



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**PROSES AŞAMASINDAKİ FARKLI UYGULAMALARIN
PATATES CİPSİNDEKİ AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek KOYUNCU

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Ayhan DURAN**

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212324003 numaralı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi Dilek KOYUNCU tarafından hazırlanan “**PROSES AŞAMASINDAKİ FARKLI UYGULAMALARIN PATATES CİPSİNDEKİ AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ayhan DURAN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Kübra ÜNAL

Selçuk Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Üye: Doç. Dr. Aysun YÜCETEPE

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 22/01/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Dilek KOYUNCU



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini, yardımını, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen saygı değer ve kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Ayhan DURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamızda bizden bilgisini ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç Dr. Mahir AKGÜN'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca her açıdan desteğini esirgemeyen eşim Ramazan KOYUNCU'ya sevgilerimle teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca yanımda ve arkamda olan, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan annem Fatımana TURA ve babam Ahmet TURA'ya tüm sevgimle teşekkür ederim.

Çalışmadaki destekleri ve katkıları için Doğuş Çay ailesine teşekkür ederim.

Dilek KOYUNCU
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Akrilamid.....	4
2.1.1 Akrilamidin kimyasal yapısı.....	4
2.1.2 Akrilamidin oluşum mekanizması.....	4
2.2 Gıdalarda Akrilamid Varlığı	6
2.3 Gıdalarda Akrilamidin Oluşumu	6
2.4 Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkisi	7
2.5 İnsanlarda Günlük Vücuda Alınan Akrilamid Miktarları	8
2.6 Gıda Maddelerindeki Akrilamid Riskine Karşı Alınabilecek Önlemler	9
2.7 Gıdalarda Akrilamidin Yasal Limiti.....	10
2.8 Gıdalarda Akrilamid Seviyesinin Azaltılması Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1 Materyal.....	13
3.2 Patates Örneklerinin Hazırlanması	13
3.3 Metot	17
3.4 Deneysel Tasarım	19
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	21
4.1 Kimyasal Analizler.....	21
4.1.1 S/N oranlarının analizi	22
4.1.2 Varyans analizi (ANOVA)	24
4.2 Renk Analizleri.....	26
4.2.1 S/N oranlarının analizi	27
4.2.2 Varyans analizi (ANOVA)	29
5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	31
5.1 Akrilamid Analizi Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	31
5.2 Regresyon analizi	32
5.3 Nem ve Yağ Analizi	33
5.4 Renk Analizi.....	35
5.4.1 L^* değeri.....	35
5.4.2 a^* değeri.....	36
5.4.3 b^* değeri	37
5.5 Genel Değerlendirme	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ.....	47

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROSES AŞAMASINDAKİ FARKLI UYGULAMALARIN PATATES CİPSİNDEKİ AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİLERİ

Dilek KOYUNCU

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayhan DURAN

ÖZET

Bu çalışma, tüketicilerin maruz kaldığı patates cipsindeki akrilamid düzeyinin üretim sürecindeki farklı proses uygulamalarının deneysel ve istatistiksel olarak incelenmesini sunmaktadır. İlk aşamada dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi akrilamid seviyesini etkileyebilecek faktörler olarak belirlenmiştir. Çalışma için endüstriyel uygulamalar dikkate alınmış, üç farklı dilim yıkama sıcaklığı (30, 60 ve 90 °C), kızartma sıcaklığı (175, 180 ve 185 °C) ve kızartma süresi (175, 185 ve 195 s) belirlenmiştir. Deney tasarımı olarak çoklu parametrelerin analizinde başarıyla uygulanan Taguchi yönteminin L_{27} ortogonal dizisi kullanılmıştır.

Çalışmada çıktı parametreleri olarak akrilamid, nem, yağ, L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. Minimum akrilamid miktarı için proses parametrelerinin optimum değerlerini belirlemek için S/N oranı ve varyans analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu analizler incelendiğinde en ideal proses parametreleri akrilamid için 90°C dilim yıkama sıcaklığı, 175 °C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi olarak elde edilmiştir. Renk analiz değerleri için ise 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175 °C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi bulunmuştur. Nem miktarı için 90 °C dilim yıkama sıcaklığı, 185 °C kızartma sıcaklığı ve 195 sn kızartma süresi olarak, yağ miktarı için 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 185 °C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi olarak elde edilmiştir. Varyans analiz sonuçları incelendiğinde en etkili proses parametrelerinin akrilamid, nem ve L^* değeri için sırasıyla %37.45, %49.68 ve %60.26 ile kızartma sıcaklığı, a^* , b^* ve yağ değeri için ise sırasıyla %40.50, %44.19 ve %45.15 ile kızartma süresi olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, Taguchi analiz yöntemi ile cipteki kalite özellikleri muhafaza edilirken akrilamid miktarının düşürülmesi sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Akrilamid, Kalite özellikleri, Patates cipsi, Taguchi.

Ocak, 2024; 47 sayfa

M.Sc. THESIS

EFFECTS OF DIFFERENT APPLICATIONS DURING THE PROCESS ON THE FORMATION OF ACRYLAMIDE IN POTATO CHIPS

Dilek KOYUNCU

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Ayhan DURAN

ABSTRACT

This study presents an experimental and statistical examination of different process applications in the production process of the acrylamide level in potato chips to which consumers are exposed. In the first stage, slice washing temperature, frying temperature and frying time were determined as factors that could affect the acrylamide level. Considering industrial practices, three different slice washing temperatures (30, 60 and 90 °C), frying temperature (175, 180 and 185 °C) and frying time (175, 185 and 195 s) were determined for the study. The L27 orthogonal array of the Taguchi method, which has been successfully applied in the analysis of multiple parameters, was used as the experimental design.

In the study, acrylamide, moisture, fat, L^* , α^* and b^* values were measured as output parameters. S/N ratio and variance analysis method were used to determine the optimum values of process parameters for the minimum amount of acrylamide. When these analyzes were examined, the most ideal process parameters for acrylamide were obtained as 90 °C slice washing temperature, 175 °C frying temperature and 175 sec frying time. For color analysis values, 30 °C slice washing temperature, 175 °C frying temperature and 175 sec frying time were found. For the amount of moisture, 90 °C slice washing temperature, 185 °C frying temperature and 195 sec frying time were obtained, and for the fat amount, 30 °C slice washing temperature, 185 °C frying temperature and 175 sec frying time were obtained. When the variance analysis results are examined, the most effective process parameters are frying temperature with 37.45%, 49.68% and 60.26% for acrylamide, moisture and L^* values, respectively, and frying with 40.50%, 44.19% and 45.15% for α^* , b^* and fat values, respectively. It has been observed that there is a duration. As a result of the study, the amount of acrylamide was reduced while preserving the quality properties of the chips using the Taguchi analysis method.

Keywords: Acrylamide, Quality properties, Potato chips, Taguchi.

January, 2024; 47 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Akrilamidin yapısı.	4
Şekil 2.2. Gliserol ve akrolein varlığında akrilamid oluşumu	5
Şekil 2.3. β -Alanin, serin ve sistein ile akrilamid oluşum mekanizmaları	5
Şekil 3.1. Çalışmamızda kullandığımız Opal çeşidi patates.	13
Şekil 3.2. Çalışmamızda kullandığımız kızartmış patates dilimleri.	14
Şekil 3.3. Nem tayininde kullanılan etüv.	17
Şekil 3.4. Yağ tayininde kullanılan Soxhlet ekstraksiyon cihazı.	18
Şekil 3.5. Renk tayininde kullanılan spektrofotometre cihazı.	18
Şekil 4.1. Çalışmamızda kullandığımız öğütülmüş patates cipsleri.	21
Şekil 4.2. Akrilamid için faktörlerin S/N oranına etkisi.	23
Şekil 4.3. Nem için faktörlerin S/N oranına etkisi.	23
Şekil 4.4. Yağ için faktörlerin S/N oranına etkisi.	24
Şekil 4.5. L^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.	27
Şekil 4.6. a^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.	28
Şekil 4.7. b^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.	28
Şekil 5.1. Kızartma sıcaklığı ve kızartma süresinin akrilamid üzerine etki grafikleri.	31
Şekil 5.2. Cips üretimi esnasında % nem miktarını üzerine "kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi " etkileşimleri için 3D yüzey grafikleri.	33
Şekil 5.3. Cips üretimi esnasında % yağ üzerine "kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi" etkileşimleri için 3D yüzey grafikleri.	34
Şekil 5.4. Kızartma sıcaklığı ve süresinin L^* değeri üzerine etkileri.	36
Şekil 5.5. Kızartma sıcaklığı ve süresinin a^* değeri üzerine etkileri.	37
Şekil 5.6. Kızartma sıcaklığı ve süresinin b^* değeri üzerine etkileri.	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Farklı gıdaların akrilamid içerik bilgileri	6
Çizelge 2.2. Farklı ülkelerde yaş grubuna göre günlük vücuda alınan akrilamid miktarları.	8
Çizelge 2.3. Avrupa Komisyonu'na göre gıda maddelerinde bulunabilecek maximum akrilamid seviyeleri.....	10
Çizelge 3.1. Proses parametreleri ve seviyeleri.	17
Çizelge 3.2. Deneysel tasarım.....	20
Çizelge 4.1. Akrilamid, nem ve yağ analizleri için deney sonuçları and S/N değerleri.....	22
Çizelge 4.2. Kimyasal analiz değerleri için varyans analiz sonucu.	25
Çizelge 4.3. Renk analiz değerleri deney sonuçları ve S/N değerleri.....	26
Çizelge 4.4. Renk analiz değerleri için varyans analiz sonucu.....	30
Çizelge 5.1. Akrilamid, nem ve yağ değerleri için S/N yanıt tablosu.	35
Çizelge 5.2. Renk analiz değerleri için S/N yanıt tablosu.	38
Çizelge 5.3. Optimum proses parametreleri tablosu.....	39
Çizelge 5.4. Patates cipsinin kimyasal ortalama analiz sonuçları.....	39

SİMGELER VE KISALTMALAR

AOAC	Resmi Analitik Kimyagerler Derneği
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EC	Avrupa Komisyonu
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Dairesi
ESI	Elektrosprey İyonizasyon
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi
Kg	Kilogram
MRM	Çoklu Reaksiyon İzleme
MS	Kütle Spektrometresi
pH	Ölçülen Asitlik
S/N	Sinyal-Gürültü Oranı
SNFA	İsveç Ulusal Gıda Ajansı
TS	Türk Standardları Enstitüsü
USA	Amerika Birleşik Devletleri
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
a*	Kırmızılık Değeri
μL	Mikrolitre
L*	Parlaklık Değeri
°C	Santigrat Derece
b*	Sarılık Değeri
%	Yüzde

1. GİRİŞ

Patates dünyada her yıl tonlarca üretimi olan, ucuz bir enerji ve kaliteli bir protein kaynağıdır. Bu nedenle patates ve patates ürünlerine tüm dünyada rağbet oldukça yüksektir (Babazadeh vd., 2016). Patates cipsi endüstriyel olarak üretilen ve dünyada büyük bir kitle tarafından yüksek oranda tüketilen bir atıştırılabilir üründür. Yüksek tüketimin bir sonucu olarak patates cipsi hayatımızda günlük bir yiyecek haline gelmiştir. Gıdaların işleme yöntemlerine göre ürün yapısında birçok değişim gerçekleşmekte ve bu değişimler sonucunda gıdanın yapısında yeni bileşikler oluşmaktadır. Bu bileşiklerin bir kısmı istenilen özellikteki bazı aroma bileşikleridir. Bir kısım bileşikler ise sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı istenmeyen bileşiklerdir. Patates işleme prosesinde sağlık üzerine olumsuz etkisinden dolayı istenmeyen bileşiklerinden biri olan akrilamid oluşmaktadır. Akrilamid, poliakrilamid sentezinde kullanılan bir monomerdir. Bu monomer yapı su, etanol, metanol, dimetileter ve asetonda çözünürken, heptan ve benzende ise çözünmez. Beyaz, kokusuz ve kristal yapıda zayıf asidik nitelikte bir kimyasal bileşiktir (Eriksson, 2005). Su arıtma, kozmetik, plastik, petrol, kağıt, boya ve tekstil endüstrisi akrilamidin sıkça kullanıldığı alanlar arasındadır. Akrilamid aynı zamanda tütün dumanının da bir bileşenidir (Scherer vd., 2007). Akrilamidin kimyasal özellikte bir bileşik olduğu ilk olarak 1893 yılında Almanya’da Christian Moureau tarafından keşfedilmiştir (Kısabay vd., 2004). Akrilamid ile alakalı ilk bilgiler, insanların akrilamide içme suyu ve baraj-tünel inşaat çalışmalarında maruz kaldığı ile sınırlı idi (Vainio, 2003). Stockholm Üniversitesi ve İsveç Ulusal Gıda Ajansı (SNFA) tarafından yapılan araştırmalar ve sunulan raporlar ile akrilamidin gıdalarda da oluşabildiği dikkatlere sunulmuştur (Tareke vd., 2000). 24 Nisan 2002 tarihinde İsveç Ulusal Gıda Ajansı, yüksek sıcaklıklarda üretimi yapılan nişasta açısından zengin gıdalarda akrilamidin oluştuğunu gündeme getirmiştir (Vainio, 2003). Bu verilerin, Hollanda, Norveç, İsviçre, İngiltere ve ABD gibi gelişmiş bazı ülkelerde yapılan araştırmalar ile de doğruluğu kanıtlanmıştır (Konings vd., 2003). Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC) tarafından akrilamid ‘2A Grubuna (İnsanlar İçin Olası Kanserojen)’ dahil edilmiştir (Anonim, 1994). Bunun ardından dünya bilim çevresinde gıda kaynaklı akrilamidin neden olabileceği sağlık üzerine olumsuz etkileri belirlenmek amacıyla çok sayıda çalışmalar başlamıştır. Her ülkenin gıda hazırlama prosesleri farklılıklar gösterdiğinden bu çalışmaların çoğu ülkeler bazında kalmıştır. Fakat birçok çalışma

en yüksek oranda akrilamid içeren gıdaların patates kızartmaları ve patates cipsleri olduğunu göstermiştir. Akrilamidin en çok yüksek sıcaklıklarda ($\geq 120^{\circ}\text{C}$) işlem görmüş gıdalarda oluştuğu ve sıcaklık-süre parametrelerindeki artışın akrilamid oluşumunu artırdığı bildirilmiştir (Konings vd., 2003). Akrilamidin genellikle yüksek sıcaklıkta Maillard reaksiyonu (kahverengileşme oluşumu) sırasında spesifik aminoasidin indirgenmiş şeker ile reaksiyona girmesi ile oluştuğu bildirilmiştir (Mottram vd., 2002). Yaygın olarak yağda kızartma, fırında pişirme, ızgara ve kavurma işlemleri sırasında oluşmaktadır. Akrilamid çoğunlukla patates/mısır cipsi, fırın ürünleri, ekmek kabuğu, kahvaltılık tahıl ürünleri, bisküvi, kraker ve tost gibi gıdalarda görülmektedir. Sıcaklık uygulaması yapılmayan gıdalarda akrilamid oluşumu gözlenmezken, düşük sıcaklıklarda işlem görmüş gıdalarda ise çok düşük veya tespit edilemeyen değerler gözlenmiştir. Şu ana kadar çiğ ya da yüksek sıcaklık uygulanmamış gıdalar ile haşlama ve Sous vide ile pişirme görmüş gıdalarda akrilamid varlığı bildirilmemiştir (Rosen vd., 2002; Ateş ve Ünal, 2023).

