlı-160 °C-3 dakika	2 bar	8	Yapılmadı	Nugget 6x3x3

Nugget analizleri

Nem içeriği analizi

Kurutulan, darası alınan kurutma kaplarına (alüminyum) 10 gram numune tartılmış ve etüvde ($105\pm1^{\circ}\text{C}$) sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutma dolabından alınan kurutma kapları, sıcaklıkları oda sıcaklığına ulaşınca kadar bir süre desikatörde bekletilmiş ve süre sonunda son tartımlar alınarak örneklerin nem miktarı kurutma sonucundaki ağırlık kaybı hesabıyla belirlenerek %'de cinsinden ifade edilmiştir. (Gökalp vd. 2004).

Tiyobarbitürik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi

Homojen forma getirilen numunelerden 2 gram tartılmış, üzerine 12 ml TCA çözeltisi [%0,1 EDTA, %0,1 Propil gallat (3 ml etanolde çözündürülmüş) ve %7,5 TCA] eklenmiş ve Ultra Turrax ile 30 saniye homojenize edilmiştir. Karışım Whatman-1 filtre kağıdından süzildikten sonra 3'er ml deney tüplerine alınmış ve 0,02 M TBA çözeltisinden 3 ml üzerine ilave edilerek vortekslenmiştir. Kaynayan su banyosu içerisinde (95°C) deney tüpleri 40 dakika bekletilip süre bitiminde 5 dakika boyunca musluk suyunda soğutulmuştur. Bu işlemi takiben, numunelerin spektrofotometrede 532 nm'de köre karşı absorbans değeri belirlenmiştir ve sonuçlar $\mu\text{mol MDA/kg}$ örnek olarak verilmiştir (Lemon 1975).

Renk analizi

Renk değerleri (L^* , a^* , b^*), örneklerin iç ve dış kesit yüzeylerinden alınmak suretiyle Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun belirlediği esaslara göre Minolta (CR-200, Minolta) kolorimetresinden yararlanılarak belirlenmiştir.

Akrilamid analizi

Akrilamid analizi Robarge *et al.* (2003) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır. 1 gram örnek tartılıp üzerine 10 mL ultra saf su ilave edilmiş ve ardından manyetik karıştırıcıda 20 dakika karıştırıldıktan sonra 5500 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. 0,45 μm çaplı filtreden geçirildikten sonra süzüntüden 3 mL alınarak üzerine 200-300 μL KBrO_3 eklenmiştir. Buz banyosunda 1 saat bekletildikten sonra tüplere 20 μL sodyum tiyosülfat ilave edilip üzerine 2 mL etil asetat eklenerek karıştırılmıştır. 10 dakika 5500 rpm'de santrifüjlendikten sonra süpernatant kısmı analiz edilmek üzere viallere aktarılmıştır. Akrilamid analizi; Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresinde (GC-MS) seçici iyon görüntüleme modunda (SIM) gerçekleştirilmiştir. Analizde kolon olarak DB-225, hareketli

faz olarak helyum kullanılmıştır. Fırın sıcaklık koşulları 40 °C'den 200 °C'ye dakikada 30 derece artacak şekilde ayarlanmış, splitless modunda çalışılmıştır.

Yağ analizleri

Serbest yağ asidi miktarı

Analiz öncesi homojen hale getirilen yağ numunesinden 14 gram tartılıp üzerine 50 ml olacak şekilde nötralize etil alkol eklenmiştir. Ardından indikatör çözelti olarak 2 ml fenolftalein çözeltisi (%1'lik/etanolda çözündürülmüş) ilave edilip pembe renk elde edilinceye kadar sodyum hidroksit (0,1 N) ile titre edilmiştir (Anonymous 1989).

Peroksit sayısı tayini

Homojen hale getirilmiş yağ numunesinden erlenmayere 5 g örnek tartılmış ve üzerine 30 ml asetik asit-kloroform eklenerek örneğin çözünmesi için iyice karıştırılmıştır. 0,5 mL doygun KI çözeltisi ilavesinin ardından 1 dakika boyunca aralıklarla karıştırma işlemi uygulanmış ve 30 ml olacak şekilde saf su eklenerek sodyum tiyosülfat (0,1 N) ile titre edilmiştir. Sarımsı renk kaybolduğunda nişasta indikatör çözeltisinden (%1'lik) 2 ml eklenmiş ve oluşan mavi-lacivert renk tamamen kayboluncaya dek sodyum tiyosülfat (0,1 N) tekrar titre edilmiştir. Tüm işlem basamakları şahit numunede de aynı olacak şekilde uygulanmıştır (Anonymous 1989).

İstatistiksel analizler

Araştırmada kızartma koşulu (atmosferik-basınçlı) ve kızartma tekerrür sayısı faktör olarak seçilmiş ve araştırma şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre düzenlenmiştir. Analizler 2 tekerrürlü olarak şekilde gerçekleştirilmiştir. İstatiksel olarak önemli olan ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Nugget Analiz Sonuçları

Nem (%)

İnsan beslenmesinde yüksek kalitede protein içeriği ile önemli bir yere sahip olan kanatlı etlerinde, görünüş, tekstürel özellikler, sululuk, tat, pişirme kaybı, yağ içeriği, besin değerleri ve mikrobiyal yük et kalitesi açısından önem arz eden kriterlerdir. Kanatlı etleri içerisinde oldukça büyük bir paya sahip olan tavuk etlerinde su içeriği %65,4-75,9 arasında değişmektedir (Aksu ve Kaya 2010). Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların % nem değerleri Tablo 4’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere atmosferik koşullarda gerçekleştirilen kızartma işleminde örneklerin nem değerlerinin %52,03 ile %60,01, basınçlı yöntemde ise %56,60 ile %61,67 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çiğ tavuk nugget örneklerinde bu değerler %61,91 ile %70,60 arasında tespit edilmiştir. Demirok Soncu (2014) tarafından, kaplamalı tavuk ürünlerinde derin yağda kızartma işleminin yapıldığı çalışmada kaplamalı butlar için nem miktarının %42,81-%61,38 kaplamalı kanatlarda ise %39,87-%48,51 aralığında değiştiğini belirtmiştir.

Tablo 4. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerleri

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	Nem (%)
Atmosferik	2	1	56,23
	2		55,92
	4		55,71
	4		55,36
	6		54,69
	6		52,03
	8		52,72
	8		53,47
	2	2	59,30
	2		60,01
	4		59,86
	4		59,17
	6		58,36
	6		58,32
	8		56,19
	8		56,29

Tablo 4. (devamı)

	2		59,36
	2		58,57
	4		59,10
	4	1	58,13
	6		56,60
	6		58,65
	8		56,83
	8		58,24
Basınçlı	2		61,49
	2		61,67
	4		60,02
	4	2	60,59
	6		58,59
	6		58,52
	8		58,89
	8		57,61

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların % nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Tavuk nugget örneklerinin nem değeri üzerine kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısı faktörlerinin çok önemli seviyede ($P<0,01$) etkisi olmuştur. Buna karşın kızartma koşulu×kızartma tekrar sayısı interaksiyonunun örneklerin nem değerleri üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$). Köftelerin basınçlı koşullarda kızartma işlemine tabi tutulduğu bir çalışmada Şişik Oğraş (2022), kızartma yönteminin etkisini önemli ($P<0,05$), tekrar sayısı faktörünü ise çok önemli ($P<0,01$) olarak tespit etmiştir. Kaplan (2020) hindi nuggetlar üzerine farklı yağ (findık ve ayçiçek) ve kızartma uygulamasının (atmosferik ve basınçlı) etkisini belirlemeye yönelik çalışmasında ise kızartma yönteminin nem değerine etkisini mevcut çalışmaya benzer şekilde çok önemli ($P<0,01$) olduğunu tespit etmiştir.