Akrilamidin etkisini görmek için hayvanlar üzerinde bazı deneyler yapılmıştır. Akrilamidin hayvanlarda sinir sistemine zarar verdiğini, yüksek doz tüketilmesinde ise kaslar ve hormonal bezler üzerinde olumsuz etkisi olduğunu kanıtlamıştır (Sharp, 2003). İnsanlarda beslenme yoluyla alınan akrilamid seviyesi, akrilamidin yan etki gösterdiği bilinen seviyenin 500-1000 kat altında olduğu için akrilamidin bu seviyelerde uzun vadede neden olabileceği sağlık riskleri ile ilgili kesin bir bilgi henüz bulunamamıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), yüksek sıcaklık uygulaması ile pişirilmiş ve işlenmiş gıdaların yüksek oranlarda akrilamid içerebileceğini ve bunun insan sağlığı için risk oluşturabileceğini bildirmiştir (Kaplan vd., 2009). Ortak (FAO/WHO) Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi (JECFA) üreticilerin gıdalarda oluşabilen akrilamid seviyesini azaltmaları gerektiğini önermiştir.

Kızartılmış patates cipsi üzerinde nem ve yağ değerleri önemli bir kriterdir. Nem fazlalığında istenilen gevrek yapı kaybolur ve arzu edilmeyen bir yapı oluşur. Kızartılmış ürünlerde aranan bir fiziksel özellik olan gevreklik üzerine nemin etkisi büyüktür. Su aktivitesi gıdanın nem tutma derecesini ifade etmektedir. Su aktivitesi aynı zamanda Maillard reaksiyonunu etkilemesi nedeniyle akrilamid oluşumunda önemli bir yer almaktadır. Yapılan çalışmalara göre de akrilamid oluşumunda su

içeriği yani nem önemli bir rol oynamaktadır (Bassama vd., 2011). Yağın fazlalığında cipste hoşla gitmeyecek bir tat oluşur ve cips görünümü istenilen görüntünün dışına çıkar. Kızarmış ürünün lezzeti üzerine gıda içeriğinde bulunan yağın önemli bir katkısı vardır. Patates kızartmasında lipid bozunum ürünlerinin artan sayıda kızartma döngüsü ile akrilamid oluşumuna da sebep olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle yağda kızartılmasında akrilamid oluşumu üzerine yağın etkisi olduğu öne sürülmektedir (Gertz vd., 2002).

Gıdaların ve kızartılmış ürünlerinin farklı fiziksel özellikleri arasında renk, bir ürünün algı kalitesinde önemli bir görsel özellik olarak kabul edilmektedir (Rubilar vd., 2012). Kızartılmış ürünün kendine özgü rengi, yağın emilimine, indirgen şekerin ve protein kaynaklarının esmerleşmesine bağlı olduğu bildirilmektedir (Baixauli vd., 2002). Bu nedenle patates cipsi rengi, endüstriyel patates işleme için çok önemli bir kriterdir (Rubilar vd., 2012).

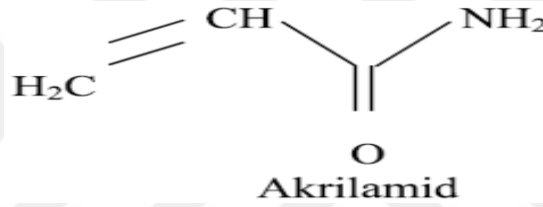
Patates cipslerinin üretiminde patatesin kabukları soyulduktan sonra belirli kalınlıkta dilimleme işlemi uygulanır. Patates dilimlerine ön işlem olarak belirli sıcaklıkta yıkama uygulanır ve bu işlem sonrasında dilimler üzerindeki kalan su hava ile uzaklaştırılır. Son olarak patates dilimleri belirli sıcaklık ve sürede kızartma işlemine tabi tutulur. Bu proses adımlarına bakıldığında yıkama ön işleminin (Rytel vd., 2018) ve kızartmada uygulanan sıcaklık-süre parametrelerinin (Friedman ve Dao, 1992) patates dilimlerinin kalite özelliklerine etki edecek en önemli proses parametreleri olduğu bildirilmiştir. 160°C ve 180°C arasındaki sıcaklık uygulamalarında kızgın yağda dehidrasyon, nihai ürünün uygun yapısal ve dokusal özelliklerini sağlamak için kritik olan yüksek kurutma hızları ile karakterize edilir (Baumann ve Escher, 1995). Bu durumdan yola çıkarak yaklaşık olarak bu sıcaklıklar baz alınarak çalışmamız gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda, proses aşamasındaki bu üç farklı parametrenin patates cipsindeki akrilamid oluşumu üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, istenen en uygun renk özelliklerinde ve en düşük akrilamid oluşumuna neden olan proses parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla çoklu parametrelerin optimizasyonu için yaygın kullanılan Taguchi analiz yöntemi kullanılmıştır. Optimum parametrelerin belirlenmesinin yanı sıra, akrilamid içeriğini azaltmak için en etkili parametreler de tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Akrilamid

2.1.1 Akrilamidin kimyasal yapısı

Akrilamid, poliakrilamid sentezinde kullanılan bir monomerdur. Bu monomer yapı su, etanol, metanol, dimetileter ve asetonunda çözünebilen, heptan ve benzende çözünemeyen beyaz, kokusuz ve kristal yapıda zayıf asidik nitelikte bir kimyasal bileşiktir (Eriksson, 2005). Su arıtma, kozmetik, plastik, petrol, kağıt, boya ve tekstil endüstrisi akrilamidin sıkça kullanıldığı alanlar arasındadır. Akrilamid aynı zamanda tütün dumanının da bir bileşenidir (Scherer vd., 2007). Şekil 2.1’de akrilamidin yapısı görülmektedir.

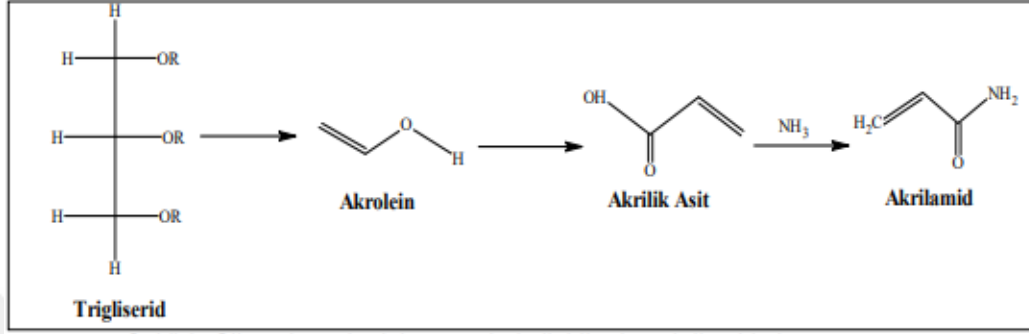


Şekil 2.1. Akrilamidin yapısı.

2.1.2 Akrilamidin oluşum mekanizması

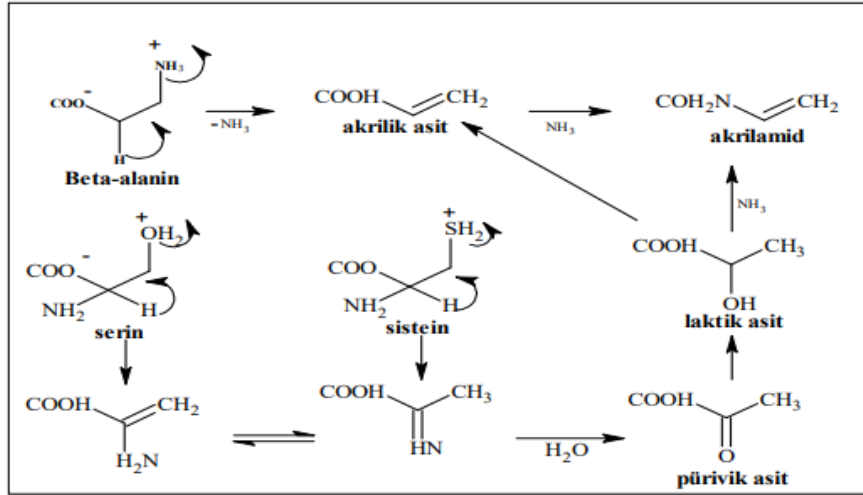
Gıdalarda akrilamid asparajin aminoasidinden, yağlardan, bazı organik asitlerden veya Maillard reaksiyonu sırasında oluşabilmektedir. Maillard reaksiyonu neticesinde tat ve renkte meydana gelen değişiklikler akrilamid oluşumu ile bağlantılı olabilir. Bu durum sağlığı kötü yönde etkileyerek, karaciğere toksik etki yaratabilir (Gokmen vd., 2006). Akrilamidin gıda bileşenleri olan amino asitlerle indirgen şekerlerin yüksek sıcaklıkta meydana gelen Maillard reaksiyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Akrilamid oluşumuna neden olan amino asit ise asparajindir. Akrilamid oluşumu uygulanan sıcaklık ve süreyle doğrudan ilişkilidir. Akrilamid oluşumunun başlaması için ortam sıcaklığının 100 °C’yi geçmesi gerekmektedir. Akrilamidin genellikle 120 °C civarında Maillard reaksiyonu (kahverengileşme oluşumu) sırasında spesifik aminoasidin indirgenmiş şeker ile reaksiyona girmesi ile oluştuğu bildirilmiştir (Mottram vd., 2002).

Bir diğ er teori de yağların kızartması sonucu oluşan akrolein denilen maddeden t urediğı  eklinededir. Yağlardan akrilamid oluşumu sırasında öncelikle y uksek sıcaklıklarda akrolein oluşur. Akrolein, okside olarak akrilik aside d on    r. Akrilik asit amonyak ile y uksek verimlilikte bir reaksiyona girerek akrilamidi oluşturur. Şekil 2.2’de trigliseritten akrilamid oluşum reaksiyonu g oz  kmektedir (Eriksson, 2005).



Şekil 2.2. Gliserol ve akrolein varlığında akrilamid oluşumu (Eriksson, 2005).

Malik asit, laktik asit ve sitrik asit gibi temel bazı organik asitlerin dehidrasyonu ve dekarboksilasyonu neticesinde akrilamid oluşumu ger ekle tiğı bildirilmiştir.  -Alanin, serin ve sistein ile akrilamid oluşumu için öne s  r len mekanizmalar  ekil 2.3’te g oz  kmektedir (Blank vd., 2005).



Şekil 2.3.  -Alanin, serin ve sistein ile akrilamid oluşum mekanizmaları (Blank vd., 2005).

2.2 Gıdalarda Akrilamid Varlığı

Akrilamid doğal olarak gıdalarda bulunmayan, ancak işleme esnasında yüksek sıcaklıklarda oluşan toksik bir madde olduğu için yağda kızartma, fırında pişirme, ızgara ve kavurma işlemleri sırasında oluşmaktadır. Şuana kadar çiğ ya da yüksek sıcaklık uygulanmamış gıdalar ile haşlama ve mikrodalga işlemleri görmüş gıdalarda akrilamid varlığı bildirilmemiştir (Rosen vd., 2002). Akrilamid çoğunlukla patates, mısır cipsi, fırın ürünleri, ekmek, ekmek kabuğu, kahvaltılık tahıl ürünleri, bisküvi, kraker ve tost gibi gıdalarda bulunmaktadır. Daha az olarak da kavrulmuş badem, kuşkonmaz, ayçiçeği çekirdeği, soya fasulyesi, fındık, fındık ezmesi, kaplamalı yer fıstığı, çocuklar için üretilen kekler ve tahıl içerikli gıdalarda bulunduğu bildirilmiştir.

2002 yılı WHO verilerine göre Norveç, İsveç, İsviçre, İngiltere ve Amerika gibi farklı ülkelerden alınan çeşitli gıdaların içeriğinde bulunan akrilamid miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir (FAO/WHO, 2002).

Çizelge 2.1. Farklı gıdaların akrilamid içerik bilgileri (FAO/WHO, 2002).

Gıda/ Ürün Grubu	Akrilamid seviyeleri (µg/kg)			
	Ortalama	Ortanca	Minimum-Maksimum	Örnek Sayısı
Cips, patates/tatlı patates	1312	1343	170 - 2287	38
Cips, patates	537	330	<50 - 3500	39
Hamur bazlı ürünler	36	36	<30 - 42	2
Unlu mamuller	112	<50	<50 - 450	19
Bisküvi, kraker, tost, ekmek cipsi	423	142	<30 - 3200	58
Kahvaltılık gevrekler	298	150	<30 - 1346	29
Cips, mısır	218	167	34 - 416	7
Yumuşak ekmek	50	30	<30 - 162	41
Balık ve deniz ürünleri	35	35	30 - 39	4
Kümes hayvanları veya av eti	52	52	39 - 64	2
Hazır malt içecekleri	50	50	<50 - 70	3
Çikolata tozu	75	75	<50 - 100	2
Kahve tozu	200	200	170 - 230	3
Bira	<30	<30	<30	1

2.3 Gıdalarda Akrilamidin Oluşumu

Gıdalarda akrilamid oluşumu gıdanın işleme prosesinde uygulanan pişirme süresi ve sıcaklık değerleri ile doğrudan ilişkilidir. Aynı gıda ürünü farklı uygulama işlemlerine

tabi tutulduğunda yapısında oluşan akrilamid miktarının değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Rosen vd., 2002). Gıdalara uygulanan ısıtma işlemi sonucunda gıdanın yapısında bulunan karbonhidratların, proteinlerin, aminoasitlerin, lipidlerin ve diğer bileşenlerin reaksiyonları sonucu ile farklı birkaç mekanizma ile akrilamid oluşabilmektedir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Gölükcü vd., 2005);

- Yağlar, karbonhidratlar veya serbest aminoasitlerin degradasyonu ile oluşan akrolein veya akrilik asitlerin oluşu yolu ile,
- Malik asit, laktik asit ve sitrik asidi kapsayan bazı temel organik asitlerin dehidrasyon veya dekarboksilasyon yolu ile,
- Patates ve tahıllarda yüksek oranda bulunan asparajin aminoasidinin düşük orandaki indirgen şeker ile reaksiyona girmesi ile.

Belirtilen ilk iki durum için akrilamid molekülündeki azot kaynağı deaminasyon işlemi sırasında serbest kalan amonyaktan sağlanmaktadır. Akrilamid oluşum mekanizmasının bulunması ile akrilamid seviyesinin kontrol altına alınması bilirliliği keşfedilmiştir. Reaksiyon mekanizmasının en çok gıda bileşeni ve gıdanın görmüş olduğu işlem koşullarına bağlı olduğu görülmüştür (Tamer vd., 2006).

Akrilamid oluşumu ayrıca sıcaklıkla doğrudan ilişkilidir. Sıcaklık uygulaması yapılmayan gıdalarda akrilamid oluşumu gözlenmezken, düşük sıcaklıklarda işlem görmüş gıdalarda ise çok düşük veya tespit edilemeyen değerler gözlenmiştir. Akrilamidin en çok yüksek sıcaklıklarda ($\geq 120^{\circ}\text{C}$) işlem görmüş gıdalarda oluştuğu ve sıcaklık-süre parametrelerindeki artışın akrilamid oluşumunu artırdığı gözlenmiştir (Konings vd., 2003).

2.4 Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkisi

Akrilamidin sağlık üzerine olumsuz etkisi kanserojenik özelliğinden kaynaklıdır. Akrilamidin etkisini görmek için hayvanlar üzerinde yapılan bazı deneyler, akrilamidin hayvanlarda sinir sistemine zarar verdiğini, yüksek doz tüketilmesinde ise kaslar ve hormonal bezler üzerinde olumsuz etkisi olduğunu kanıtlamıştır. Akrilamide maruz kalan hayvanlarda akciğer ve deri kanseri oluştuğu bildirilmiştir (Sharp, 2003). İnsanlarda beslenme yoluyla alınan akrilamidin seviyesi, akrilamidin yan etki gösterdiği bilinen seviyeden 500-1000 kat altında olduğu için akrilamidin bu seviyelerde uzun vadede neden olabileceği sağlık riskleri ile ilgili kesin bir bilgi henüz

bulunamamıştır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), yüksek sıcaklık uygulaması ile pişirilmiş ve işlenmiş gıdaların yüksek oranlarda akrilamid içerebileceği ve bunun insan sağlığı için risk oluşturabileceğini bildirmiştir (Kaplan vd., 2009). Avrupa Birliği Uzmanlar Komitesi (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) üreticilerin gıdalarda oluşabilen akrilamid seviyesini azaltmaları gerektiğini önermiştir.