Tablo 5. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KO	F
Kızartma Koşulu(KK)	1	48,094	43,874**
Kızartma Tekrar Sayısı (KTS)	3	13,469	12,287**
Blok(B)	1	58,509	53,376**
KK×KTS	3	0,608	0,555
Hata	23	1,096	
Genel	32		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Basınçlı koşullarda gerçekleştirilen tekrarlı kızartma işleminde üretilen tavuk nugget örneklerinde nem değerlerinin (%58,93) atmosferik koşullara göre (%56,48) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6). Basınçlı koşullarda meydana gelen bu artışın basınçlı kızartma işleminin atmosferik koşullara göre daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesinden ve yüksek sıcaklık ortamında artan buharlaşma hızı sebebiyle su kaybının artmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Yüksek basınçlı kızartma işleminde uygulanan yüksek basınç sonucunda daha sulu, daha homojen pişmiş çıtır ürünler elde edilebilmektedir (Ballard and Mallikarjunan 2006; Moreira 2014). Nitekim kızartmada ürünün nem içeriğinde kızartma işleminde uygulanan sıcaklık ve basınç koşullarının etkisi oldukça fazladır (Innawong *et al.* 2006). Şişik Oğraş and Kaplan (2022) hindi nuggetlarda basınçlı kızartma uygulamasının ürün ve yağ özelliklerine etkisini belirledikleri çalışmalarında basınçlı kızartmada nem miktarını %58,50 atmosferik kızartmada ise %57,39 olarak belirlemişlerdir. Benzer şekilde basınçlı kızartmanın tavuk etlerinin nem içeriğine etkisinin belirlendiği bir diğer araştırmada da basınçlı kızartmanın atmosferik kızartmaya göre daha nemli ürünler verdiği bildirilmiştir (Das *et al.* 2013). Kızartmada tekrar sayısı arttıkça örneklerin nem değerinde bir düşüş meydana gelmiş, 2. kızartma sonucunda örneklerde nem değeri %59,07 iken bu değer 8. kızartma sonunda %56,28'e düşmüştür ki bu sonuç 6. kızartma sonucundan (%56,97) istatistiki olarak farksız çıkmıştır. Kızartmada tekrar sayısı ve farklı kızartma yönteminin fındık yağı ile kızartılan köfte örneklerine etkisi ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada 5 kez kızartma işlemi yapılmış ve başlangıçta %57,78 olan nem değeri, 5.kızartma sonunda %52,94 olarak belirlenmiştir (Şişik Oğraş 2022).

Tablo 6. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların % Nem Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)

Kızartma Koşulu	Atmosferik	56,48±2,5a
	Basınçlı	58,93±1,45b
Kızartma Tekrar Sayısı	2	59,07±2,13a
	4	58,49±1,97a
	6	56,97±2,43b
	8	56,28±2,18b

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır (P>0,05).

TBARS

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların TBARS değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Tablodan da görülebileceği üzere örneklerin TBARS değerleri atmosferik şartlarda gerçekleştirilen kızartma işleminde 15,19 ile 31,38 µmol MDA/kg aralığında belirlenirken, kızartmada basınç uygulaması ile bu değerlerin

12,00 ile 28,96 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Kızartma öncesinde tavuk nuggetların TBARS değerleri ise 11,66 ile 15,74 $\mu\text{mol MDA/kg}$ arasında değişiklik göstermiştir. Her iki kızartma koşulunda da kızartma sayısındaki artışa bağlı olarak örneklerin TBARS değerlerinde artışlar gözlemlenmiştir.

Tablo 7. Atmosferik ve Basınçlı şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak retilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerleri ($\mu\text{mol MDA/kg}$)

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$)
Atmosferik	2	1	16,85
	2		15,19
	4		24,59
	4		23,31
	6		25,70
	6		25,50
	8		30,88
	8		29,10
	2	2	24,12
	2		24,14
	4		26,71
	4		26,04
	6		29,88
	6		29,13
	8		31,38
	8		31,23
Basınçlı	2	1	12,00
	2		12,63
	4		16,29
	4		25,12
	6		23,75
	6		23,91
	8		26,48
	8		27,03
	2	2	14,59
	2		14,05
	4		23,66
	4		23,19
	6		24,59
	6		23,75
	8		28,32
	8		28,96

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre varyasyon kaynaklarından kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısının tavuk nuggetların TBARS değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. KK×KTS interaksyonu ise TBARS değeri üzerinde istatistiki açıdan herhangi bir etkide bulunmamıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerlerine ($\mu\text{mol MDA/kg}$) Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KO	F
Kızartma Koşulu(KK)	1	133,784	36,737**
Kızartma Tekrar Sayısı(KTS)	3	222,044	60,974**
Blok(B)	1	64,440	17,695**
KK×KTS	3	6,459	1,774
Hata	23	3,642	
Genel	32		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

TBARS değeri ette ikincil oksidasyon ürünlerinin bir ölçüsü olup, nihai üründe kalite ve güvenilirliği belirlemede önemli bir göstergedir (Hwang *et al.* 2011). Ette aroma ve kötü tat oluşumuna katkı sağlayan bu ürünlerin miktarını gösteren TBARS değeri ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere bu değer atmosferik koşullarda gerçekleştirilen kızartma işleminde $25,86\pm4,70 \mu\text{mol MDA/kg}$, basınçlı koşullarda ise $21,77\pm5,78 \mu\text{mol MDA/kg}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 9). Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin TBARS değerinde önemli ölçüde artış meydana gelerek 8. kızartmada $29,17 \mu\text{mol MDA/kg}$ olarak belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların TBARS Değerleri Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ SD)

		TBARS ($\mu\text{mol MDA/kg}$)
Kızartma Koşulu	Atmosferik	$25,86\pm4,70a$
	Basınçlı	$21,77\pm5,78b$
Kızartma Tekrar Sayısı	2	$16,70\pm4,82a$
	4	$23,61\pm3,22b$
	6	$25,78\pm2,43c$
	8	$29,17\pm1,88d$

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P>0,05$).

Akrilamid

Akrilamid, genellikle asparijin aminoasidi ile indirgen şekerler bakımından zengin gıdalara uygulanan 120 °C ve üzerindeki ısıtma sırasında yüksek oranda oluşan bir bileşiktir (Mottram *et al.* 2002; Stadler *et al.* 2002). Gıdalarda akrilamid oluşumu büyük oranda pişirme yöntemine bağlıdır. Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların akrilamid miktarları (µg/kg) Tablo 10’da verilmiştir. Kızartma öncesi çiğ örneklerin akrilamid içeriği 12,21 ile 27,61 µg/kg arasında değişmiştir. Tablo 10’ dan da görüldüğü üzere, atmosferik kızartma yönteminde en düşük akrilamid değerinin 75,43 µg/kg en yüksek akrilamid değerinin ise 167,65 µg/kg olduğu belirlenmiştir. Basınçlı kızartmada ise, en düşük akrilamid miktarının 2. kızartmada (73,54 µg/kg) en yüksek akrilamid miktarının ise 8. kızartmada (148,20 µg/kg) olduğu tespit edilmiştir. Karbonhidrat açısından zengin gıdaları fırında pişirmek veya kızartmak daha yüksek miktarlarda akrilamid oluşumuna neden olmaktadır (Albedwawi *et al.* 2021). Avrupa Gıda ve Güvenlik Otoritesi tarafından insanlarda günlük akrilamid alım sınırının 170 µg/kg olduğu belirtilmiştir (EFSA 2015). Mevcut araştırma sonuçlarından anlaşılabileceği üzere, 8 kızartma sonucunda her iki kızartma yönteminden elde edilen sonuçların bu sınır değeri geçmediği tespit edilmiştir.

Tablo 10. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarları (µg/kg)

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	Akrilamid Miktarı
Atmosferik	2	1	75,43
	2		78,99
	4		86,77
	4		92,47
	6		89,32
	6		97,45
	8		128,55
	8		111,07
	2	2	92,05
	2		90,96
	4		104,09
	4		106,17
	6		113,54
	6		106,72
	8		151,91
	8		167,65

Tablo 10. (devamı)

Basınçlı	2	1	73,54
	2		78,34
	4		93,56
	4		90,04
	6		93,37
	6		107,88
	8		92,75
	8		84,64
	2	2	82,14
	2		89,91
	4		88,72
	4		86,78
	6		86,45
	6		98,82
	8		148,20
	8		113,26

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların akrilamid miktarlarına ($\mu\text{g/kg}$) ait varyans analiz sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısının örneklerin akrilamid miktarları üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahip olduğu, $\text{KK}\times\text{KTS}$ interaksiyonunun ise akrilamid seviyesi üzerinde herhangi bir etkiye sahip olmadığı ($P>0,05$) tespit edilmiştir.

Tablo 11. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarlarına ($\mu\text{g/kg}$) Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KO	F
Kızartma Koşulu (KK)	1	1066,527	7,006**
Kızartma Tekrar Sayısı(KTS)	3	2546,663	16,728**
Blok(B)	1	2003,445	13,160**
$\text{KK}\times\text{KTS}$	3	311,423	2,046
Hata	23	152,239	
Genel	32		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların akrilamid miktarı ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere örneklerin ortalama akrilamid miktarı basınçlı koşullarda $94,28 \mu\text{g/kg}$ olarak belirlenirken, bu değer atmosferik koşullarda daha yüksek ($105,82 \mu\text{g/kg}$) olarak belirlenmiştir. Kızartma yöntemlerine bakıldığında, basınçlı

yöntemin atmosferik kızartma yöntemine göre daha düşük ortalama akrilamid değerine sahip olmasının kızartmadaki süre-sıcaklık kombinasyonundan ve akrilamid oluşumunun ana mekanizması olan Maillard reaksiyonun hızına olan etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Demirok Soncu (2014) kaplamalı tavuk ürünlerinin derin yağda kızartılması çalışmasında, akrilamid seviyesinin kaplamalı butlarda 2,60-314,28 ng/g, tavuk kanatlarında ise 11,20-31,35 ng/g arasında değiştiğini tespit etmiştir. Devseren (2016) ise vakum altında ve atmosferik koşullarda kızartılan örneklerde akrilamid miktarı sırasıyla 42,0-516,9 µg/kg ve 525,5-1563,5 µg/kg arasında değiştiğini, kızartma tekrar sayısı göz önüne alındığında ise, her iki yöntemde de kızartma sayısı arttıkça akrilamid miktarının arttığını tespit etmiştir. Başlangıçta çiğ örneklerin akrilamid seviyesi 12,21 ile 27,61 µg/kg arasında değişmekte iken bu değer 2. kızartmada 82,67 µg/kg'a, 8. kızartma sonunda ise artarak 124,75'e ulaşmıştır. Bu sonucun yağın tekrarlı kullanılması sonucu yağın yapısında oluşan değişikliklerin akrilamid oluşumunu arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Başaran and Türk (2021) tarafından farklı yağ çeşitleri kullanılarak 8 kez gerçekleştirilen patates kızartması işleminde akrilamid miktarlarının ayçiçek, zeytinyağı, mısır ve fındık yağlarında sırasıyla 921-1153 µg/kg, 925-1106 µg/kg, 1009-1231 µg/kg ve 799-1084 µg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Farklı kızartma yağları kullanılarak gerçekleştirilen tekrarlı kızartma işleminde Kuek *et al.* (2020) ise başlangıçta 447-678 µg/kg olan akrilamid miktarlarını, 80. kızartma sonunda 452-586 µg/kg arasında olarak belirlemiştir.

Tablo 12. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Akrilamid Miktarı Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)

		Akrilamid Miktarı (µg/kg)
Kızartma Koşulu	Atmosferik	105,82±25,16a
	Basınçlı	94,28±17,49b
Kızartma Tekrar Sayısı	2	82,67±7,34a
	4	93,58±7,55ab
	6	99,19±9,52b
	8	124,75±29,51c

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P>0,05).

Renk

Kanatlı etlerinde önemli kalite kriterlerinden olan görünüş, tüketiciyi etkileyen en değerli parametre olup bunun içerisinde renk önemli bir yer tutmaktadır. Taze olarak değerlendirilen kanatlı etlerinde doğal rengin korunması, işlenmiş kanatlı ürünlerinde ise işlem sonrası oluşan renk kalite açısından önem arz etmektedir (Aksu ve Kaya 2010). Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların

iç kesitinde belirlenen renk değerleri Tablo 13'te verilmiştir. Basınçlı koşullarda kızartılmış tavuk nuggetlarda genellikle daha yüksek iç kesit L* değerleri belirlenmiştir. Buna karşın örneklerin a* değerleri ise genellikle atmosferik kızartma yapılan örneklerde daha yüksek olarak belirlenmiştir. Tavuk nugget örneklerinin iç kesit yüzey renklerinde her iki kızartma sonucunda da b* değeri açısından oldukça yakın değerler tespit edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesitinde Belirlenen Renk Değerleri

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	L*(iç)	a*(iç)	b*(iç)	
Atmosferik	1	1	2	62,27	4,40	17,68
			62,23	4,51	18,58	
			61,31	5,39	18,37	
			4	62,16	4,65	18,56
			62,78	4,84	19,25	
			59,91	6,11	19,37	
			6	59,52	5,82	19,66
			56,96	6,44	19,99	
			57,53	6,44	18,95	
			8	33,68	11,48	17,00
			32,43	12,22	16,40	
			32,99	13,79	16,82	
	2	2	2	67,83	4,82	20,10
			66,96	5,64	20,18	
			64,86	4,74	18,90	
			4	65,87	5,27	19,55
			65,70	5,58	18,82	
			64,17	5,34	19,99	
			6	60,24	5,98	19,19
			64,27	6,37	19,18	
			63,79	5,55	19,16	
			8	60,93	6,01	20,12
			64,12	6,04	18,12	
			62,33	5,30	20,08	
Basınçlı	1	1	2	66,60	4,04	19,23
			65,93	4,76	18,76	
			67,60	4,74	20,38	
			4	64,69	5,32	19,40
			64,99	5,39	19,32	
			65,15	5,52	19,63	
			6	64,12	3,36	17,86
			64,46	3,37	18,65	
			60,97	4,02	19,21	
			8	63,57	3,66	18,91
			61,30	4,18	18,56	
			63,53	3,41	18,56	

Tablo 13. (devamı)

2		66,01	3,05	17,49
		66,18	3,14	17,62
		65,98	3,18	17,70
4		63,83	4,32	18,52
		64,22	4,46	18,19
		61,96	4,42	17,67
6	2	63,65	3,36	18,27
		63,27	3,46	18,47
		63,12	3,54	18,71
8		63,38	4,05	18,27
		65,00	3,75	19,30
		62,16	3,25	18,37

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların iç kesit yüzeydeki renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 14’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre parlaklığın göstergesi olan L* değeri ve kırmızı renk yoğunluğunu gösteren a* değeri üzerinde tüm varyasyon kaynakları çok önemli düzeyde ($P<0,01$) etkili olmuştur. Buna karşın tavuk nugget örneklerinin b* değeri üzerinde hiçbir faktörün önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir ($P>0,05$) (Tablo 14).

Tablo 14. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesit Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		L*(iç)		a*(iç)			b*(iç)		
Varyans	SD	KO	F	SD	KO	F	SD	KO	F
Kızartma Koşulu (KK)	1	335,122	11,626**	1	67,460	40,998**	1	1,012	1,236
Kızartma Tekrar Sayısı(KTS)	3	225,677	7,829**	3	9,448	5,727**	3	0,996	1,217
Blok(B)	1	315,957	10,961**	1	15,459	9,370**	1	0,172	0,210
KK×KTS	3	139,137	4,827**	3	14,892	9,026**	3	1,084	1,325
Hata	39	28,826		39	1,650		39	0,819	
Genel	48			48			48		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların iç kesit renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15’te verilmiştir. Kızartma işleminde en önemli kalite kriterlerinden olan renk, kızartma süre ve sıcaklığı, protein denatürasyonu, dış kısımda gerçekleşen Maillard reaksiyonu ile oldukça ilişkilidir (Innawong *et al.* 2006; Devresen *et al.* 2016). Mevcut bu