2.5 İnsanlarda Günlük Vücuda Alınan Akrilamid Miktarları

Akrilamid ile kontamine olmuş sulara ve gıdalara uzun süreli maruz kalma sonucunda baş dönmesi, bulantı, kusma, terleme, kol ve bacaklarda halsizlik, uyuşukluk hissi ve karıncalanma, konuşma güçlüğü, halüsinasyonlar, kol ve bacak eklemlerinde anormal şişlikler, göz mukozasında etkilenme, kas zayıflığı ve üriner sistem bozuklukları görülebilmektedir. Akrilamide maruz kalma seviyeleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Farklı ülkelerde yaş grubuna göre günlük vücuda alınan akrilamid miktarları.

Ülke	Yaş (yıl)	Günlük Vücuda Alınan Akrilamid Miktarı (µg/kg günde)
FAO/WHO	Genel nüfus	0.2-1
EFSA	1-3	1.2-2.4
	3-10	0.7-2.05
	11-17	0.43-1.4
	>18	0.31-1.1
Hollanda	1-97	0.48
	7-18	0.71
	1-6	1.04
Hollanda	1-97	0.5
	1-6	1.1
İsveç	6 aylık	0.04
	7-12 aylık	0.5
Norveç	6 aylık (kız çocuk)	0.31
	6 aylık (erkek çocuk)	0.29
	12 aylık (kız çocuk)	0.36
	12 aylık (erkek çocuk)	0.33
Brezilya	11-17	0.12
Fransa	>15	0.5
	2-14	1.4
Polonya	1-96	0.43
	1-6	0.75
	7-18	0.62
	6-12 aylık	2.10-4.32
	19-96	0.33
Almanya	1	0.16-0.98
	1-7	0.19-1.79
	7-19	0.12-1.60

Akrilamide sürekli olarak maruz kalma durumunda ise sinir sisteminin etkileneceği, periferik nöropati, beynin öğrenme, hafıza ve kavrama bölgelerinde dejenerasyon oluşabileceği bildirilmiştir (Stadler vd., 2002).

2.6 Gıda Maddelerindeki Akrilamid Riskine Karşı Alınabilecek Önlemler

Akrilamidden kaynaklanan risklerin en aza düşürülmesi için FAO/WHO şu önerilerde bulunmuştur (Anonim, 2017);

- Gıda maddeleri prosesin izin verdiği ölçüde yüksek sıcaklıkta ve uzun süre işleme tabi tutulmamalıdır.
- Kızartma ve pişirme gibi işlemlerde patojen tehlikesini ortadan kaldırmak için yeterli; mümkün olan en düşük sıcaklık ve süre uygulanmalıdır.
- Yüksek sıcaklık uygulamasında olduğu gibi düşük nem miktarı da akrilamid seviyesini artırmaktadır. Bundan dolayı gıda maddelerinin yüzeyindeki nemi azaltacak uygulamalardan kaçınılmalıdır.
- Gıda tüketiminde riskli yöntemler ile hazırlanan gıdalar yerine haşlanmış ürünler tercih edilmelidir.
- Taze sebze ve meyveler tercih edilmelidir.
- Kullanılacak olan patatesleri 8 °C altındaki sıcaklıklarda depolayarak ve kızartma yapılacak çiğ patateslerin 1-2 saat önceden su içerisinde bekletilmesi ile yüzeyde bulunan ve akrilamid oluşumuna neden olabilecek olan asparajini ve şekerin uzaklaştırılması sağlanabilir.
- Patates kızartması için önceden pişirilmiş patates kullanılarak, kızartma süresi azaltılmalıdır.
- Kek ve ekmeklerde kahverengi, kuru ve sert yüzeyler akrilamid açısından riskli olabileceğinden tüketilmemelidir.
- Kenarları kuru ve kahverengi pizzalar tüketilmemelidir.
- Gıda maddelerinde asparajin amino asit miktarını azaltmak için asparajinaz enzimi ilave etmek gerekebilir.
- Unlu mamullerin üretim aşamalarında kimyasal kabartıcılar yerine maya fermantasyon yöntemi uygulanmalıdır.

2.7 Gıdalarda Akrilamidin Yasal Limiti

Türkiye’de henüz gıdalarda akrilamid bulunma limitleri belirlenmediği için Avrupa Komisyonu (EC) ve Avrupa Gıda Güvenliği Dairesi (EFSA)’nın 2011 yılında yayınladığı ve 20 Kasım 2017 tarihinde revize ettiği gıdalarda bulunan akrilamid için gösterge değerler Çizelge 2.3’te verilmiştir (Anonim, 2017).

Çizelge 2.3. Avrupa komisyonuna göre gıda maddelerinde bulunabilecek maximum akrilamid seviyeleri.

Gıda	Gösterge değer (µg/kg)
Patates kızartması	500
Taze patateslerden ve patates hamurundan patates cipsi Patates bazlı krakerler Patates hamurundan diğer patates ürünleri	750
Yumuşak ekmek	
(a) Buğday bazlı ekmek	50
(b) Buğday bazlı ekmek dışındaki yumuşak ekmek	100
Kahvaltılık gevrekler (yulaf lapası hariç)	
* kepek ürünleri ve tam tahıllı tahıllar, tabancayla şişirilmiş tahıl	300
*buğday ve çavdar bazlı ürünler	300
*mısır, yulaf, kavuzlu buğday, arpa ve pirinç bazlı ürünler	150
Bisküvi ve gofret	350
Patates bazlı krakerler hariç krakerler	400
Gevrek ekmek	350
Zencefilli çörek	800
Bu kategorideki diğer ürünlere benzer ürünler	300
Kavrulmuş kahve	400
Hazır (çözünür) kahve	850
Kahve ikameleri	
(a) sadece tahıllardan elde edilen kahve ikameleri	500
(b) tahıl ve hindiba karışımından elde edilen kahve ikameleri	
(c) sadece hindibadan elde edilen kahve ikameleri	4000
Bisküvi ve peksimet hariç bebek mamaları, bebekler ve küçük çocuklar için işlenmiş tahıl bazlı gıdalar	40
Bebekler ve küçük çocuklar için bisküvi ve peksimet	150

2.8 Gıdalarda Akrilamid Seviyesinin Azaltılması Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Rydberg vd. (2003) 200 °C sıcaklıkta fırınlanan patatesta akrilamid oluşumunda artış yaşandığı fakat sürenin uzaması ile akrilamid miktarında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Amrein vd. (2004) yılında yapmış oldukları çalışmada zencefilli çörekde hamuruna %1 oranında sitrik asit ekleyerek akrilamid içeriğinin azaldığını ifade etmişlerdir. Jung vd. (2003) mısır cipsine ve patates kızartmasına düşük pH değerinde asitlik düzenleyici ekleyerek akrilamid oluşumun azaldığını belirtmişlerdir.

Pedreschi vd. (2004) haşlama işlemi ile patates dilim içeriğindeki glukoz ve asparajin bileşiklerinin sıcak su ve ılık su içerisinde haşlama yapıldığında azaldığının ve bu durumun akrilamid oluşumunu daha düşük oranlarda seyrettiğini bildirmiştir. Williams (2005) patates çeşidinin akrilamid oluşumunda önemli etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu durumun patatesta bulunan glikoz ve fruktoz ile akrilamid arasındaki korelasyonla ilişkilendirmiştir.

Vass vd. (2004) hamura asparajin enzim ilavesi ile, krakerde akrilamid oluşumunu %70 oranda azalttığını belirtmişlerdir. Granda vd. (2004) patatesleri düşük sıcaklıkta ve vakum altında kızartmanın akrilamid içeriğini %94 oranında azalttığını belirtmişlerdir.

Romani vd. (2009) parmak patateslerin kızartma sıcaklığının artmasıyla akrilamid içeriği aynı zamanda kızartma süresi ile akrilamid içeriği arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu belirtmiştir.

Palazoğlu vd. (2010), 180 °C ve 190 °C sıcaklıkta fırında pişirilen patates dilimlerinin akrilamid miktarının kızartılmış örneklerle göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Miao vd. (2014) yaptıkları çalışmada 170 °C, 180 °C ve 190 °C’de hazırlanan patates cipsinde akrilamid ve su aktivitesi arasında ilişkiyi araştırmış ve su aktivitesinin azalmasına bağlı akrilamid oluşumun arttığını bildirmiştir. Rytel vd. (2017) farklı sıcaklıklarda kurutulmuş küp şeklinde patatesta nem oranının artışına paralel olarak akrilamid miktarında azalma olduğunu belirtmiştir.

Ewert vd. (2014) kızartma yağı içeriğindeki doymamış yağ asitlerinden linoleik asidin, akrolein oluşumuna bağlı akrilamid oluşumunu arttırdığını bildirmiştir.

Trevisan vd. (2016) sığır etinden üretilmiş hamburgerleri kızartma, fırınlama, haşlama ve ızgara yöntemleri ile pişirip, haşlama prosesinin akrilamid içeriğini azalttığının, kızartma işleminin ise 10 kat arttırdığını belirtmişlerdir.

Chauhan (2017) yaptığı çalışmada altı farklı yağ çeşidini incelemiş ve palm yağının farklı kızartma yağ çeşitlerine göre daha yüksek akrilamid oluşumuna neden olduğunu bildirmiştir.

Sansano vd. (2018) mikrodalga kullanılarak yapılan pişirme işleminin, derin yağda kızartma işlemine göre akrilamid miktarı üzerinde inhibitör etkisi olduğu belirtmişlerdir.

Gülcan vd. (2020) ortamdan oksijenin uzaklaştırılmasının ekmekte akrilamid miktarını sınırladığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Cips üretiminde 37-85 mm büyüklüğünde opal çeşidi patates (*Solanum tuberosum* L.) kullanılmış (Şekil 3.1) ve bu patatesler Derpat Tohumculuk Sanayi ve Ticaret A.Ş.'den (Hatay, Türkiye) temin edilmiştir. Cipslerin kızartılmasında Palm olein yağı kullanılmış ve yağlar Cargill Foods (Türkiye)'dan tedarik edilmiştir.



Şekil 3.1. Çalışmamızda kullandığımız Opal çeşidi patates.

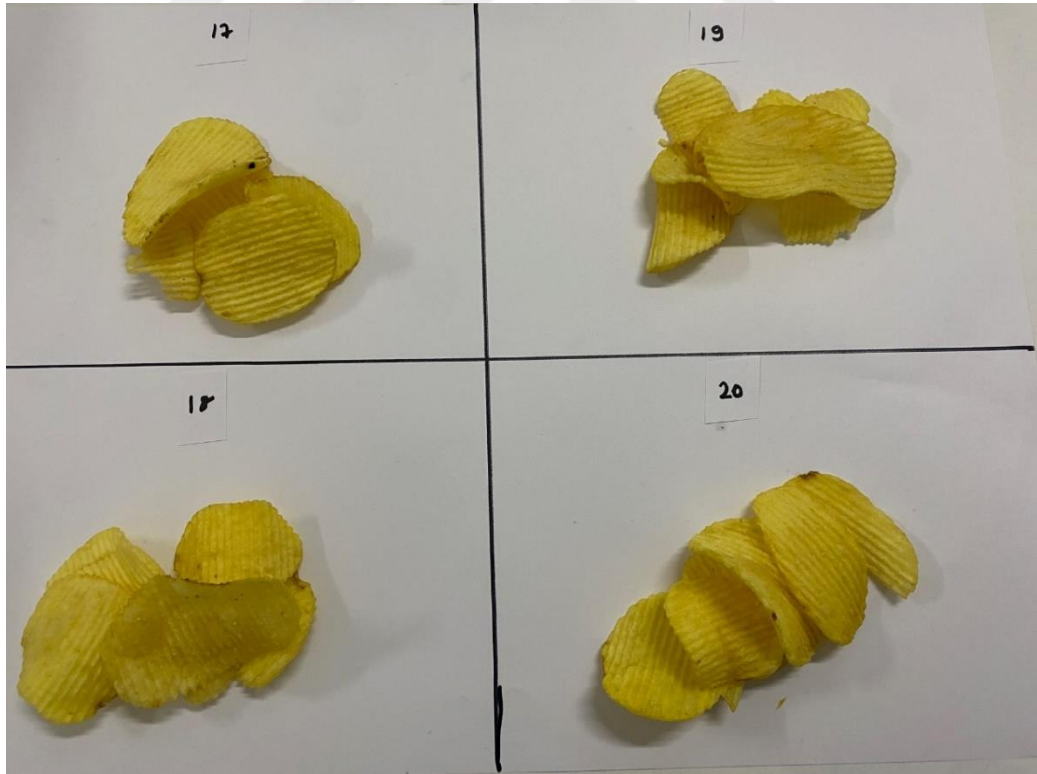
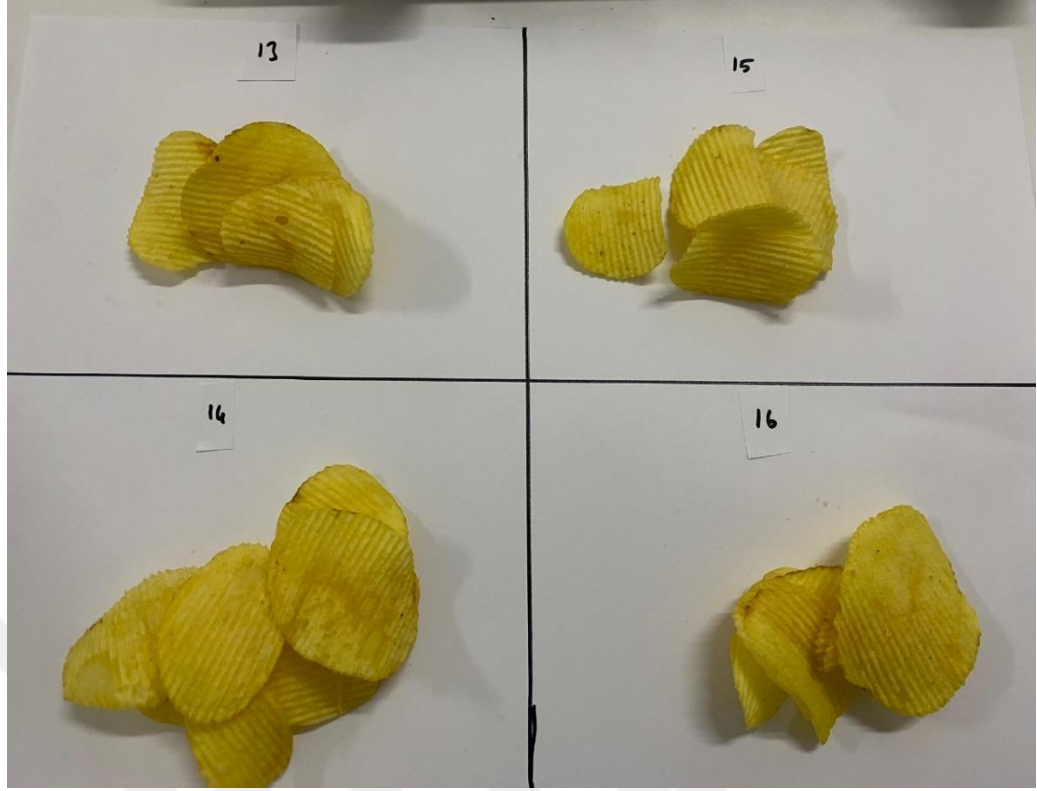
3.2 Patates Örneklerinin Hazırlanması

Patatesler önce soyma makinesinde (Florigo, İngiltere) soyuldu ve daha sonra dilimleme makinesinde (Bigtem, Türkiye) 2.60 mm kalınlığında dilimler halinde dilimlenmiştir. Dilimlenen patatesler üç farklı sıcaklıkta (30 °C, 60 °C ve 90 °C) 90 saniye süreyle (Bigtem, Türkiye) yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Yıkandıktan sonra patates dilimlerinin üzerindeki su kurutuldu ve patatesler üç farklı sıcaklıkta (175°C, 180°C ve 185°C) ve üç farklı sürede (175 s, 185 s ve 195 s) bir kızartma sistemi (Rosenqvist CF10, İsveç) kullanarak kızartılmıştır. Kızartma işleminde her parti için taze yağ kullanılmıştır. Kızartma sonrasında soğutulan patates dilimleri modifiye atmosferli (%98 nitrojen + %2 oksijen gazı) paketleme cihazında (Ishida Astro S 103 L, Japonya) polipropilen bazlı paketlere doldurulmuştur.