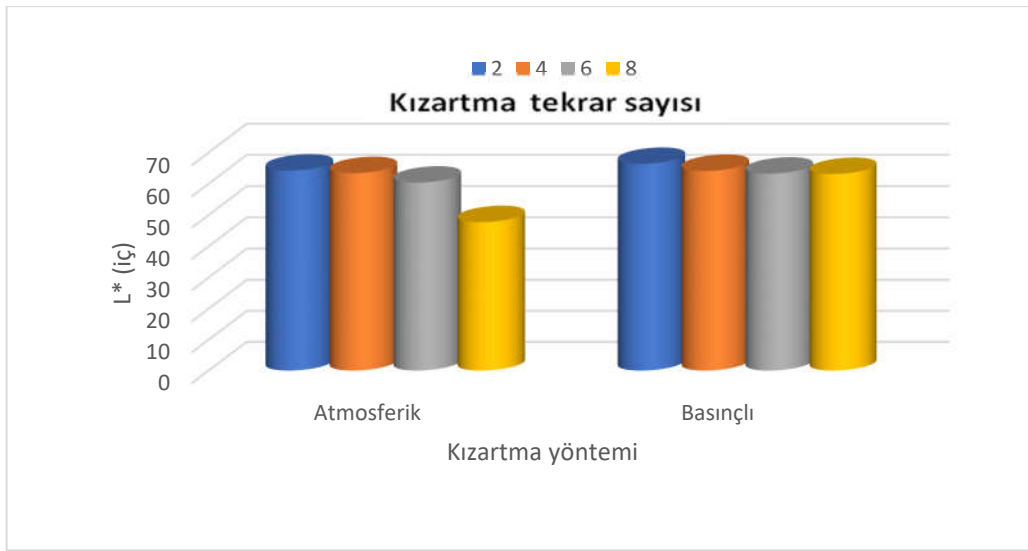
çalışmada atmosferik koşullarda kızartma işleminde L* değeri 58,95 olarak belirlenirken, basınçlı koşullarda kızartma işleminde ise bu değer 64,24 olarak belirlenmiştir. a* değeri ise atmosferik koşullarda daha yüksek bir değer vermiştir. Sarı rengin ifadesi olan b* değeri de a* değerinde olduğu gibi atmosferik kızartmada daha yüksek bir ortalama değer vermesine rağmen bu değer istatistiki açıdan önemsiz ($P>0,05$) olarak tespit edilmiştir. Hindi nuggetlarda basınçlı kızartma uygulamasının atmosferik kızartmayla kıyaslandığı bir çalışmada a* değerinin mevcut çalışmadaki sonuçlara benzer olarak atmosferik kızartmada daha yüksek olduğu ancak L* değerinin basınçlı kızartmada daha yüksek sonuçlar vermesine rağmen istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (Kaplan 2020). Tavuk nuggetlarda kızartma sıcaklığı ve basınç uygulamasının çeşitli kalite özelliklerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, belirtilen parametrelerin merkez nokta L* ve a* değeri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ancak a* değeri açısından basınçlı kızartmada daha yüksek değerler belirlendiği bildirilmiştir (Innawong *et al.* 2006). Kızartma tekrar sayısı arttıkça 2. kızartmada $65,31\pm2,19$ olarak belirlenen L* değerinin, 8.kızartmada $55,45\pm13,57$ 'e düştüğü, buna karşın a* değerinin 6. kızartma işlemi ile arttığı, 2., 4. ve 6. kızartmalar arasında istatistiki olarak bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$) (Tablo 15). Kızartma tekrar sayısının etkisinin incelendiği bir çalışmada Şişik Oğraş (2022), köftelerde iç kesitte kızartma sayısı arttıkça L* değerinin azaldığını bildirmiştir.

Tablo 15. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların İç Kesit Renk Değerlerine Ait Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ SD)

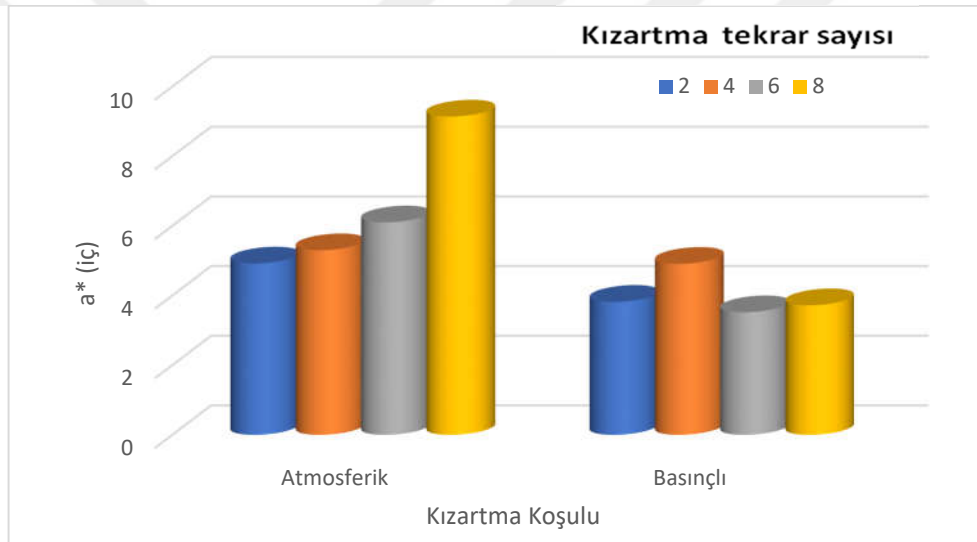
		L*(iç)	a*(iç)	b*(iç)
Kızartma Koşulu	Atmosferik	58,95 $\pm$ 10,36a	6,36 $\pm$ 2,47a	18,92 $\pm$ 1,08a
	Basınçlı	64,24 $\pm$ 1,68b	3,99 $\pm$ 0,74b	18,63 $\pm$ 0,71a
Kızartma Tekrar Sayısı	2	65,31 $\pm$ 2,19a	4,37 $\pm$ 0,86a	18,75 $\pm$ 1,05a
	4	63,79 $\pm$ 1,77b	5,10 $\pm$ 0,56a	19,02 $\pm$ 0,68a
	6	61,83 $\pm$ 2,69b	4,81 $\pm$ 1,38a	18,94 $\pm$ 0,59a
	8	55,45 $\pm$ 13,57b	6,43 $\pm$ 3,81b	18,38 $\pm$ 1,19a

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P>0,05$).

Tavuk nuggetlara ait iç kesit yüzeyinde kızartma koşulu $\times$ kızartma sayısı interaksiyonunun iç kesit L* ve a* değerlerine etkisi sırasıyla Şekil 4 ile Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 4'den de görüldüğü üzere atmosferik ve basınçlı kızartma işleminde tekrar sayısı arttıkça L* değerinin azaldığı ancak bu azalmanın atmosferik koşullarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin iç kesit a* değeri üzerinde tekrar sayısı artışına bağlı olarak atmosferik koşullarda daha yüksek bir artış meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Tavuk nuggetlara ait iç kesit yüzeyinin L^* değeri üzerine kızartma koşulu $\times$ kızartma sayısı interaksiyonunun etkisi



Şekil 5. Tavuk nuggetlara ait iç kesit yüzeyinin a^* değeri üzerine kızartma koşulu $\times$ kızartma sayısı interaksiyonunun etkisi

Atmosferik ve basınçlı koşullar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların dış kesitinde belirlenen renk değerleri Tablo 16’da gösterilmiştir. Tavuk nugget örneklerinin L^* değerleri kızartma koşullarından etkilenmiş ve basınç uygulaması ile genellikle daha açık renkli nuggetlar elde edilmiştir. Benzer şekilde b^* değerinde de kızartmada basınç uygulaması genellikle artışa neden olurken, a^* değerinde ise azalmaya neden olmuştur. Kızartmada tekrar sayısının artışı ile L^* ve b^* değerlerinde düşüşler gözlemlenirken, a^* değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesitinde Belirlenen Renk Değerleri

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	L*(dış)	a*(dış)	b*(dış)	
Atmosferik	2	1	39,94	11,66	20,36	
			42,12	9,21	20,99	
			4	38,62	13,32	19,91
	34,48			12,73	17,10	
	37,18			12,41	18,57	
	6		35,11	12,21	17,16	
			33,09	14,40	17,24	
			34,07	13,60	17,72	
	8		35,74	9,89	17,71	
			34,08	13,18	17,25	
			30,75	15,76	14,90	
			32,66	12,79	16,93	
	2		2	48,79	7,19	22,69
				47,47	9,67	23,30
				47,64	9,43	23,29
			4	43,83	12,97	22,90
				43,07	13,94	22,79
				43,69	13,44	22,80
			6	39,49	12,28	20,07
				34,94	14,54	18,32
				35,33	14,24	18,54
			8	32,28	14,76	16,81
				31,47	13,59	15,75
				29,82	14,99	15,07
Basınçlı	2	1	45,67	6,65	20,66	
			47,89	6,89	22,26	
			48,24	5,96	20,59	
	4		41,50	13,48	21,81	
			42,97	10,26	21,57	
			39,52	13,87	21,08	
	6		36,23	13,39	18,61	
			37,06	12,31	19,08	
			37,19	13,48	19,29	
	8		35,67	12,83	18,43	
			33,19	11,38	15,52	
			36,88	13,18	18,88	

Tablo 16. (devamı)

2		51,12	6,68	23,58
		49,24	7,64	23,66
		49,69	6,86	23,29
4	2	44,42	11,47	23,09
		42,70	11,50	22,17
		43,22	12,92	23,12
6		41,60	11,63	21,63
		38,80	11,68	20,36
		40,82	11,42	21,26
8		39,06	14,30	20,53
		35,54	14,76	18,55
		34,35	14,65	17,69

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların dış kesit yüzeydeki renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 17’ de verilmiştir. Ana varyasyon kaynaklarından kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısının dış kesit L*, a* ve b* değerleri üzerinde çok önemli etkisi olduğu ($P<0,01$) tespit edilmiştir. Kızartma yöntemi $\times$ kızartma tekrar sayısı interaksiyonunun hiçbir faktör üzerinde etkisinin olmadığı belirlenmiştir ($P>0,05$) (Tablo17).