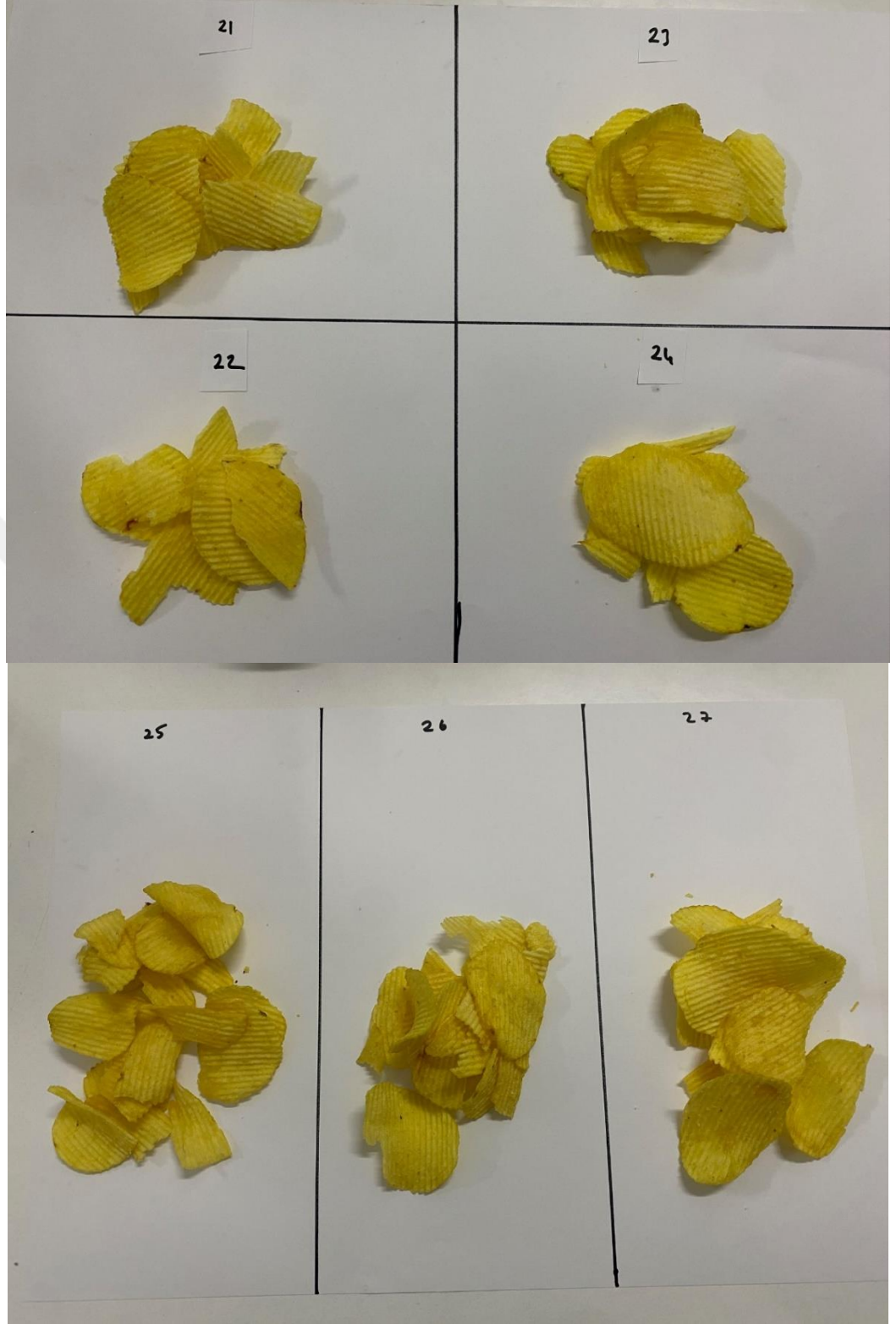
Yukarıda anlatılan proses aşamasındaki değişkenler kullanılarak 27 farklı ürün (cips) grubu oluşturulmuştur. Proses parametreleri ve seviyeleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Akrilamid analizi ve renk analizleri için 27 ürün grubundan örnekler alınmıştır (şekil 3.2).



şekil 3.2. Çalışmamızda kullandığımız kızartılmış patates dilimleri.



Şekil 3.2 (devam). Çalışmamızda kullandığımız kızartılmış patates dilimleri.



Şekil 3.2 (devam). Çalışmamızda kullandığımız kızartılmış patates dilimleri.

Çizelge 3.1. Proses parametreleri ve seviyeleri.

Parametreler →	(A) dilim yıkama sıcaklığı (°C)	(B) kızartma sıcaklığı (°C)	(C) kızartma süresi)
Seviyeler ↓			
1	30	175	175
2	60	180	185
3	90	185	195

3.3 Metot

Sıcaklık ölçümleri: Patates dilimlerinin yıkama suyu sıcaklıkları ve kızartma yağı sıcaklıkları dijital termometre (Testo 110, Germany) ile kayıt altına alınmıştır.

Dilim kalınlığı ölçümü: Patateslerin dilim kalınlığı ölçümü AOAC (2000) metotuna göre dijital kumpas (Mitutoyo ABS ID-C547, Japan) kullanılarak yapılmıştır.

Nem miktarı tayini: Kızartılmış patates dilimlerinde (cips) nem tayini AOAC (2000) metotuna göre yapılmıştır. Dilimler 105 °C etüvde (Binder ED 53, Germany) sabit tartıma ulaşana dek bekletilmiş ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Nem tayininde kullanılan etüv.

Yağ miktarı tayini: Kızartılmış patates dilimlerinde (cips) yağ tayini Soxhlet ekstraksiyon cihazı yardımıyla (Behr Labor ES 2+2, Germany) AOAC (2000) metotuna göre yapılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Yağ tayininde kullanılan Soxhlet ekstraksiyon cihazı.

Kızartılmış patates dilimlerinde (cips) renk analizi: Cipslerin renk ölçümleri CIE (International Commission on Illumination) renk koordinat sistemine göre belirlenmiştir. Renk ölçümü için her bir örnek homojenize edilerek hazneye konulmuş, görüntüyü yakalamak için doğal ışıktan izole edilmiş ortamda spektrofotometre cihazı (Konika-Minolta CM-5, Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 3.5). CIE (International Commission on Illumination) renk koordinat sistemine göre L^* , a^* ve b^* değerleri belirlenmiştir. Burada L^* değeri parlaklık, a^* değeri kırmızılık ve b^* değeri sarılık hakkında bilgi vermektedir (Pedreschi vd., 2006).



Şekil 3.5. Renk tayininde kullanılan spektrofotometre cihazı.

Akrilamid analizi: Akrilamid miktarının belirlenmesi, elektrosprey iyonizasyon (ESI) ile donatılmış bir üçlü dört kutuplu kütle spektrometre sistemine (6460 Agilent Technologies, USA) bağlı Agilent 1290 model Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi sistemi (Agilent Technologies, USA) ile gerçekleştirilmiştir. Analitik ayırma, su içinde %0.1 formik asit içiren saf su (Solvent A) ve asetronitril (Solvent B) karışımı kullanılarak Agilent Zorbax RRHD C18 kolonunda (50 x 2.1 mm, parçacık boyutu 1.8 µm) gerçekleştirilmiştir.

Gradyan koşulları için aşağıdaki aşamalı program gerçekleştirilmiştir: Kolon enjeksiyondan önce 2 dakika %5 B'de dengelendi; 0 dakikada %95 A %5 B; 3 dakika %85 A %15 B tutulmuştur. Kolon sıcaklığı 30 °C, akış hızı 0.3 ml/dk ve enjeksiyon hacmi 1 µl idi. Akrilamid miktarını belirlemek için Kütle Spektrometresi (MS) çoklu reaksiyon izleme (MRM) modu kullanılmıştır. ESI, 2 kV kılcal voltaj'da pozitif iyon modunda çalıştırılmıştır. Kaynak gaz sıcaklığı 300 °C'ye ve desolvasyon sıcaklığı 350 °C'ye ayarlanmıştır. Nitrojen 35 psi basınçta nebulizer gazı (akış hızı 12 L/dk) ve çarpışma gazı (akış hızı 12 L/dk) olarak kullanılmıştır (Henao vd., 2021).

İstatistiksel analiz: Deneysel çalışmalar ile elde edilen veriler ele alınarak minimum akrilamid miktarına ve istenen kalite özelliklerine ulaşmak için optimum dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu optimum proses parametrelerinin belirlenmesi için Taguchi yöntemi kullanılmıştır (Minitab® 19.1). Endüstriyel üretim süreçlerinde yaygın kullanılan Taguchi yöntemi, deneysel çalışmalarda kontrol edilemeyen ve değişkenliğe sebep olan faktörlere karşı oluşturulmuş istatistiksel bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde deneme yanılma kayıpları en aza indirilmiş olmaktadır (Ghasemian vd., 2014). Taguchi yönteminde çok sayıda değişkeni incelemek için deneysel tasarım teorisinden ve ortogonal (dikey) dizilerinden yararlanılmaktadır (Koyuncu ve Duran, 2023).

3.4 Deneysel Tasarım

Bu çalışmada Taguchi yönteminin L₂₇ standart ortogonal dizileri (Çizelge 3.2) kullanılarak çalışılması gereken proses parametreleri belirlenmiştir. L₂₇ deney tasarımı ile; üç değişkenin sonuçlar üzerine etkisini görmek için farklı kombinasyonlar ile yapılması gereken deney sayısı belirlenmiştir (Alvarez ve Saldaña, 2013). Optimum proses parametresine ulaşmak için dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve

kızartma süresi girdi parametreleri olarak, akrilamid miktarı, yağ oranı, nem oranı ve renk değerleri ise çıktı parametresi olarak baz alınmıştır. Ayrıca bağımsız deneysel değişkenlerle (dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi) bağımlı değişkenler (akrilamid, yağ, nem ve renk değerleri) arasındaki ilişki S/N oran analizi ve Varyans (ANOVA) analizi ile tanımlanmıştır. S/N oranlarının hesaplanmasında Denklem 3.1 ve 3.2’de yer alan formüllerden yararlanılmıştır (Rubilar vd., 2012). Akrilamid, nem, yağ ve α^* sonuçları için “en küçük en iyi”, L^* ve b^* sonuçları için ise “en büyük en iyi” yaklaşımı baz alınmıştır.

$$\eta = S \div N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (3.1)$$

$$\eta = S \div N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (3.2)$$

n : Deney tekrar sayısı

y_i : Deney verisi

Çizelge 3.2. Deneysel tasarım.

Deney No	(A) Dilim Yıkama Sıcaklığı (°C)	(B) Kızartma Sıcaklığı (°C)	(C) Kızartma süresi(sn)
1	30	175	175
2	30	175	185
3	30	175	195
4	30	180	175
5	30	180	185
6	30	180	195
7	30	185	175
8	30	185	185
9	30	185	195
10	60	175	175
11	60	175	185
12	60	175	195
13	60	180	175
14	60	180	185
15	60	180	195
16	60	185	175
17	60	185	185
18	60	185	195
19	90	175	175
20	90	175	185
21	90	175	195
22	90	180	175
23	90	180	185
24	90	180	195
25	90	185	175
26	90	185	185
27	90	185	195

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Kimyasal Analizler

Çalışmada akrilamid, nem ve yağ analizleri için 3 teknolojik tekrar yapılmıştır. Her teknolojik süreçten üç örnek alınmış ve analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan öğütülmüş patates cipsleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. İstatistiksel analizler için üç tekrarın ortalaması alınmış ve sonuçlar Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışmamızda kullandığımız patates cips numuneleri.

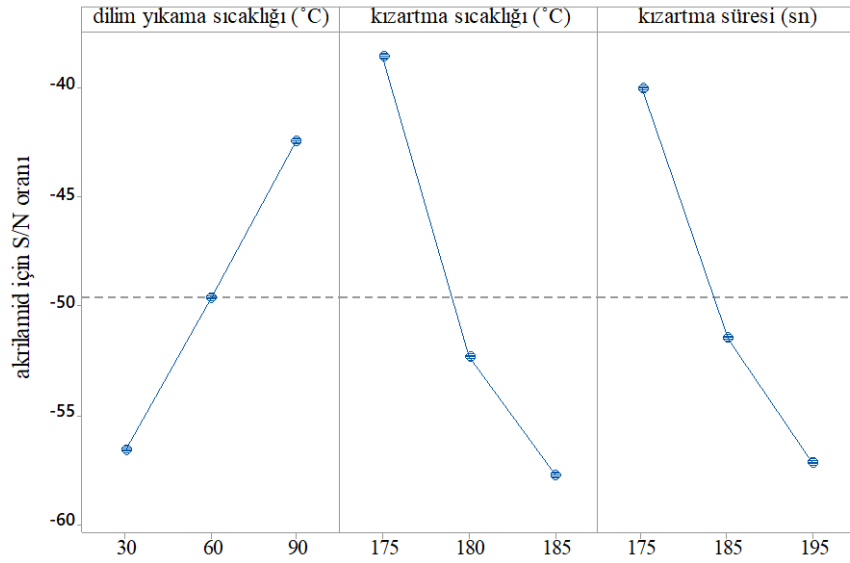
Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi en yüksek akrilamid miktarı 1400 mg/kg, en yüksek nem miktarı %1.67, en yüksek yağ miktarı %36.2’dir. Çalışmamızda nem miktarı %1.01, yağ miktarı ise %30.3’e düşürülmüştür. Farklı proses parametreleri uygulanarak bu değerler akrilamid için 2 mg/kg’a düşürülmüştür.

Çizelge 4.1. Akrilamid, nem ve yağ analizleri için deney sonuçları and S/N değerleri.