Tablo 17. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesit Renk Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	L*(dış)			a*(dış)			b*(dış)		
	SD	KO	F	SD	KO	F	SD	KO	F
Kızartma Koşulu (KK)	1	157,361	34,257**	1	22,701	12,342**	1	30,944	23,530**
Kızartma Tekrar Sayısı (KTS)	3	351,194	76,453**	3	68,106	37,027**	3	56,571	43,017**
Blok(B)	1	128,478	27,969**	1	0,061	0,033	1	47,283	35,954**
KK $\times$ KTS	3	1,783	0,388	3	4,956	2,695	3	1,466	1,115
Hata	39	4,594		39	1,839		39	1,315	
Genel	48			48			48		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların % renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Parlaklığın göstergesi olan L* değeri basınçlı koşullarda $41,36\pm 5,24$

atmosferik koşullarda ise $37,74 \pm 5,65$ olarak tespit edilmiştir. Bu düşüşün atmosferik kızartmada sıcaklığın daha yüksek olmasından dolayı Maillard reaksiyon hızında meydana gelebilecek artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. a^* değeri, atmosferik kızartma işleminde daha yüksek bir ortalama sonuç, buna karşın b^* değeri ise basınçlı kızartmada daha yüksek bir ortalama değer vermiştir. Basınçlı kızartmada azot kullanımının nuggetlara etkisinin incelendiği bir çalışmada, L^* değerinin buharda yapılan kızartma işleminde azot gazı kullanılan örneklerle göre daha düşük seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Innawong *et al.* 2006). Tablo 18'den de görüldüğü üzere L^* değeri 2. kızartmada 46,37 iken 8. kızartmada 33,81 olarak belirlendiği, benzer düşüşün b^* değerinde de belirlendiği ancak a^* değerinde kızartma tekrar sayısı artışı ile bir artış gözlemlendiği tespit edilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Dış Kesit Renk Değerlerine Ait Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama $\pm$ SD)

		$L^*(dış)$	$a^*(dış)$	$b^*(dış)$
Kızartma Koşulu	Atmosferik	$37,74 \pm 5,65a$	$12,59 \pm 2,12a$	$19,10 \pm 2,73a$
	Basınçlı	$41,36 \pm 5,24b$	$11,22 \pm 2,86b$	$20,70 \pm 2,10b$
Kızartma Tekrar Sayısı	2	$46,37 \pm 4,00a$	$8,43 \pm 2,27a$	$22,05 \pm 1,43a$
	4	$40,97 \pm 3,53b$	$12,60 \pm 1,10b$	$21,18 \pm 2,27b$
	6	$37,03 \pm 2,67c$	$12,74 \pm 1,43bc$	$19,16 \pm 1,42c$
	8	$33,81 \pm 2,67d$	$13,85 \pm 1,23c$	$17,19 \pm 1,72c$

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P > 0,05$).

Yağ Analiz Sonuçları

Serbest yağ asidi miktarı (% Oleik Asit)

Kızartma işlemi sırasında gıdalardan buharlaşan su, gliserol ve yağ asitleri arasındaki bağların ayrılmasını içeren hidrolitik reaksiyonlara sebep olmaktadır. Kızartma sıcaklığının yüksek olması hidrolizi ve ardından digliseritler, monogliseritler, gliserol ve serbest yağ asitlerinin oluşumunu hızlandırmaktadır (Dana and Saguy 2006). Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların serbest yağ asidi değerleri Tablo 19'da verilmiştir. Tabloda ifade edildiği üzere atmosferik kızartma yönteminde en düşük değer 0,22 en yüksek değer 0,53, basınçlı kızartma yönteminde ise en düşük değer 0,18 en yüksek değer 0,35 olarak belirlenmiştir. Ayrıca kızartma tekrar sayısı artışının örneklerin serbest yağ asidi sonuçlarında artışa sebep olduğu tespit edilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (% oleik asit) Değerleri

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	SYA (% Oleik Asit)
Atmosferik	2	1	0,27
	2		0,27
	4		0,22
	4		0,40
	6		0,31
	6		0,31
	8		0,49
	8		0,53
	2		0,27
	2		0,22
Basınçlı	4	2	0,22
	4		0,31
	6		0,31
	6		0,31
	8		0,27
	8		0,35
	2		0,27
	2		0,31
	4		0,22
	4		0,32
Basınçlı	6	1	0,31
	6		0,27
	8		0,35
	8		0,27
	2		0,18
	2		0,22
	4		0,22
	4		0,22
	6		0,22
	6		0,23
Basınçlı	8	2	0,22
	8		0,27
	2		0,18
	2		0,22
	4		0,22
	4		0,22
	6		0,22
	6		0,23
	8		0,22
	8		0,27

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların serbest yağ asidi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 20’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre serbest yağ asidi miktarı üzerine kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısı çok önemli seviyede etkili olmuştur ($P<0,01$). Kızartma koşulu×kızartma tekrar sayısı interaksiyonunun ise serbest yağ asidi üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır ($P>0,05$) (Tablo 20).

Tablo 20. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (%oleik asit) Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KO	F
Kızartma Koşulu (KK)	1	0,029	10,573**
Kızartma Tekrar Sayısı (KTS)	3	0,013	4,834**
Blok(B)	1	0,036	13,381**
KK×KTS	3	0,005	1,927
Hata	23	0,003	
Genel	32		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Atmosferik ve basınçlı şartlar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların serbest yağ asidi değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. Buna göre atmosferik kızartma yönteminin basınçlı kızartma yöntemine göre daha yüksek serbest yağ asidi değerlerine neden olduğu ve bu sonuçların büyük olasılıkla atmosferik koşullardaki oksijen seviyesinin basınçlı ortamdaki oksijen seviyesinden daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Kaplan (2020) de mevcut çalışmaya benzer şekilde serbest yağ asidi değerlerini atmosferik kızartma işleminde 0,30-0,25 (%oleik asit), basınçlı kızartma işleminde ise 0,22-0,23 (%oleik asit) arasında tespit etmiştir. Kızartma tekrar sayısının artışı ile serbest yağ asidi miktarında artış olduğu ancak bu artışın 2., 4. ve 6. kızartmalarda istatistiki olarak birbirinden farklı olmadığı (P>0,05) tespit edilmiştir (Tablo 21). Enriquez-Fernandez *et al.* (2011) palm olein ve kanola yağı karışımlarının tavuk nuggetların kızartılmasında kullanıldığı bir çalışmada 5 kez gerçekleştirilen kızartma işlemi sonucunda örneklerin serbest yağ asidi içeriklerinin 0,40-0,45 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Farklı kızartma yağlarının 180 °C’de 3,5 dak. kızartma işlemine tabi tutulduğu bir diğer çalışmada (Kuek *et al.* 2020), 80. kızartma sonucunda tüm örneklerin serbest yağ asidi içeriğinin başlangıç seviyesine göre önemli ölçüde artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 21. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Serbest Yağ Asidi (% oleik asit) Değerlerine Ait Ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (ortalama±SD)

Serbest Yağ Asidi (% Oleik Asit)		
Kızartma Koşulu	Atmosferik	0,32±0,09a
	Basınçlı	0,26±0,05b
Kızartma Tekrar Sayısı	2	0,25±0,04a
	4	0,27±0,07a
	6	0,28±0,04a
	8	0,34±0,11b

Aynı sütunda aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P>0,05).

Peroksit sayısı

Lipid oksidasyonu, doymamış yağ asitlerinin moleküler oksijenle serbest radikal mekanizma yoluyla gerçekleşen bir reaksiyondur ve ilk oksidasyon ürünleri olarak hidroperoksitler oluşmaktadır. Bununla birlikte hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, alkoller, esterler ve asitleri içeren çok sayıda ikincil bileşikler de oluşmaktadır. Peroksit sayısı tayini lipid oksidasyonunun belirleyici kriteri olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Dominguez *et al.* 2019). Atmosferik ve basınçlı koşullar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların peroksit sayısı değerleri (meq O₂/kg) Tablo 22’de verilmiştir. Tablodan görüldüğü üzere atmosferik kızartma yönteminin basınçlı kızartma yöntemine göre daha yüksek peroksit değerleri verdiği, atmosferik koşullarda sonuçların 9,15 ile 23,11 meq O₂/kg arasında değiştiği, basınçlı koşullarda ise bu değerlerin 4,97 ile 10,25 meq O₂/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 22).