Deney No	Akrilamid miktarı (mg/kg)	Akrilamid için S/N oranı	Nem değeri (%)	Nem için S/N oranı	Yağ değeri (%)	Yağ için S/N oranı
1	118	-41.4	1.67	-4.454	32.2	-30.16
2	350	-50.9	1.58	-3.973	34.1	-30.66
3	750	-57.5	1.51	-3.580	34.4	-30.73
4	480	-53.6	1.57	-3.918	30.3	-29.63
5	1145	-61.2	1.38	-2.798	33.1	-30.40
6	1225	-61.8	1.21	-1.656	34.2	-30.68
7	860	-58.7	1.38	-2.798	30.3	-29.63
8	1250	-61.9	1.16	-1.289	32.1	-30.13
9	1400	-62.9	1.04	-0.341	33.2	-30.42
10	10	-20.0	1.61	-4.137	34.1	-30.66
11	85	-38.6	1.47	-3.346	34.3	-30.71
12	380	-51.6	1.35	-2.607	35.2	-30.93
13	152	-43.6	1.45	-3.227	32.2	-30.16
14	483	-53.7	1.21	-1.656	34.1	-30.66
15	1173	-61.4	1.11	-0.906	35.1	-30.91
16	500	-54.0	1.21	-1.656	32.1	-30.13
17	1200	-61.6	1.09	-0.749	33.1	-30.40
18	1325	-62.4	1.02	-0.172	34.3	-30.71
19	2	-6.02	1.51	-3.580	34.3	-30.71
20	76	-37.6	1.36	-2.671	35.2	-30.93
21	150	-43.5	1.14	-1.138	36.2	-31.17
22	81	-38.2	1.27	-2.076	34.1	-30.66
23	159	-44.0	1.11	-0.906	34.3	-30.71
24	495	-53.9	1.04	-0.341	36.1	-31.15
25	168	-44.5	1.09	-0.749	32.4	-30.21
26	510	-54.2	1.03	-0.257	34.2	-30.68
27	1003	-60.0	1.01	-0.086	35.1	-30.91

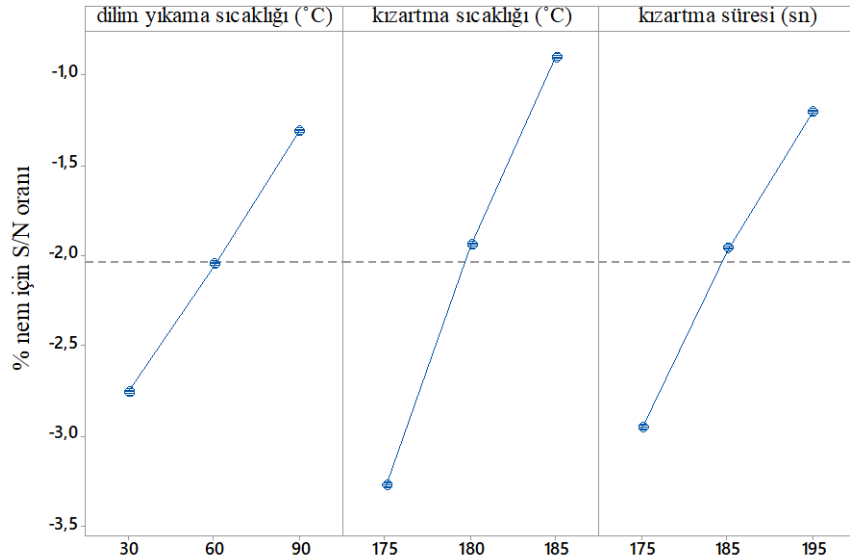
4.1.1 S/N oranlarının analizi

Çalışmada elde edilen değerlerin analiz edilerek yorumlanabilmesi için S/N oranı olarak bilinen bir istatistik hesaplamadan yararlanılmıştır. Bu yöntemde, S sistemin verdiği gerçek değeri, N ise deney sonucunu etkileyen faktörleri göstermektedir. N olarak bilinen tüm değerler hedeflenen sonuçtan sapmalara yol açan tüm değişkenler olarak nitelendirilmektedir (Hu vd., 2005). Deneysel veriler kullanarak hesaplanan S/N oranlarında en yüksek noktalar hedeflenen değerlerdir. (Yusuff vd., 2023). Akrilamid, nem ve yağ için dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi proses parametrelerinin seviye değerleri ise Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4’de görsel form da gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Akrilamid için faktörlerin S/N oranına etkisi.

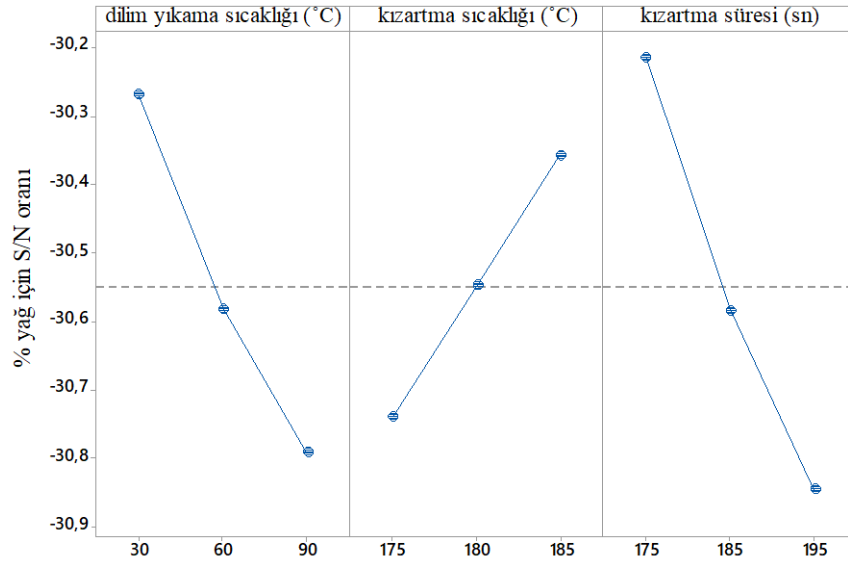
Şekil 4.2’de verilen sonuçlara göre dilim yıkama sıcaklığının artması akrilamid değerinde en az düzeyde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Buna karşın kızartma sıcaklığının azalması ile akrilamid değerlerinin düşüş gösterdiği görülmektedir. Ayrıca kızartma süresinin azaltılması ile yine akrilamid değerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Nem için faktörlerin S/N oranına etkisi.

Şekil 4.3’te verilen sonuçlara göre dilim yıkama sıcaklığının artması nem değerinde en az düzeyde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Buna karşın kızartma sıcaklığının

artması ile nem değerlerinin düşüş gösterdiği görülmektedir. Ayrıca kızartma süresinin artması ile yine nem değerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Yağ için faktörlerin S/N oranına etkisi.

Şekil 4.4’de verilen sonuçlara göre kızartma sıcaklığının artması cipteki yağ düzeyinde en az düzeyde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Buna karşın kızartma süresinin düşmesi ile yağ değerlerinin en yüksek oranda düşüş gösterdiği görülmektedir. Ayrıca dilim yıkama sıcaklığının düşmesi yine yağ değerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir.

4.1.2 Varyans analizi (ANOVA)

Proses parametrelerinin (dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi) akrilamid, nem ve yağ miktarı üzerine etki düzeylerini belirlemek için Varyans analizi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Taguchi odaklı uygulayıcılar, ortalama yanıt etkileyen faktörleri doğrulamak için çoğunlukla varyans analizini (ANOVA) kullanırlar. En düşük p değerleri ($p \leq 0.05$), faktörlerin yanıtlarının önemli düzeyde etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Sruthi ve Shanmugasundaram, 2022).

Çizelge 4.2. Kimyasal analiz değerleri için Varyans analiz sonuçları.

	Faktörler	SD	Seq SS	Adj MS	F değeri	P değeri	Etki oranı (%)
Akrilamid oranı %	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	1355339	677669	21.35	0.000	22.97
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	2209301	1104651	34.80	0.000	37.45
	Kızartma süresi (s)	2	1700041	850021	26.78	0.000	28.82
	Hata	20	634918	31746			10.76
	Toplam	26	5899600				100
Nem oranı %	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	0.21	0.10	36.75	0.000	18.44
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	0.56	0.28	99.04	0.000	49.68
	Kızartma süresi (s)	2	0.30	0.15	53.56	0.000	26.87
	Hata	20	0.06	0.002			5.02
	Toplam	26	1.13				100
Yağ oranı %	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	18.19	9.09	41.04	0.000	30.89
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	9.68	4.84	21.84	0.000	16.44
	Kızartma süresi (s)	2	26.59	13.30	60.00	0.000	45.15
	Hata	20	4.43	0.22			7.53
	Toplam	26	58.89				100

Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve dilim yıkama sıcaklığı faktörlerinin her üçü de akrilamid miktarı üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma sıcaklığı olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise dilim yıkama sıcaklığı göstermiştir. En etkili parametre olan kızartma sıcaklığının akrilamid değeri üzerine %37.45 gibi yüksek etki oranına sahip olduğu görülmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve dilim yıkama sıcaklığı faktörlerinin her üçü de nem miktarı üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma sıcaklığı olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise dilim yıkama sıcaklığı göstermiştir. En etkili parametre olan kızartma sıcaklığının nem değeri üzerine %49.68 gibi yüksek etki oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve dilim yıkama sıcaklığı faktörlerinin her üçü de yağ miktarı üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma süresi olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise kızartma sıcaklığı göstermiştir. En yüksek etkili parametre olan kızartma süresinin yağ değeri üzerine %45.15 gibi yüksek etki oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

4.2 Renk Analizleri

Farklı pişirme parametreleri uygulanarak kızartılan patates dilimlerine fiziksel bir analiz olan renk analizi yapılmıştır. (Hunt vd., 1991). Çalışmada, renk analizleri 3'er paralel olacak şekilde ölçülmüştür. İstatistiki hesaplamalar için 3 paralelin ortalaması alınmış ve sonuçlar Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

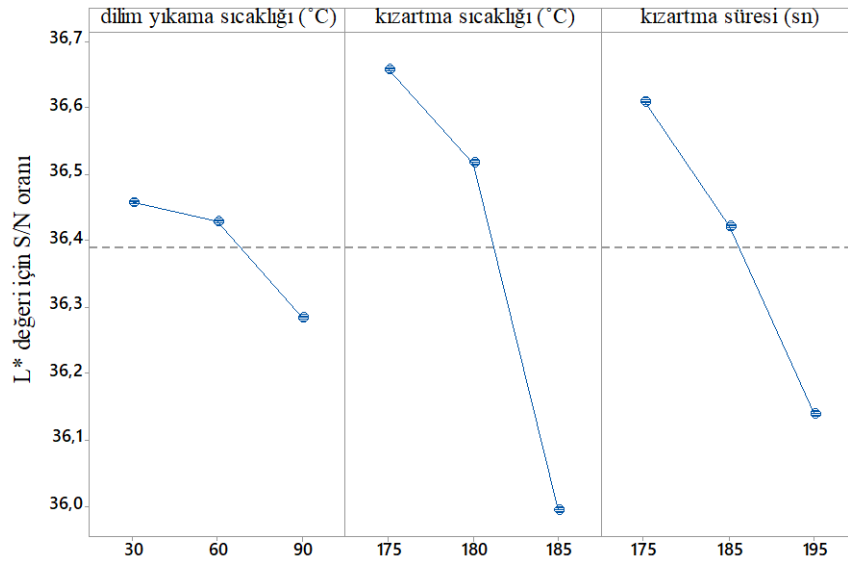
Çizelge 4.3. Renk analiz değerleri deney sonuçları ve S/N değerleri.

Deney No	L^* değeri	L^* değeri için S/N oranı	a^* değeri	a^* değeri için S/N oranı	b^* değeri	b^* değeri için S/N oranı
1	70.35	36.94	5.85	-15.34	48.86	33.78
2	68.72	36.74	7.16	-17.09	45.03	33.07
3	65.91	36.38	8.58	-18.67	45.17	33.09
4	70.22	36.93	6.02	-15.58	45.75	33.21
5	67.68	36.61	7.70	-17.73	43.02	32.67
6	63.79	36.09	9.50	-19.55	44.52	32.97
7	65.63	36.34	7.16	-17.09	42.16	32.49
8	63.51	36.06	8.81	-18.89	42.11	32.49
9	63.26	36.02	9.88	-19.89	41.11	32.28
10	69.74	36.87	5.26	-14.41	48.44	33.70
11	69.42	36.83	7.38	-17.36	45.65	33.19
12	66.65	36.48	9.33	-19.39	44.53	32.97
13	69.35	36.82	6.96	-16.85	46.01	33.26
14	68.48	36.71	7.55	-17.56	43.05	32.68
15	65.16	36.28	8.95	-19.03	41.78	32.42
16	63.76	36.09	9.11	-19.19	43.36	32.74
17	62.33	35.89	9.93	-19.93	42.02	32.47
18	62.28	35.89	10.9	-20.75	38.11	31.62
19	68.39	36.70	6.94	-16.83	48.01	33.63
20	67.85	36.63	8.26	-18.33	46.04	33.26
21	65.63	36.34	8.79	-18.88	39.95	32.03
22	67.89	36.64	7.38	-17.36	48.39	33.69
23	65.76	36.36	8.76	-18.85	42.13	32.49
24	64.67	36.21	8.79	-18.88	39.38	31.91
25	64.15	36.14	9.38	-19.44	45.07	33.08
26	62.82	35.96	10.63	-20.53	41.76	32.42
27	60.01	35.56	13.88	-22.84	36.77	31.31

Çizelge 4.3'te görüldüğü üzere cipslerin renk analiz değerlerinden en yüksek L^* değeri 70.35, en düşük a^* değeri 5.26, en yüksek b^* değeri 48.86 olarak ölçülmüştür.

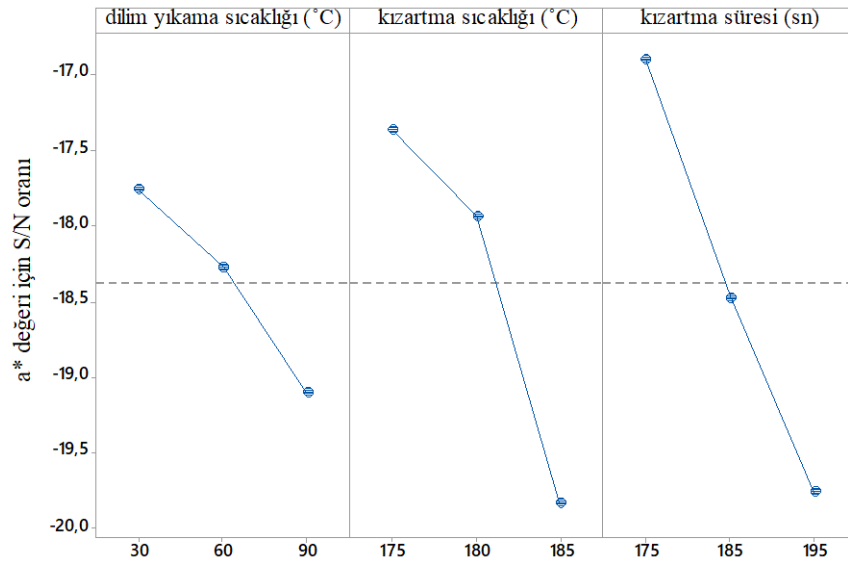
4.2.1 S/N oranlarının analizi

Çıktı parametresi olan L^* , α^* , b^* değerlerinin S/N oranlarının standart L_{27} ortogonal tablosu Çizelge 4.3'te verilmiştir. Bu tabloda optimum dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi parametrelerinin belirlenmesinde en yüksek S/N değerine sahip değerler dikkate alınır. Dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi proses parametrelerinin seviye değerleri L^* , α^* , b^* değerleri için ayrı ayrı Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de görsel form da gösterilmiştir. Burada L^* ve b^* değerlerinde S/N oranının en yüksek olduğu nokta, α^* değerlerinde S/N oranının en düşük olduğu nokta optimum seviyeyi göstermektedir.



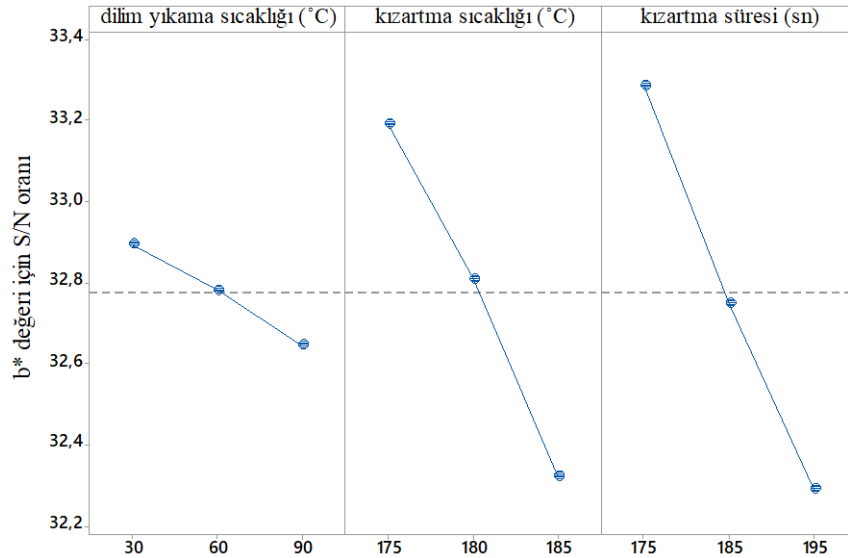
Şekil 4.5. L^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.