Tablo 22. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Peroksit Sayısı (meq O₂/kg) Değerleri

Kızartma Koşulu	Kızartma Tekrar Sayısı	Blok	Peroksit Sayısı (meq O ₂ /kg)
Atmosferik	2	1	16,12
	2		15,48
	4		16,13
	4		15,25
	6		19,62
	6		20,93
	8		23,11
	8		26,15

Tablo 22. (devamı)

	2	10,02
	2	9,15
	4	10,02
	4	11,55
	6	12,85
	6	11,76
	8	13,95
	8	13,30
	2	6,97
	2	5,66
	4	6,54
	4	6,76
	6	7,84
	6	7,62
	8	9,37
	8	8,93
Basınçlı	2	4,97
	2	5,23
	4	5,66
	4	6,32
	6	6,98
	6	6,54
	8	9,59
	8	10,25

Atmosferik ve basınçlı koşullar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların peroksit sayısı değerlerine (meq O₂/kg) ait varyans analiz sonuçları Tablo 23’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, peroksit sayısı üzerinde kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısının çok önemli seviyede (P<0,01) etkili olduğu, kızartma koşulu×kızartma tekrar sayısı interaksiyonunun ise önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir (P>0,05).

Tablo 23. Atmosferik ve Basınçlı Şartlar Altında Tekrarlı Kızartma Uygulanarak Üretilen Tavuk Nuggetların Peroksit Sayısı Değerlerine (meq O₂/kg) Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KO	F
Kızartma Koşulu (KK)	1	530,891	93,240**
Kızartma Tekrar Sayısı(KTS)	3	43,256	7,597**
Blok(B)	1	130,088	22,847**
KK×KTS	3	3,770	0,662
Hata	23	5,694	
Genel	32		

SD:Serbestlik Derecesi, KO:Kareler Ortalaması, **:P<0,01

Atmosferik ve basınçlı koşullar altında tekrarlı kızartma uygulanarak üretilen tavuk nuggetların peroksit sayısı değerlerine (meq O₂/kg) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24’te verilmiştir. Kızartma yağlarında oksidasyonun önemli bir göstergesi olan peroksit değerine ait ortalamalar basınçlı ve atmosferik koşullarda sırasıyla 15,34±4,92 ve 7,19±1,63 meq O₂/kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 24). Basınçlı koşullarda örneklerin peroksit sayısındaki düşüşün sıcaklık düşüşü ve ortamdaki oksijen seviyesinin azalmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim kızartma ortamında oksidasyonu belirleyen en önemli parametrelerin oksijen ve sıcaklık olduğu bildirilmektedir (Renner and Oysun 1984). Kaplan (2020)’ de mevcut çalışma sonuçlarına benzer şekilde peroksit sayılarını atmosferik ve basınçlı şartlarda sırasıyla 0,24-0,79 arasında, basınçlı koşullarda ise 0,24-0,73 arasında tespit etmiştir. Kızartma tekrar sayısı parametresi ise peroksit sayısında artışa neden olmuştur. Bu artış 6. kızartmadan sonra istatistiki olarak önemli seviyede gerçekleşmiştir (Tablo 24). Kuek *et al.* (2020), farklı kızartma yağları kullanarak gerçekleştirdikleri tekrarlı kızartma işleminde örneklerin peroksit değerlerinin başlangıça göre arttığını ancak 64. kızartmadan sonra 48. kızartmaya göre azaldığını, başlangıç değerlerine göre de 80. kızartmada daha yüksek peroksit değerleri belirlendiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Razak *et al.* (2021)’de farklı kızartma yağlarında 80 kızartma işleminde örneklerin peroksit değerlerini başlangıç değerlerine göre daha yüksek seviyelerde belirlemişlerdir.

		Peroksit Sayısı (meq O ₂ /kg)
Kızartma Koşulu	Atmosferik	15,34±4,92a
	Basınçlı	7,19±1,63b
Kızartma Tekrar Sayısı	2	9,18±4,48a
	4	9,78±4,17a
	6	11,77±5,73a
	8	14,33±6,66b

SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada elde edilen analiz verilerinden aşağıda belirtilen genel sonuç ve önerilere ulaşılmıştır:

1. Basınç koşulları altında gerçekleştirilen tekrarlı kızartma işleminde üretilen tavuk nugget örneklerinde % nem değerlerinin atmosferik koşullara göre (%56,48) daha yüksek olduğu, kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin nem değerinde bir düşüş meydana geldiği, 2. kızartma sonucunda örneklerde nem değeri %59,07 iken bu değerin 8. kızartma sonunda %56,28'e düştüğü belirlenmiştir.
2. Atmosferik koşullarda gerçekleştirilen kızartma işleminde TBARS değeri basınçlı koşullara göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Kızartma işlemindeki yağın tekrarlı kullanımı tavuk nuggetların TBARS değeri üzerinde önemli etkiler göstermiş, TBARS değeri 8. kızartmada bile çok yüksek sonuçlara ulaşmamıştır.
3. Tavuk nuggetların basınçlı kızartma işleminde iç kesitte L* değeri 62,24 ile atmosferik koşullarda kızartma işleminde elde edilen ortalama değerden 58,95 daha yüksek olarak belirlenmiştir. a* değeri ise atmosferik koşullarda daha yüksek bir ortalama değer vermiştir. Kızartmada tekrar sayısının artışı ile örneklerin L* değerinde azalma, a* değerinde ise artış tespit edilmiştir.
4. 180 °C'de ve 165 °C'de gerçekleştirilen atmosferik ve basınçlı kızartma işleminde tavuk nuggetların dış kesit yüzey renkleri üzerine kızartma koşulu ve kızartma tekrar sayısı faktörlerinin çok önemli derecede etkileri olmuştur. Basınçlı kızartma koşulu örneklerin L* ve b* değerlerini arttırırken, a* değerini ise düşürmüştür. Kızartma tekrar sayısı arttıkça örneklerin parlaklığı ve sarımsılığı azalmış, kırmızımsılığı ise artmıştır.
5. Kızartma işleminde ortaya çıkabilen toksik bileşiklerden akrilamidin miktarı basınçlı kızartma koşulları uygulaması ile önemli ölçüde azalmıştır. Kızartmada tekrar sayısı arttıkça örneklerin akrilamid seviyelerinde önemli artışlar olduğu tespit edilmiştir.
6. Kızartma yağı serbest yağ asidi sonuçlarına göre basınçlı koşullarda ayçiçek yağında kızartılan tavuk nuggetların atmosferik koşullardaki örneklerden daha düşük serbest yağ asidi miktarına sahip olduğu, kızartma tekrar sayısı arttıkça serbest yağ asidi miktarının artış göstererek 8. kızartmada 0,34 seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir.

7. Yağlarda oksidasyonun önemli bir göstergesi olan peroksit sayısı atmosferik ve basınçlı koşullarda farklılık göstermiştir. Daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen bir kızartma yöntemi olan basınçlı kızartma ile örneklerin peroksit değerleri düşmüştür. Yağların peroksit sayısı üzerine kızartma tekrar sayısı faktörünün çok önemli düzeyde etkileri belirlenmiş ve 2. kızartmada 9,18 olarak belirlenen peroksit değeri, kızartma sayısı arttıkça artış göstererek 8. kızartmada 14,33'e yükselmiştir.