Şekil 4.5'de verilen sonuçlara göre dilim yıkama sıcaklığının düşmesi ile L^* değerinde en az düzeyde artışa neden olduğu görülmektedir. Buna karşın kızartma sıcaklığının azalması ile L^* değerlerinin büyük oranda artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca kızartma süresinin azalması ile yine L^* değerinde artışa neden olduğu görülmektedir. L^* değerinde en fazla artış etkisini kızartma sıcaklığı göstermiştir.



Şekil 4.6. α^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.

Şekil 4.6’ de verilen sonuçlara göre dilim yıkama sıcaklığının düşmesi α^* değerinden en az düzeyde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Kızartma sıcaklığının azalması ile α^* değerlerinin daha fazla oranda azalma gösterdiği görülmektedir. Aynı şekilde kızartma süresinin azalması ile yine α^* değerinde azalışa neden olduğu görülmektedir. α^* değerinde en fazla azalma etkisini kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi göstermiştir.



Şekil 4.7. b^* değeri için faktörlerin S/N oranına etkisi.

Şekil 4.7’de verilen sonuçlara göre dilim yıkama sıcaklığının düşmesi ile b^* değerinde önemli düzeyde artışlara veya düşüşlere neden olmadığı görülmektedir. Buna karşın

kızartma sıcaklığının azalması ile b^* değerlerinin artış gösterdiği görülmektedir. Ayrıca kızartma süresinin azalması ile yine b^* değerinde artışa neden olduğu görülmektedir. b^* değerinde en fazla artış etkisini kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi göstermiştir.

Renk gelişimi sadece patates dilimlerinde yeterli miktarda kuruma meydana geldiğinde başlar ve kızartmanın farklı aşamalarında kurutma hızı ve ısı transfer katsayısına bağlı olarak değişir (Pedreschi vd., 2006). Patates cipsinde renkte oluşan bu etkileri uygulanan ısıнын artması ile yüksek sıcaklıklarda oluşan Maillard enzimatik olmayan esmerleşmeye bağlı bulunmuştur (Couglin, 2003). Maillard reaksiyonunun aynı zamanda akrilamid oluşumu için önemli bir etken olduğu doğrulanmıştır (Couglin, 2003). Başka bir çalışmada da aminoasitler ve indirgen şekerler arasındaki Maillard reaksiyonunun bir sonucu olarak ısııl işlem uygulaması ile gıda bileşenlerinde akrilamid oluştuğunu göstermiştir (Stadler vd., 2002).

4.2.2 Varyans analizi (ANOVA)

Taguchi odaklı uygulayıcılar, ortalama yanıtı etkileyen faktörleri doğrulamak için çoğunlukla varyans analizini (ANOVA) kullanırlar. Proses parametrelerinin (dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi) L^* , α^* ve b^* değerleri üzerine etki düzeylerini belirlemek için varyans analizi yapılmıştır. Sonuçlar ayrı olarak Çizelge 4,4'de verilmiştir. En düşük p değerleri ($p \leq 0.05$), faktörlerin yanıtlarının önemli düzeyde etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Sruthi ve Shanmugasundaram, 2022).

Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve dilim yıkama sıcaklığı faktörlerini her üçü de L^* değeri üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma sıcaklığı olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise dilim yıkama sıcaklığı göstermiştir. En etkili parametre olan kızartma sıcaklığının L^* değeri üzerine %60.26 gibi yüksek etki oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Renk analiz değerleri için varyans analiz sonucu.

	Faktörler	SD	Seq SS	Adj MS	F değeri	P değeri	Etki oranı (%)
L^* değeri	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	9.027	4.5137	6.12	0.008	4.38
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	124.316	62.1581	84.24	0.000	60.26
	Kızartma süresi (s)	2	58.201	29.1006	39.44	0.000	28.21
	Hata	20	14.757	0.7379			7.15
	Toplam	26	206.302				100
a^* değeri	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	8.342	4.1712	8.28	0.002	10.08
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	30.798	15.3989	30.55	0.000	37.23
	Kızartma süresi (s)	2	33.499	16.7495	33.23	0.000	40.50
	Hata	20	10.081	0.5041			12.19
	Toplam	26	82.720				100
b^* değeri	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	2	5.822	2.911	1.17	0.330	2.30
	Kızartma sıcaklığı (°C)	2	85.651	42.825	17.26	0.000	33.88
	Kızartma süresi (s)	2	111.691	55.845	22.51	0.000	44.19
	Hata	20	49.609	2.480			19.63
	Toplam	26	252.773				100

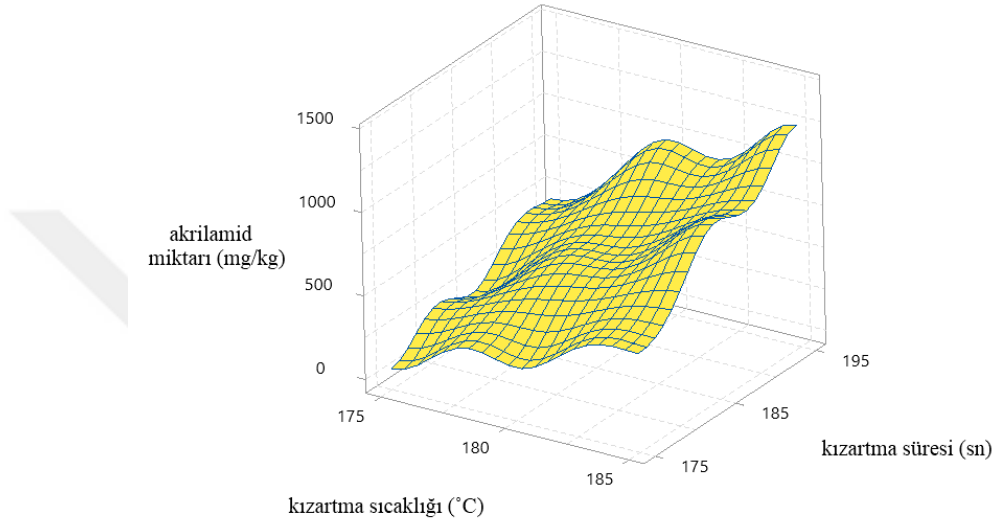
Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı, kızartma süresi ve dilim yıkama sıcaklığı faktörlerinin her üçü de α^* değeri üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma süresi olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise dilim yıkama sıcaklığı göstermiştir. En etkili parametre olan kızartma süresinin α^* değeri üzerine %40.50 gibi yüksek etki oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi faktörlerinin her ikisi de b^* değeri üzerinde etki göstermiştir. Proses uygulamalarından en fazla etkiye sahip parametre kızartma süresi olarak bulunmuştur. En az etkiyi ise dilim yıkama sıcaklığı göstermiştir. En etkili parametre olan kızartma süresinin b^* değeri üzerine %44.19 gibi yüksek etki oranlarına sahip olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1 Akrilamid Analizi Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anova analizi sonuçlarına göre proses aşamasındaki en etkili iki parametre kızartma sıcaklığı ve kızartma süresidir. Kızartma sıcaklığı ve süresinin, patates cipslerindeki akrilamid miktarı üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Şekil 5.1’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Kızartma sıcaklığı ve kızartma süresinin akrilamid üzerine etki grafikleri.

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere sıcaklığın artması ile birlikte akrilamid miktarı artış göstermiştir. En düşük akrilamid miktarı 90 °C dilim yıkama sıcaklığı, 175 °C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresinde (A3B1C1) ölçülmüştür. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi uygulanan dilim yıkama sıcaklığının akrilamid miktarı üzerine en az etkiyi göstermiştir. Bu etki %22.97 oranındadır. Akrilamid miktarının en fazla düşüş gösterdiği dilim yıkama sıcaklığı 90 °C bulunmuştur. 90 °C dilim yıkama sıcaklığında akrilamid oluşumunun az olması Maillard reaksiyonunda tepkimeye giren şekerin suda çözünmesi ile patates içeriğindeki şeker miktarının düşmesi olduğu düşünülmektedir. Patates dilimleri dilim yıkama işleminin ardından kızartma işlemine tabi tutulmuşlardır. Şekil 5.1’de görüldüğü gibi 185 °C kızartma sıcaklığında akrilamid miktarı en yüksek oranda bulunurken, sıcaklık 180 °C’ye indiğinde bu miktar biraz düşmüştür. Akrilamid miktarındaki en fazla düşüşe ise 175 °C’lik kızartma sıcaklığı neden olmuştur. Akrilamid miktarları üzerine en fazla etki gösteren proses basamağının kızartma sıcaklığı olduğu ortaya konmuştur (Çizelge 4.2.). Yapılan bir

çalışmada; 160 °C, 180 °C ve 210 °C sıcaklıkta kızartılan patateslerde akrilamid miktarının sıcaklık artışı ile yüksek oranda arttığı, en yüksek değere 210 °C sıcaklıkta ulaştığı görülmüştür (Lu vd., 2016). Yapılan bir başka çalışmada akrilamid oluşumuna kızartma sıcaklığının kızartma süresine göre daha etkili olduğu bildirilmiştir. Kızartma süresi sabit tutulduğunda sıcaklık artışı ile akrilamid miktarında artış görülmüş; kızartma sıcaklığı sabit tutulduğunda ise süre artışında yüksek sıcaklıkta akrilamid miktarının artış gösterdiği görülmüştür (Gökmen vd., 2006). Patates kızartma işleminde akrilamid miktarının zaman etkenini göz önünde bulundurulduğunda sıcaklık etkenine göre artış gösterdiği, 175°C ve üzerindeki sıcaklıkta yüksek seviyelere çıktığı görülmüştür (Matthäus vd., 2004). Çalışmamızda 175 sn, 185 sn ve 195 sn olmak üzere üç farklı kızartma süresi uygulanmıştır. Kızartma süresi akrilamid oluşumu üzerinde %28.82 gibi bir etki oranına sahip olduğu görülmüştür. Patates kızartma işleminde sıcaklığın ve sürenin akrilamid oluşumuna yüksek derecede etkilediği ve yüksek sıcaklık kısa süre uygulamasında akrilamid oluşum etkisinin düşük sıcaklık uzun süre uygulamasına göre daha fazla artış etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Zang vd., 2007). 200°C sıcaklıkta fırınlanan patatesten akrilamid oluşumunun hızlı bir şekilde artış gösterdiği ayrıca süre arttıkça akrilamid miktarında azalma meydana geldiği görülmüştür (Rydberg vd., 2003). Yapılan bütün deneyler sonucunda minimum akrilamid miktarına ulaşmak için çalışılması gereken optimum proses değerlerinin A3B1C1 (Deney no: 19) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

5.2 Regresyon analizi

Çalışmanın girdileri olan yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi ile çalışmanın çıktısı olan akrilamid miktarı arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilmesi için regresyon analizi yapılmıştır.

Regresyon analizi bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin tahmini olarak öngörülmesi için kullanılan istatistiksel bir hesaplama yöntemidir. Bu yöntemdeki R^2 değeri değişkenler arası ilişkide tahmin performansına dair dikkate alınan önemli bir göstergedir. 0 ile %100 (veya 1) arasında yer alan R^2 değerinin %100'e veya 1'e yakın olması bağımlı (akrilamid miktarı) ve bağımsız (yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve süresi) değişkenler arasındaki ilişkinin güçlü bir şekilde uyumlu olduğunu göstermektedir (Akgun ve Demir, 2021; Sun vd., 2022).

Denklem 5.2' de akrilamid miktarı ile ilgili deneysel veriler ile oluşturulan regresyon denklemi yer almaktadır.

$$Aa \left(\frac{mg}{kg} \right) = -17150 - 9.14swt(^{\circ}C) + 69.94ft(^{\circ}C) + 30.72fti(s) \quad (5.2)$$

Aa (mg/kg) : akrilamid miktarı

swt ($^{\circ}C$) : dilim yıkama sıcaklığı

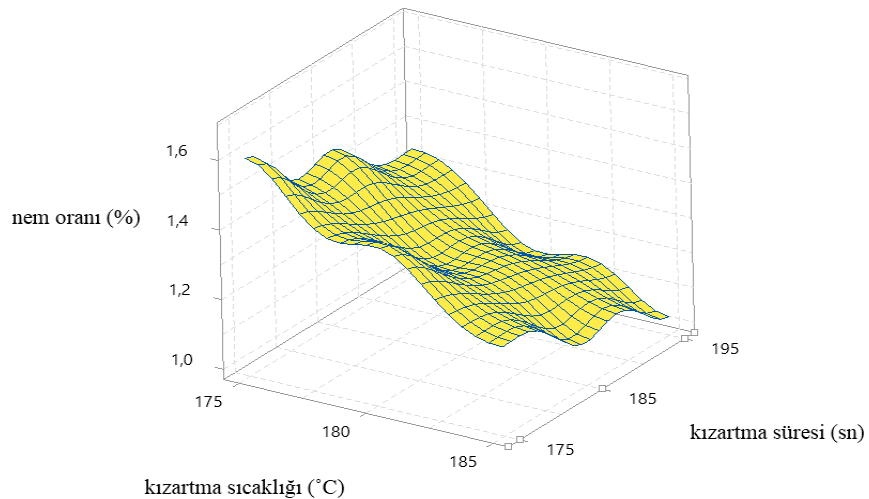
ft ($^{\circ}C$) : kızartma sıcaklığı

ft (s) : kızartma süresi

Çalışmamızın verileri ile oluşan doğrusal regresyon denklemine göre akrilamid için yüksek belirleme katsayısı değeri (R^2) %89.04 olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, oldukça yüksek belirleme katsayısına (R^2) sahip olan tahmin denklemleri gerçek değerlere yakın değerler üretmektedir ve sonuçlar üzerine yapılan yorumların doğruluğunu desteklemektedir.

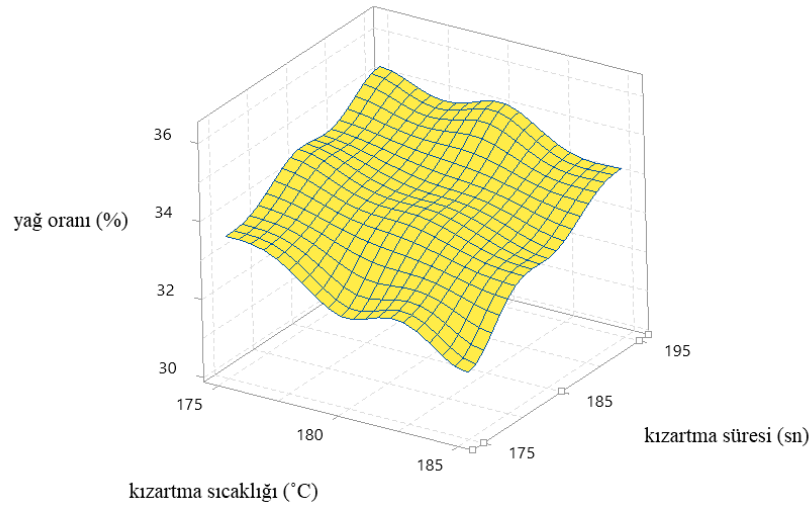
5.3 Nem ve Yağ Analizi

Kızartma sıcaklığı ve süresinin patates cipslerindeki nem oranı üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Şekil 5.2'de kızartma sıcaklığı ve kızartma süresinin patates cipslerindeki yağ oranı üzerine etkilerini gösteren sonuçlar Şekil 5.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Cips üretimi esnasında % nem miktarını üzerine "kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi " etkileşimleri için 3D yüzey grafikleri.