Basınçlı kızartma işlemi atmosferik kızartma ile kıyaslandığında daha parlak, nem içeriği daha yüksek ve daha az okside ürünler elde edildiği, basınçlı kızartma yönteminin ürünlerin akrilamid içeriğini düşürmede önemli etkileri olduğu, kızartmada kullanılan yağın kalite özellikleri açısından serbest yağ asidi miktarı ve peroksit sayısında düşümlere neden olduğu belirlenmiştir. Kızartma işleminin tekrarlı olarak gerçekleştirilmesinin örneklerin renk, oksidasyon ve akrilamid seviyelerinde artışa neden olduğu ve yağ kalitesini oldukça düşürdüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak, basınçlı koşullarda kızartma işleminin, atmosferik koşullarda kızartma işlemine göre ürün özellikleri açısından iyi bir alternatif yöntem olabileceği, bu yöntemin akrilamid düzeyini azaltmada etkili olabileceği fakat yağların yağ ilavesi olmaksızın tekrarlı kullanımının hem ürün kalitesi hem de yağ kalitesi üzerinde olumsuz etkilerinin olabileceği kanaatine varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Aksu, M.İ. ve Kaya, M., 2010. Kanatlı etleri ve ürünleri. Et ve et ürünlerinin kalite kontrolü, Ed. M. Kıvanç. Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 2080, Eskişehir, 78-108.
- Albedwawi, A.S., Turner, M.S., Olaimat, A.N., Osaili, T.M., Al-Nabulski, A.A., Liu, S.Q. Shah, N.P., Ayyash, M.M., 2021. An overview of microbial mitigation strategies for acrylamide: Lactic acid bacteria, yeast, and cell-free extracts. Food Science and Technology, 143,111159.
- Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Azahrani, M.H., Ibrahim, S.A., Galanakis, C.M., Tahergorabi, R., 2018. Application of protein-based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. Trends in Food Science and Technology, 80, 167-174.
- Anonymous, 1989. Official Methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, Fourth Edition, Methods: Ca5a-40.
- Ayustaningwarno, F., Dekker, M., Fogliano, V., Verkerk, R. 2018. Effect of vacuum frying on quality attributes of fruits. Food Engineering Reviews, 10,154–164.
- Ballard, T.S. and Mallikarjunan, P., 2006. 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.
- Barbut, S., 2013. Frying-effect of coating on crust microstructure, color, and texture of lean meat portions. Meat Science, 93, 269–274.
- Başaran, B. and Turk, H., 2021. The influence of consecutive use of different oil types and frying oil in French fries on the acrylamide level. Journal of Food Composition and Analysis, 104, 104177.
- Becalski, A., Benjamin, P., Lau, Y., Lewis, D., Seaman, S.W., 2002. Acrylamide in foods; occurrence, source. AOAC Annual Meeting, Los Angeles.
- Becalski, A., Lau, B.P.Y., Lewis, D., Seaman, S.W., 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 802-808.
- Belkova, B., Hradecky, J., Hurkova, K., Forstova, V., Vaclavik, L., Hajslova, J., 2018. Impact of vacuum frying on quality of potato crisps and frying oil. Food Chemistry, 241, 51-59.
- Can, N.Ö., 2007. Akrilamidin gıda maddelerinde oluşumuna etki eden faktörlerin incelenmesi ve miktarının tayini. Doktora Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Cerit, I. and Demirkol, O., 2021. Application of thiol compounds to reduce acrylamide levels and increase antioxidant activity of French fries. Food Science and Technology, 143, 111165.
- Champrasert, O., Chu, J., Meng, Q., Viney, S., Holmes, M., Suwannaporn, P., Orfila, C., 2021. Inhibitory effect of polysaccharides on acrylamide formation in chemical and food model systems. Food Chemistry, 363, 130213.

- Chen, J., Zhang, L., Li, Y., Zhang, N., Gao, Y., Yu, X., 2021. The formation, determination and health implications of polar compounds in edible oils: Current status, challenges and perspectives. *Food Chemistry*, 364, 130451.
- Chiou, A. and Kalogeropoulos, N., 2017. Virgin olive oil as frying oil. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(4), 632-646.
- Choe, E. and Min, D.B., 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science* 72(5), 77-86.
- Dana, D. and Saguy, S., 2006. Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and myth. *Advances in Colloid and Interface Science*, 128-130, 267-272.
- Daniali, G., Jinap, S., Hajeb, P., Sanny, M., Tan, C.P., 2016. Acrylamide formation in vegetable oils and animal fats during heat treatment. *Food Chemistry*, 212, 244-249.
- Das, R., Pawar, D.P., Modi, V.K., 2013. Quality characteristics of battered and fried chicken: Comparison of pressure frying and conventional frying. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2), 284-292.
- Dearfield, K.L., Abernathy, C.O., Ottley, M.S., Brantner, J.H., Hayes, P.F. 1988. Acrylamide: its metabolism, developmental and reproductive effects, genotoxicity, and carcinogenicity. *Mutation Research*, 195, 45-77.
- Demirok Soncu, E., 2014. Kaplamalı tavuk ürünlerinde kızartma sırasında akrilamid oluşumunun incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Devseren, E., 2016. Vakum kızartma fonksiyonuna sahip ev tipi cihaz geliştirilmesi ve geliştirilen cihazın performansının patates kızartması için test edilmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Djouss'e, L., Petrone, A.B., Gaziano, J.M., 2015. Consumption of fried foods and risk of heart failure in the physicians' health study. *Journal of the American Heart Association*, 4(4), 1-7.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F.J., Zhang, W., Lorenzo, J.M., 2019. A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8, 429.
- Dourado, C., Pinto, C., Barba, F.J., Lorenzo, J.M. Delgadillo, I., Saraiva, J.A., 2019. Innovative non-thermal technologies affecting potato tuber and fried potato quality. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 274-289.
- Enríquez-Fernández, B.E., Yañez, L.A.C., Sosa-Morales, M.E., 2011. Comparison of the stability of palm olein and a palm olein/canola oil blend during deep-fat frying of chicken nuggets and French fries. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 1231-1237.
- Erdemli, Z., 2021. Gıda kaynaklı akrilamidin fetotoksik etkileri ve akrilamid toksisitesine karşı koruyucu önlemler. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi, 9(3), 1154-1167.
- Eriksson, S., 2005. Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology, Doctoral Thesis, Stockholm University, Sweden.
- Esfarjani, F., Khoshtinat, K., Zargaraan, A., Mohammadi-Nasrabadi, F., Salmani, Y., Saghafi, Z., Hosseini, H., Bahmaei, M., 2019. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. *Food Science and Nutrition*, 7, 2302-2311.

- European Food Safety Authority (EFSA), (2015). Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain (CONTAM), scientific opinion on acrylamide in food. EFSA Journal, 13(6), 4104.
- Fang, M., Huang, G., Sung, W., 2021. Mass transfer and texture characteristics of fish skin during deep-fat frying, electrostatic frying, air frying and vacuum frying. Food Science and Technology, 137, 110494.
- Faruq, A.A., Zhang, M., Adhikari, B., 2019. A novel vacuum frying technology of apple slices combined with ultrasound and microwave. Ultrasonics-Sonochemistry, 52, 522-529.
- Food and Agricultural Organization of the United Nations/World Health Organization (FAO/WHO), 2002. Health implications of acrylamide in food. Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Switzerland.
- Food and Drug Administration (FDA), 2004. Releases new data on acrylamide levels in food and final action plan. <http://www.iftst.org/site/cms/contentviewarticle.asp?article=545> (04.03.2022)
- Friedman, M., 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A Review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4504-4526.
- Genovese, J., Tappi, S., Luo, W., Tylewicz, U., Marzocchi, S., Marziali, S., Romani, S., Ragni, L., Rocculi, P., 2019. Important factors to consider for acrylamide mitigation in potato crisps using pulsed electric fields. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 55, 18-26.
- Gertz, C. and Klostermann, S., 2002. Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. European Journal of Lipid Science and Technology, 104, 762-771.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2004. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:70, 468 s, Erzurum.
- Hamid, N.A., Omar, S., Sanny, M., 2019. Effect of thawing conditions and corresponding frying temperature profiles on the formation of acrylamide in French fries. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18, 396-400.
- Hosseini, H., Ghorbani, M., Meshginfar, N., Mahoonak, A.S., 2016. A review on frying: procedure, fat, deterioration progress and health hazards. Journal of the American Oil Chemists' Society, 93:445–466.
- Hwang, K.E., Choi, Y.S., Choi, J.H., Kim, H.Y., Kim, H.W., Lee, M.A., Chung, H.K., Kim, C.J., 2011. Effect of *Ganghwayakssuk* (*Artemisia princeps* Pamp.) on oxidative stability of deep fried chicken nuggets. Food Science and Biotechnology, 20(5), 1381-1388.
- Innawong, B., Mallikarjunan, P., Marcy, J., Cundiff, J., 2006. Pressure conditions and quality of chicken nuggets fried under gaseous nitrogen atmosphere. Journal of Food Processing and Preservation, 30(2), 231-245.
- International Agency for Research in Cancer (IARC), 1994. Acrylamide. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 60, 389-433.
- Kaplan, H., 2020. Atmosferik ve basınçlı kızartmanın hindi nuggetlarının bazı kalite özellikleri ile kızartma yağı kalitesine etkisi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Karakul, D., 2006. Patateslerde ön ıslatma işleminin kızartılmış üründe akrilamid oluşumuna etkisi üzerinde araştırmalar. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Kaymak Ertekin, F., 2005. Gıda maddelerinin kaplanması: kaplama yöntem ve ekipmanları. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(1), 85-94.
- Koklamaz, E., 2013. Kısmi kızartma ve radyo frekansı yöntemi ile son kurutma yapılarak patates cipsi üretimi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Kuek, S.L., Tarmizi, A.H.A., Razak, R.A.A., Jinapa, S., Norlizad, S., Sanny, M., 2020. Contribution of lipid towards acrylamide formation during intermittent frying of French fries. Food Control, 118, 107430.
- Lemon, D.W., 1975. An improved TBA test for rancidity new series circular. No:51. Halifax-Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Li, J., Shi, J., Huang, X., Wang, T., Zou, X., Li, Z., Zhang, D., Zhang, W., Xu, Y., 2020. Effects of pulsed electric field pretreatment on frying quality of fresh-cut lotus root slices. Food Science and Technology, 132, 109873.
- Liyanage, D.W.K., Yevtushenko, D.P., Konschuh, M., Bizimungu, B., Lu, Z., 2021. Processing strategies to decrease acrylamide formation, reducing sugars and free asparagine content in potato chips from three commercial cultivars. Food Control, 119, 107452.
- Manral, M., Pandey, M.C., Jayathilakan, K., Radhakrishna, K., Bawa, A.S., 2008. Effect of fish (*Catla catla*) frying on the quality characteristics of sunflower oil. Food Chemistry, 106, 634–639.
- Michalak, J., Gujska, E., Czarnowska-Kujawska, M., Nowak, F., 2017. Effect of different home-cooking methods on acrylamide formation in pre-prepared croquettes. Journal of Food Composition and Analysis, 56, 134-139.
- Mohammadalinejad, S., Dehghannya, J., 2018. Effects of ultrasound frequency and application time prior to deep-fat frying on quality aspects of fried potato strips. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 47, 493–503.
- Moreira, R.G., 2014. Vacuum frying versus conventional frying—an overview. European Journal of Lipid Science and Technology, 116(6), 723-734.
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Food Chemistry, 419, 448-449.
- Nizamhoğlu, N.M. ve Nas, S., 2019. Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmaları, gıdaların akrilamid içeriği ve sağlık üzerine etkileri. Akademik Gıda, 17(2), 232-242.
- Oke, E.K., Idowu, M.A., Sobukola, O.P., Adeyeye, S.A.O., Akinsola, A.O., 2018. Frying of food: A critical review. Journal of Culinary Science and Technology, 16:2, 107-127.
- Özkaynak, E., 2006. Çeşitli pişirme tekniklerinin sigara böreğinde akrilamid oluşumu üzerine etkileri. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Pan, G., Ji, H., Liu, S., He, X., 2015. Vacuum frying of breaded shrimps. Food Science and Technology, 62, 734-739.
- Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K., Granby, K., 2007. Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips. Journal of Food Engineering, 79, 786-793.
- Pedreschi, F., Mariotti, S., Granby, K., Risum, J., 2011. Acrylamide reduction in potato chips by using commercial asparaginase in combination with conventional blanching. Food Science and Technology, 44, 1473-1476.