Şekilden çıkarılabileceği gibi, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi arttıkça cipslerdeki % nem miktarı azalmaktadır. Kızartma sıcaklığının artması ile % nem miktarında düşüş yaşanmış ve aynı zamanda sıcaklığın artması ile akrilamid değerinde artış görülmüştür. Cruz vd. (2018) yılında yaptıkları çalışmada patates kızartmasında kızartma süresinin artması ile nem miktarının azaldığını tespit etmiştir. Aynı çalışmada patates cipsinde nem miktarında artış yaşanması ile cipsin daha fazla yağ çektiğini tespit etmişlerdir (Cruz vd., 2018). Kızartma sıcaklığının artması ile patates cipsinde nem miktarının azaldığını başka çalışmalarda desteklemiştir (Arias-Mendez vd., 2013). Yapılan bir başka çalışmada 170°C, 180°C ve 190°C sıcaklıkta hazırlanan patates cipslerinde oluşan akrilamid miktarının su aktivitesi ile arasında ilişki araştırılmış ve su aktivitesi azaldığında akrilamid oluşumun arttığı bildirilmiştir (Miao vd., 2014). Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş patates dilimlerinde nem içeriğinin artması ile akrilamid miktarında azalma olduğu görülmüştür (Rytel vd., 2018). Yapılan başka bir çalışmada yüksek nem içeriğine sahip örneklerde akrilamid oluşumunun azaldığı bildirilmiştir (Özkaynak vd., 2006).



Şekil 5.3. Cips üretimi esnasında % yağ üzerine "kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi" etkileşimleri için 3D yüzey grafikleri.

Şekil 5.3'ten çıkarılabileceği gibi, dilim yıkama sıcaklığı arttıkça ve kızartma süresi arttıkça cipslerdeki % yağ miktarı artmaktadır. Pedreschi vd. (2005) yılında patates dilimlerine uygulanan ön yıkama işleminin kızartılmış patates cipsindeki yağ emilimini artırdığını doğrulamıştır. Bir çalışmada iki farklı ürün-yağ değerinde yapılan patates kızartma işleminde akrilamid oluşumunun sıcaklık artışı ile artış gösterdiği görülmüştür. Ayrıca aynı çalışmada ürün-yağ oranı yüksek patates kızartmasında

akrilamid oluşumun daha hızlı gerçekleştiği görülmüştür (Romani vd., 2009). Kalita vd. (2017) yılında yapmış oldukları çalışmada sürekli kızartılmış patates cipsinde ortalama yağ miktarını %32.2 değerinde, derin yağda kızartılan patates cipsinde ortalama yağ miktarını %27.20 değerinde bulmuşlardır. Kızartma süresinde yaşanan artışın patates cipsinde yağ içeriğini artırdığını bazı çalışmalarda desteklemiştir (Cruz vd., 2018).

Akrilamid, nem ve yağ değerleri için S/N yanıt tablosu ise Çizelge 5.1’de gösterilmektedir. S/N yanıt tablosunda optimum dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi parametrelerinin belirlenmesinde en yüksek S/N değerine sahip değerler dikkate alınır. Buna göre en düşük akrilamid için optimum proses parametreleri 90°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma sıcaklığı ve 175 saniye kızartma süresi, en düşük nem için optimum proses parametreleri 90°C dilim yıkama sıcaklığı, 185°C kızartma sıcaklığı ve 195 saniye kızartma süresi, en düşük yağ için optimum proses parametreleri 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 185°C kızartma sıcaklığı ve 175 saniye kızartma süresi olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Akrilamid, nem ve yağ değerleri için S/N yanıt tablosu.

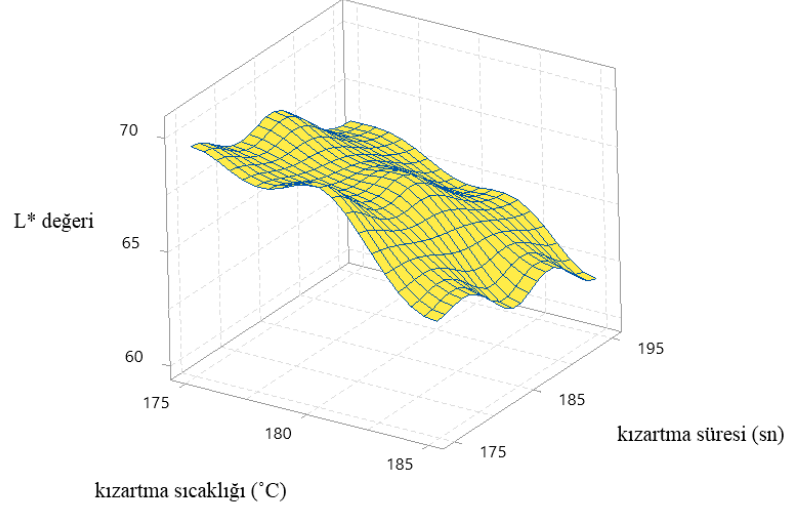
	Parametreler → Seviyeler ↓	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	Kızartma sıcaklığı (°C)	Kızartma süresi (s)
Akrilamid değeri	1	-56.66	-38.57	-40.01
	2	-49.65	-52.37	-51.52
	3	-42.44	-57.80	-57.23
	Delta	14.22	19.23	17.22
Nem değeri	1	-2.7562	-3.2761	-2.9548
	2	-2.0506	-1.9427	-1.9605
	3	-1.3115	-0.8995	-1.2029
	Delta	1.4447	2.3766	1.7519
Yağ değeri	1	-30.27	-30.74	-30.21
	2	-30.58	-30.55	-30.58
	3	-30.79	-30.36	-30.85
	Delta	0.52	0.38	0.63

5.4 Renk Analizi

5.4.1 L^* değeri

Şekil 5.4’de görüldüğü üzere sıcaklığın azalması ile birlikte L^* değeri artış göstermiştir. En yüksek L^* değeri 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma

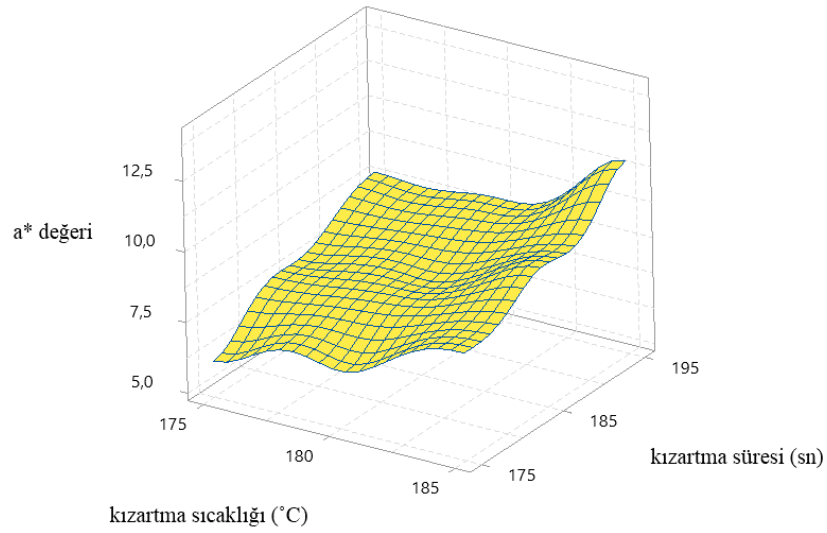
sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresinde (A1B1C1) ölçülmüştür. L^* değerinin azalması patates cipsinin parlaklığının azalması ve rengin koyulaşması anlamına gelmektedir. Bir çalışmada patates dilimlerine uygulanan kızartma sıcaklığının artması ile enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu nedeniyle cips renginin koyulaştığı bildirilmiştir (Oztop vd., 2007).



Şekil 5.4. Kızartma sıcaklığı ve süresinin L^* değeri üzerine etkileri.

5.4.2 α^* değeri

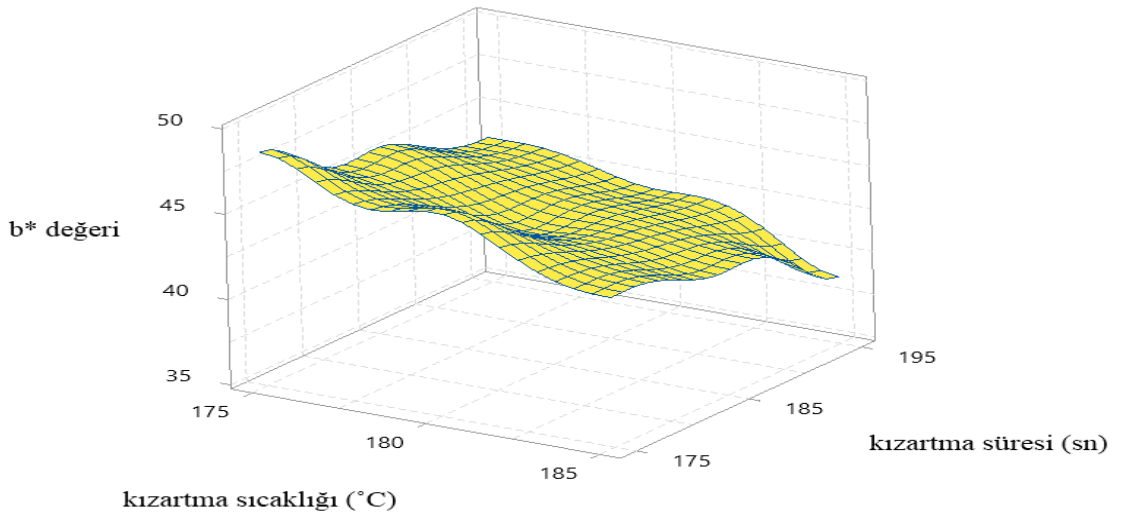
Şekil 5.5.'de görüldüğü üzere kızartma sıcaklığın azalması ile birlikte α^* değeri azalma göstermiştir. Kızartma süresinin azalması ile de α^* değerinde azalma olmuştur. En düşük α^* değeri 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresinde (A1B1C1) ölçülmüştür. Pedreschi vd. (2006) yılında patates dilimleri üzerine yapmış oldukları çalışmada α^* değerinin kızartma sırasında meydana gelen esmerleşme reaksiyonları nedeniyle kızartma sırasında önemli ölçüde arttığını; kızartma sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, dilimler o kadar hızlı kırmızı olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 5.5. Kızartma sıcaklığı ve süresinin a^* değeri üzerine etkileri.

5.4.3 b^* değeri

Şekil 5,6’da görüldüğü üzere sıcaklığın azalması ile birlikte b^* değeri artış göstermiştir. En yüksek b^* değeri 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresinde (A1B1C1) ölçülmüştür. Pedreschi vd. (2006) yılında patates dilimleri üzerine yapmış oldukları çalışmada b^* değerinin kızartma süresinin artması ile arttığını ve kızartma sıcaklığının artması ile de daha hızlı artma eğilimi gösterdiğini bildirmişlerdir



Şekil 5.6. Kızartma sıcaklığı ve süresinin b^* değeri üzerine etkileri.

L^* , a^* ve b^* değerleri için S/N yanıt tablosu Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Optimum dilim yıkama sıcaklığı, kızartma sıcaklığı ve kızartma süresi parametrelerinin

belirlenmesinde en yüksek S/N değerine sahip değerler dikkate alınır. Yine Çizelge 5.2'de L^* , a^* ve b^* değerleri için S/N oranının en yüksek olduğu nokta optimum seviyeyi göstermektedir. Buna göre renk analizi için optimum proses parametreleri 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma sıcaklığı ve 175 saniye kızartma süresi (A1B1C1) olarak tespit edilmiştir (Deney no: 1). Yapılan proses uygulamalarında dilim yıkama sıcaklığı arttıkça akrilamid miktarı azalmakta, ürünün parlaklık oranı azalmakta, kırmızılık oranı artmakta ve sarılık oranı azalmaktadır. Kızartma sıcaklığının azalması ile de akrilamid miktarı azalmakta, parlaklık oranı artmakta, kırmızılık oranı azalmakta ve sarılık oranı artmaktadır. Ayrıca kızartma süresinin azalması ile aynı şekilde akrilamid miktarı azalmakta, parlaklık oranı artmakta, kırmızılık oranı azalmakta ve sarılık oranı artmaktadır.

Çizelge 5.2. Renk analiz değerleri için S/N yanıt tablosu.

	Parametreler → Seviyeler ↓	Dilim yıkama sıcaklığı (°C)	Kızartma sıcaklığı (°C)	Kızartma süresi (s)
L^* değeri	1	36.46	36.66	36.61
	2	36.43	36.52	36.42
	3	36.28	36.00	36.14
	Delta	0.17	0.66	0.47
a^* değeri	1	-17.76	-17.37	-16.90
	2	-18.27	-17.93	-18.48
	3	-19.11	-19.84	-19.77
	Delta	1.34	2.47	2.87
b^* değeri	1	32.90	33.19	33.29
	2	32.78	32.81	32.75
	3	32.65	32.32	32.29
	Delta	0.25	0.87	1.00

Optimum proses koşulları akrilamid için A3B1C1 iken L^* , a^* ve b^* değerleri için A1B1C1 olduğu görülmektedir (Çizelge 5.3). En etkili iki parametre olan kızartma sıcaklığı (B) ve kızartma süresinin (C) akrilamid ve renk analiz değerlerinde aynı optimum proses parametrelerinde olduğu (175°C ve 175 sn) bulunmuştur. En düşük sıcaklığın, istenilen minimum akrilamid içeriği ve istenilen renk analiz değerleri için en ideal sıcaklık olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde en kısa kızartma süresinin minimum akrilamid ve istenilen renk analiz değerlerine ulaşmak için kullanılabileceği görülmüştür. Sonuç olarak, düşük kızartma sıcaklığı ve süresiyle hem akrilamid için istenilen minimum seviyeler hem de cips için istenilen renk kalite özellikleri sağlanmış olmaktadır.

Çizelge 5.3. Optimum proses parametreleri tablosu.

Parametreler →	(A) dilim yıkama sıcaklığı (°C)	(B) kızartma sıcaklığı (°C)	(C) kızartma süresi (sn)	Optimum proses parametreleri
Değişkenler ↓				
Akrilamid (mg/kg)	90	175	175	A3B1C1
L^* değeri	30	175	175	A1B1C1
a^* değeri	30	175	175	A1B1C1
b^* değeri	30	175	175	A1B1C1

Belirlenen optimum çalışma parametrelerinden patates cipsi örnekleri alınarak kimyasal analizlerle cipslerin % bileşimi ortaya konulmuştur. Yapılan kimyasal analiz sonuçlarına (Çizelge 5.4) göre aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. Patates cipsinin kimyasal ortalama analiz sonuçları

% Nem	1.51 ± 0.09
% Yağ	32.54 ± 0.50
% Protein	5.83 ± 0.19
% Karbonhidrat	56.66 ± 0.05
% Kül	3.46 ± 0.06

Belirlenen proses değerlerine göre üretim yapıldığında patates cipsindeki kimyasal analiz değerlerinin yerel patates cipsi standardına göre (TS 3628/T1, 2017) uygun aralıklarda çıktığı görülmüştür.

5.5 Genel Değerlendirme

İşlenmiş patates ürünlerinde bulunan akrilamid miktarı insan sağlığı üzerine oluşturduğu olumsuz etkilerden dolayı önemli bir bileşiktir. Bahsi geçen bu akrilamidin patates cipsi gibi kızartılmış ürünlerde bulunması istenilmez veya düşük miktarda tutulması arzu edilir. Çalışmada yapılan proses müdahaleleri ile akrilamid miktarının düşürülmesi sağlanmıştır. En düşük akrilamid miktarı için farklı proses parametreleri, Taguchi ve Anova yöntemleri uygulanarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda minimum akrilamid miktarı ve istenen kalite özelliklerine ulaşmak için optimum proses parametreleri elde edilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre akrilamid için optimum proses parametreleri 90°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi (A3B1C1), renk kalite özellikleri (L^* , a^* , b^* değerleri) için ise 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 175°C kızartma

sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi (A1B1C1) bulunmuştur. Nem için optimum proses parametreleri 90°C dilim yıkama sıcaklığı, 185°C kızartma sıcaklığı ve 195 sn kızartma süresi (A3B3C3), yağ için ise 30°C dilim yıkama sıcaklığı, 185°C kızartma sıcaklığı ve 175 sn kızartma süresi (A1B3C1) bulunmuştur. Varyans analiz sonuçlarına göre akrilamid, nem miktarı ve L^* değeri üzerinde en yüksek etkiyi sırasıyla %37.45, %49.68 ve %60.26 kızartma sıcaklığı göstermiştir. α^* değeri, b^* değeri ve yağ miktarı üzerine ise en yüksek etkiyi sırasıyla %40.50, %44.19 ve %45.15 ile kızartma süresi göstermiştir. Bu çalışmada, proses parametrelerinde yapılan değişiklikler ile patates cipsinde oluşan ve zararlı bir bileşik olan akrilamid miktarı düşürülmüştür. Akrilamid için ulusal bir yasal sınır olmadığı için analiz sonuçlarımız uluslararası limitler ile kıyaslanmıştır. Bu sayede günlük diyetle fazlaca tükettiğimiz patates cipsi atıştırmalığının zararlı etkisinden korunmuş olmaktadır. Akrilamid miktarının düşürülmesi yanında ilave bir proses uygulaması veya ilave yatırım yapılmadan cipsin renk, nem ve yağ kalite özellikleri de artırılmıştır. Taguchi yöntemi ile proses koşullarının optimize edilmesi, başta patates cipsi endüstrisi olmak üzere gıda işleme endüstrisi için kayda değer sonuçlar sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Akgün, M. ve Demir, H., 2021. Optimization and finite element modelling of tool wear in milling of Inconel 625 superalloy. *Politeknik Dergisi*, 24, 2, 391-400.
- Alpözen, E., 2012. İzmir gevreğinde akrilamid düzeylerinin belirlenmesi ve pişirme koşullarının akrilamid oluşumu üzerine etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Alvarez, V. H. ve Saldaña, M. D., 2013. Hot pressurized fluid extraction optimization of potato peel using response surface and the taguchi method, In III Iberoamerican Conference on Supercritical Fluids Cartagena de Indias, Colombia.
- Amrein, T. M., Schönbächler, B., Escher, F. ve Amadò, R., 2004. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 13, 4282-4288.
- Anonim, 1994. Some Industrial Chemicals: Acrylamide, IARC (The International Agency for Research on Cancer) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 60. 389-91. URL adres: <https://publications.iarc.fr> Erişim tarihi: 12.12.2024.
- Anonim, 2017. EU SCF (European Commission-Scientific Committee on Food), Establishing mitigation measures and benchmark levels for the reduction of the presence of acrylamide in food, URL adres: <https://ec.europa.eu> Erişim tarihi: 21.12.2024.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th edn., ed. O. Cunniff. AOAC Int., Virginia, USA.
- Arias-Mendez, A., Warning, A., Datta, A. K. ve Balsa-Canto, E., 2013. Quality and safety driven optimal operation of deep-fat frying of potato chips, *Journal of Food Engineering*, 119, 1, 125-134.
- Ateş, E. ve Unal, K., 2023. The effects of deep-frying, microwave, oven and sous vide cooking on the acrylamide formation of gluten-free chicken nuggets, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100666.
- Babazadeh, S., Moghaddam, P.A., Sabatyan, A. ve Sharifian, F., 2016. Classification of potato tubers based on solanine toxicant using laserinduced light backscattering imaging, *Computers and Electronics in Agriculture*, 129, 1-8.
- Baccouche, A., Ennouri, M., Felfoul, I. ve Attia, H., 2013. A physical stability study of whey-based prickly pear beverages. *Food Hydrocolloids*, 33, 2, 234-244.
- Baixaui, R., Salvador, A., Fiszman, S. M. ve Calvo, C., 2002. Effect of oil degradation during frying on the color of fried, battered squid rings, *Journal of the American Society of Petroleum Chemists*, 79, 11, 1127-1131.

- Bassama, J., Brat, P., Bohuon, P., Hocine, B., Boulanger, R. ve Günata, Z., 2011. Acrylamide kinetics in banana during the heating process: Precursors and effect of water activity, *Food Research International*, 44 , 5, 1452-1458.
- Baumann, B. ve Escher, F., 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices—I, Rate of drying and oil uptake. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 4, 395-403.
- Blank, I., Robert, F., Goldmann, T., Pollien, P., Varga, N., Devaud, S., Saucy, F., Huynh-Ba, T. ve Stadler, R. H., 2005. Mechanisms of acrylamide formation: Maillard-induced transformation of asparagine. In *Chemistry and safety of acrylamide in food*, 171-189. Springer US.
- Cengiz, M. F. ve Gündüz, C. P. B., 2013. Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples, *Food and chemical toxicology*, 60, 514-519.
- Chauhan, R., 2017. Acrylamide in crisps (reducing acrylamide in crisps), *J. Cell Sci. Apoptosis*, 1, 1, 104.
- Coughlin, J. R., 2003. Acrylamide: what we have learned so far-back page, *Food Technology-Chicago*, 57, 2, 100.
- Cruz, G., Cruz-Tirado, J. P., Delgado, K., Guzman, Y., Castro, F., Rojas, M. L. ve Linares, G., 2018. Impact of pre-drying and frying time on physical properties and sensorial acceptability of fried potato chips, *Journal of food science and technology*, 55, 138-144.
- El-Azazy, M., El-Shafie, A. S., Issa, A. A., Al-Sulaiti, M., Al-Yafie, J., Shomar, B. ve Al-Saad, K., 2019. Potato peels as an adsorbent for heavy metals from aqueous solutions: Eco-structuring of a green adsorbent operating Plackett–Burman design, *Journal of Chemistry*, Art. 4926240: 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2019/4926240>.
- Eriksson, S., 2005. Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology, Doctoral Thesis, Department of Environmental Chemistry, Stockholm University, Stockholm, Sweden.
- Ewert, A., Granvogl, M. ve Schieberle, P., 2014. Isotope-labeling studies on the formation pathway of acrolein during heat processing of oils, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 33, 8524-8529.
- FAO/WHO, 2002. Joint FAO/WHO Consultation on Health Implications of Acrylamide in Food (2002: Geneva, Switzerland) Health implications of acrylamide in food: Report of a joint FAO/WHO consultation, WHO Headquarters, Geneva, Switzerland, 25-27.
- Friedman, M. ve Dao, L., 1992. Distribution of glycoalkaloids in potato plants and commercial potato products, *J. Agric. Food Chem.*, 40, 419-423. <https://doi.org/10.1021/jf00015a011>

- Gertz, C. ve Klostermann, S., 2002. Analysis of acrylamide and its formation mechanisms in deep-fried products, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104, 11, 762-771.
- Ghasemian, S., Rezaei, K., Abedini, R., Poorazarang, H. ve Ghaziani, F., 2014. Investigation of different parameters on acrylamide production in the fried beef burger using Taguchi experimental design, *Journal of food science and technology*, 51, 440-448.
- Gökmen, V. ve Şenyuva, H. Z., 2006. A simplified approach for the kinetic characterization of acrylamide formation in fructose-asparagine model system, *Food Additives and Contaminants*, 23, 4, 348-354.
- Gölükcü, M., Tokgöz, H., 2005. Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizması ve insan sağlığı üzerine etkileri, *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, Derim*.
- Granda, C., Moreira, R. G. ve Tichy, S. E., 2004. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of food science*, 69, 8.
- Gülcan, Ü., Uslu, C. C., Mutlu, C., Arslan-Tontul, S. ve Erbaş, M., 2020. Impact of inert and inhibitor baking atmosphere on HMF and acrylamide formation in bread, *Food Chemistry*, 332, 127434.
- Henao, S. J., Petrarca, M. H., Braga, P. A. C. ve Ariseto, A. P., 2021. Acrylamide in non-centrifugal sugar from Latin American markets: in-house validation of an LC-MS/MS method, dietary exposure assessment and risk characterisation in Brazil and Colombia, *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38, 9, 1456-1469.
- Hu, C. Y., Changa, Y. J., Yin, L. T., Tsao, C. Y. ve Changa, C. H., 2005. Optimal design of nickel-coated protein chips using Taguchi approach, *Sensors and Actuators, Chemical* 108, 665-670.
- Hunt, M. C., Acton, J. C., Benedict, R. C., Calkins, C. R., Cornforth, D. P., Jeremiah, L. E., Olson, D.P., Salm, C.P., Savell, J.W. ve Shivas, S. D., 1991. Guidelines for meat color evaluation, In 44th Annual Reciprocal Meat Conference 9-12. National Livestock and Meat Board Chicago, Ill.
- Iorio, M. C., Bevilacqua, A., Corbo, M. R., Campaniello, D., Sinigaglia, M. ve Altieri, C., 2019. A case study on the use of ultrasound for the inhibition of *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* in almond milk, *Ultrasonics Sonochemistry*, 52, 477-483.
- Jung, M. Y., Choi, D. S. ve Ju, J. W., 2003. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries, *Journal of Food Science*, 68, 4, 1287-1290.
- Kalita, D. ve Jayanty, S. S., 2017. Nutrient composition of continuous and kettle cooked potato chips from three potato cultivars, *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 5, 2, 75-88.

- Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C., Ince, M. ve Yaman, M., 2009. Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry, *Microchemical Journal*, 93, 2, 173-179.
- Kısabay, A., Korkmaz, T., Çakıroğlu, E. ve Selçuki, D., 2004. Kısa süreli akrilamid maruziyeti sonucu gelişmiş toksik polinoropati olgusu, *Causa Pedia*, 3, 1, 701-702.
- Konings, E. J., Baars, A. J., van Klaveren, J. D., Spanjer, M. C., Rensen, P. M., Hiemstra, M., van Kooij, J. A. ve Peters, P. W. J., 2003. Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks, *Food and Chemical Toxicology*, 41, 11, 1569-1579.
- Koyuncu, D. ve Duran, A., 2023. Effects of Different Applications in the Processing Stage on the Quality Characteristics of Potato Chips, *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches (IJANSER)*, 7, 11, 54-63.
- Lu, R., Yang, Z., Song, H., Zhang, Y., Zheng, S., Chen, Y. ve Zhou, N., 2016. Aroma active compound of stir-fried potato slices cooked at different temperatures and times. acrylamide and ascorbic acid contents, *Journal of Food Processing and Preservation*, 40, 2, 183-191.
- Matthäus, B., Haase, N. U. ve Vosmann, K., 2004. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 11, 793-801.
- Miao, Y., Zhang, H., Zhang, L., Wu, S., Sun, Y., Shan, Y. ve Yuan, Y., 2014. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation in reconstituted potato chips during frying, *Journal of food science and technology*, 51, 4005-4011.
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. ve Dodson, A. T., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 6906, 448-449.
- Nas, E. ve Altan Özbek, N., 2020. Optimization of the machining parameters in turning of hardened hot work tool steel using cryogenically treated tools, *Surface Review and Letters*, 27, 05, 1950177.
- Oztop, M. H., Sahin, S. ve Sumnu, G., 2007. Optimization of microwave frying of potato slices by using Taguchi technique, *Journal of Food Engineering*, 79, 1, 83-91.
- Özbek, N. A., Özbek, O. ve Kara, F., 2021. Statistical analysis of the effect of the cutting tool coating type on sustainable machining parameters, *Journal of Materials Engineering and Performance*, 30, 10, 7783-7795.
- Özkaynak, E. ve Gülден, O. V. A., 2006. Akrilamid-gıdalarda oluşan önemli bir kontaminant-I. *Akademik Gıda*, 4, 3, 19-23.

- Palazoğlu, T. K., Savran, D. ve Gökmen, V., 2010. Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips, *Journal of food science*, 75, 1.
- Pedreschi, F., Kaack, K. ve Granby, K., 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying, *LWT-Food Science and Technology*, 37, 6, 679-685.
- Pedreschi, F. ve Moyano, P., 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices, *Journal of Food Engineering*, 70, 4, 557-563.
- Pedreschi, F., León, J., Mery, D. ve Moyano, P., 2006. Development of a computer vision system to measure the color of potato chips, *Food research international*, 39, 10, 1092-1098.
- Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P. ve Dalla Rosa, M., 2009. Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 6, 582-588.
- Rosén, J. ve Hellenäs, K. E., 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry, *Analyst*, 127, 7, 880-882.
- Rubilar, M., Morales, E., Contreras, K., Ceballos, C., Acevedo, F., Villarroel, M. ve Shene, C., 2012. Development of a soup powder enriched with microencapsulated linseed oil as a source of omega-3 fatty acids, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114, 4, 423-433.
- Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L. ve Törnqvist, M., 2003. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs, *Journal of agricultural and food chemistry*, 51, 24, 7012-7018.
- Rytel, E., Tajner, Czopek, A., Kita, A., Kucharska, A.Z., Sokół Łętowska, A. ve Hamouz, K., 2018. Content of anthocyanins and glycoalkaloids in blue-fleshed potatoes and changes in the content of α -solanine and α -chaconine during manufacture of fried and dried products, *International Journal of Food Science & Technology*, 53, 719-727.
- Sansano, M., De los Reyes, R., Andrés, A. ve Heredia, A., 2018. Effect of microwave frying on acrylamide generation, mass transfer, color, and texture in french fries, *Food and Bioprocess Technology*, 11, 1934-1939.
- Scherer, G., Engl, J., Urban, M., Gilch, G., Janket, D. ve Riedel, K., 2007. Relationship between machine-derived smoke yields and biomarkers in cigarette smokers in Germany, *Regulatory toxicology and pharmacology*, 47, 2, 171-183.
- Sharp, D., 2003. Acrylamide in food, *The Lancet*, 361, 9355, 361-362.
- Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A. Robert, M. C. ve Riediker, S., 2002. Acrylamide from Maillard reaction products, *Nature*, 419, 6906, 449-450.

- Sun, X., Li, J., Cameron, D. ve Zhou, A., 2022. Field monitoring and assessment of the impact of a large eucalypt on soil desiccation, *Acta Geotechnica*, 17, 1971-1984. <https://doi.org/10.1007/s11440-021-01308-4>.
- Tamer, C.E., Karaman, B., 2006. Gıdalarda akrilamid oluşumu ve insan sağlığı üzerine etkileri, *Gıda*, 31, 4, 195-199.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. ve Törnqvist, M., 2000. Acrylamide: a cooking carcinogen?, *Chemical research in toxicology*, 13, 6, 517-522.
- Trevisan, A. J. B., de Almeida Lima, D., Sampaio, G. R., Soares, R. A. M. ve Bastos, D. H. M., 2016. Influence of home cooking conditions on Maillard reaction products in beef, *Food Chemistry*, 196, 161-169.
- TSE 3628, 2011. Patates cipsini kapsar, *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara.
- Vainio, H., 2003. Acrylamide in heat-processed foods—a carcinogen looking for human cancer?, *European journal of epidemiology*, 18, 1105-1106.
- Vass, M., Amrein, T. M., Schonbachler, B., Escher, F. ve Amado, R., 2004. Ways to reduce the acrylamide formation in cracker products, *Czech Journal of food sciences*, 22, 1, 19.
- Williams, J. S. E., 2005. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps, *Food Chemistry*, 90, 4, 875-881.
- Zhang, Y. ve Zhang, Y., 2007. Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: a review based on the current state of knowledge, *Critical reviews in food science and nutrition*, 47, 5, 521-542.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı :Dilek KOYUNCU

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği,
2009-2013

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1- Süttaş Süt Ürünleri A.Ş., Yaz Stajı, 2012

2- Doğuş Çay ve Gıda Maddeleri Üretim Pazarlama İthalat ihracat A.Ş., Arge Uzmanı
2013-devam

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

1. Koyuncu, D. ve Duran, A., 2023. Effects of different applications in the processing stage on the quality characteristics of potato chips, International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches (IJANSER), 7, 11, 54-63. <https://doi.org/10.59287/as-ijanser.565>