- Przybylski, R., Eskin, N.A.M., 1995. Methods to measure volatile compounds and the flavor significance of volatile compounds. Methods to assess quality stability of oils and fat-containing foods, pp 107–133, Champaign, IL, AOCS Press, USA.
- Rahimi, J., Adewale, P., Ngadi, M., Agyare, K., Koehler, B., 2017. Changes in the textural and thermal properties of batter coated fried potato strips during post frying holding. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 136-143.
- Rannou, C., Laroque, D., Renault, E., Prost, C., Sérot, T., 2016. Mitigation strategies of acrylamide, furans, heterocyclic amines and browning during the Maillard reaction in foods. *Food Research International*, 90, 154-176.
- Razak, R.A.A., Tarmizi, A.H.A., Kuntom, A., Sanny, M., Ismail, I.S., 2021. Intermittent frying effect on French fries in palm olein, sunflower, soybean and canola oils on quality indices, 3-monochloropropane-1,2-diol esters (3-MCPDE), glycidyl esters (GE) and acrylamide contents. *Food Control*, 124, 107887.
- Renner, Y. and Oysun, Ç., 1984. Cholesterol metabolism of polyunsaturated fatty acids and atherosclerosis (in Turkish). *The Journal of Food*, 9(1).
- Robarge, T., Phillips, E., Conoley, M., 2003. Analysis of acrylamide in food by GC/MS. *The Application Notebook*, 45.
- Robert, F., Vuataz, G., Polien, P., Saucy, F., Alonso, M.I., Bauwens, I., Blank, I., 2004. Acrylamide formation from asparagine under low-moisture Maillard reaction conditions. 1. physical and chemical aspects in crystalline model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 6837-6842.
- Sansano, M., Castello, M.L., Heredia, A., Andres, A., 2016. Protective effect of chitosan on acrylamide formation in model and batter systems. *Food Hydrocolloids*, 60, 1-6.
- Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M.C., Riediker, S., 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Food Chemistry*, 419, 449.
- Şişik Oğraş, Ş., 2022. Atmosferik ve basınçlı kızartma işlemlerinin köftenin kalite özelliklerine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Bilimleri Dergisi*, 32(1): 89-97.
- Şişik Oğraş, Ş. and Kaplan, H., 2022. The effects of frying method and oil type on the quality attributes of Turkey nuggets and frying oils. *European Journal Lipid Science Technology*, 24, 2100023.
- Takeoka, G.R., Full, G.H., Dao, L.T., 1997. Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3244–3249.
- Taşan, M., 2008. Tahıl kaynaklı ürünlerde akrilamid varlığı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum.
- Turgut, N., 2021. Gıdalarda görünmeyen tehlike akrilamid ve riskleri. *Şehir Sağlığı Dergisi*, 2(3), 124-134.
- Tuta, S., 2009. Dondurulmuş patates dilimlerine uygulanan mikrodalga ile ön-çözdürme işleminin parmak patatesin akrilamid içeriği ve kalite özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi. *Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin*.
- Urbancic, S., Kolar, M.H., Dimitrijevic, D., Demsar, L., Vidrih, R., 2014. Stabilisation of sunflower oil and reduction of acrylamide formation of potato with rosemary extract during deep-fat frying. *Food Science and Technology*, 57, 671-678.
- Wang, Y., Hui, T., Zhang, Y.W., Liu, B., Wang, F.L. Li, J.K. Cui, B.W., Guo, X.Y., Peng, Z.Q., 2015. Effects of frying conditions on the formation of heterocyclic amines and

- trans fatty acids in grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). Food Chemistry, 167, 251-257.
- Williams, J.S.E., 2005. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps. Food Chemistry, 90, 875-881.
- Xu, C., Yagiz, Y., Marshall, S., Li, Z., Simonne, A., Lu, J., Marshall, M.R., 2015. Application of muscadine grape (*Vitis rotundifolia Michx.*) pomace extract to reduce carcinogenic acrylamide. Food Chemistry, 182, 200-208.
- Yassin, M.A., Shindia, A., Labib, M., Soud, M., El-Sayed, A.S.A., 2022. Thermostable Chitosan-L-Asparaginase conjugate from *Aspergillus fumigatus* is a novel structurally stable composite for abolishing acrylamide formation in French fried potatoes. Food Science and Technology, 162, 113494.
- Yasuhara, A., Tanaka, Y., Hengel, M., Shibamoto, T., 2003. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 3999–4003.
- Yavaş, E., 2007. Kaplamalı ürünlerde (nugget, schnitzel, cordon bleu) raf ömrü boyunca mikrobiyolojik, kimyasal ve duyuşal özelliklerin incelenmesi üzerine bir araştırma. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yaylayan, V.A., Locas, C.P., Wnorowski, A., O'Brien, J., 2005. Mechanistic pathways of formation of acrylamide from different amino acids. Chemistry and Safety of Acrylamide in Food, Friedman and Mottram, Springer Science and Business Media, 191-203.
- Yılmaz, E. and Aydeniz, B., 2011. Quantitative assessment of frying oil quality in fast food restaurants. Gıda, 36(3), 121-127.
- Yüksel, F., 2014. Bayat ekmeğin kızartılmış buğday ve mısır cipsinde kullanımı. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Zhang, Q., Saleh, A.S.M., Chen, J., Shen, Q., 2012. Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review. Chemistry and Physics of Lipids, 165, 662–681.
- Zhang, X., Zhang, M., Adhikari, B., 2020. Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. Trends in Food Science & Technology, 98, 68-81.
- Zhang, C., Lyu, X., Zhao, W., Yan, W., Wang, M., Rei, N.G.K., Yang, R., 2021. Effects of combined pulsed electric field and blanching pretreatment on the physiochemical properties of French fries. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 67, 102561.
- Ziaiifar, A.M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., Trystram, G., 2008. Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. International Journal of Food Science and Technology, 43(8), 1410-1423.
- Zyzak, D.V., Sanders, R.A., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P., Villagran, M.D., 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 4782-4787.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	: Elif Şeyda KONDEL
Doğum tarihi	
Doğum Yeri	
Uyruğu	
Adres	
Tel	
E-mail	
Eğitim	
Lise	: TRABZON/Of Taşhan Lisesi
Lisans	: Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği
Yüksek lisans	:
Doktora	:
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce	: İyi (B2)
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	