



**EGE ÜNİVERSİTESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VAKUM KIZARTMA FONKSİYONUNA SAHİP EV  
TİPİ CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLEN  
CİHAZIN PERFORMANSININ PATATES  
KIZARTMASI İÇİN TEST EDİLMESİ**

**Esra DEVSEREN**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Figen ERTEKİN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Sunuş Tarihi : 22.08.2016**

**Bornova-İZMİR**

**2016**

**EÜ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**VAKUM KIZARTMA FONKSİYONUNA SAHİP EV  
TİPİ CİHAZ GELİŞTİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLEN  
CİHAZIN PERFORMANSININ PATATES  
KIZARTMASI İÇİN TEST EDİLMESİ**

**Esra DEVSEREN**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Figen ERTEKİN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Sunuş Tarihi: 22.08.2016**

**Bornova-İZMİR**

**2016**



Esra DEVSEREN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Vakum Kızartma Fonksiyonuna Sahip Ev Tipi Cihaz Geliştirilmesi ve Geliştirilen Cihazın Performansının Patates Kızartması İçin Test Edilmesi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 22.08.2016 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı : Prof. Dr. Figen ERTEKİN**

.....

**Raportör Üye : Doç. Dr. S.Nur DIRİM**

.....

**Üye : Yrd. Doç.Dr. Mehmet KOÇ**

.....



# EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Vakum Kızartma Fonksiyonuna Sahip Ev Tipi Cihaz Geliştirilmesi ve Geliştirilen Cihazın Performansının Patates Kızartması İçin Test Edilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

22/08/2016

Esra DEVSEREN





**ÖZET****VAKUM KIZARTMA FONKSİYONUNA SAHİP EV TİPİ CİHAZ  
GELİŞTİRİLMESİ VE GELİŞTİRİLEN CİHAZIN PERFORMANSININ  
PATATES KIZARTMASI İÇİN TEST EDİLMESİ**

DEVSEREN, Esra

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Ağustos 2016, 151 Sayfa

Bu çalışmada, hem vakum altında hem de atmosferik basınçta çalışabilen kızartma fonksiyonuna sahip ev tipi pişirme cihazının geliştirilmesi ve patates kızartmasında cihazın performansının test edilmesi amaçlanmıştır.

Vakum kızartma işlemi için, geliştirilen prototip kullanılarak parmak patatesin kızartılmasının optimum koşullarının (sıcaklık ve süre) belirlenmesi amacıyla merkezi tümleşik tasarım (CCRD) kullanılarak optimizasyon çalışması gerçekleştirilip sıcaklık ve sürenin etkisi değerlendirilmiştir. Vakum kızartmanın diğer bağımsız değişkeni olan basınç değeri ise prototipte oluşturulabilen minimum basınç değeri olan 13.3 kPa değerinde sabit tutulmuştur.

Optimizasyon çalışmasında, kızartma sıcaklığı (120-150°C) ve kızartma süresi (5-15 dak) bağımsız değişkenler olarak, kızartılmış parmak patatesin sertlik değeri, yağ içeriği, akrilamid miktarı ve duyuşal değerlendirme kriterlerinden genel tercih değeri ise bağımlı değişkenler olarak incelenmiştir. Ayrıca kızartma koşullarının parmak patatesin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve BI), nem içeriği, ortalama gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) ve duyuşal özellikleri (görünüş, renk, doku ve tat), kızartma yağının ise toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit sayısı üzerine etkileri belirlenmiştir.

Design Expert paket programı kullanılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve 30-45 N aralığında sertliği, minimum yağ ve akrilamid içeriği ve maksimum genel beğeni değerlerini sağlayacak şekilde optimize edilmiştir. Buna göre vakum kızartma yöntemi ile kızartılmış parmak patates üretimi için optimum işlem koşulları kızartma sıcaklığı 124.39°C ve kızartma süresi 8.36 dak olarak belirlenmiştir.

Atmosferik basınçta da 2 farklı sıcaklık (165 ve 180°C) ve 4 farklı sürede (5, 7.5, 10 ve 15 dak) parmak patateslerin kızartılması gerçekleştirilmiş ve vakum altında kızartma yöntemi ile üretilen kızartılmış parmak patateslerin ve kızartma yağının kalitesi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresi üzerine etkisinin belirlenmesi için belirlenen optimum koşulda aynı yağ kullanılarak 20 defa, atmosferik basınçta ise 7 defa kızartma işlemi uygulanarak yağ kalitesindeki değişimi belirlemek için her kızartma işlemi sonrası toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien ve trien içeriği ve yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelenmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, vakum altında kızartılan parmak patatesler ile atmosferik basınçta kızartılan parmak patatesler karşılaştırıldığında, renk değerlerinin ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve BI) oldukça yakın olduğu, nem içeriğinin vakum uygulanması ile daha hızlı azaldığı, ortalama gözenek çapında ve sertlikte vakum uygulanması ile artış gerçekleştiği ve duyuşal özellikleri arasında belirgin farkların olmadığı görülmüştür. Ayrıca, vakum kızartma ile yağ içeriğinde artış ve akrilamid içeriğinde ise önemli oranda azalma tespit edilmiştir.

Vakum kızartma için belirlenen optimum noktada kızartılan parmak patatesler ile atmosferik basınç altında kızartılan parmak patatesler karşılaştırıldığında ise, vakum kızartma ile tercih edilen lezzet, renk ve tekstür korunurken, yağ içeriği daha düşük ve akrilamid oluşumu yaklaşık %88-96 daha az olan ürünlerin elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca vakum kızartmanın yağ kalitesini atmosferik basınçtaki kızartmaya göre daha iyi koruduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kızartılmış parmak patates, Vakum kızartma, Optimizasyon, Akrilamid, Yağ kalitesi

**ABSTRACT****DEVELOPING A HOUSHOLD VACUUM FRYING EQUIPMENT AND  
TESTING THE PERFORMANCE ON FRIED FRENCH FRIES  
PRODUCTION**

DEVSEREN, Esra

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

August 2016, 151 Pages

In this research, the development of a kitchen appliance frying equipment which can operate either under vacuum or at atmospheric pressure is aimed which will be tested by its performance on the frying of French fries.

In order to determine the optimum frying conditions (temperature and time) of the French fries, which was produced using the developed prototype equipment, optimization study was carried out according to Central Composite Rotatable Design (CCRD) and the effects of the temperature and time of vacuum frying was investigated. Pressure which was the another independent variable of vacuum frying was kept constant at 13.3 kPa as the attainable minimum pressure level in the prototypes.

At the optimization stage of the study, frying temperature (120-150°C) and frying time (5-15 min) were selected as the independent factors and their effects were investigated by the means of hardness, oil content, acrylamide content and overall preference which is one of sensory evaluation criteria of French fries. Also, the effect of vacuum frying conditions on the color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  and BI), moisture content, pore diameter and sensory evaluation (appearance, color, texture and taste) of French fries and on the total polar material, free fatty acids, acid value and peroxide value of frying oil were determined.

The results were evaluated by using Design Expert packaged software and optimum vacuum frying conditions targeting minimum oil content, 30-45 N in range of hardness, minimum acrylamide content and maximum overall preference. The optimum vacuum frying condition was selected as 124.39 °C of frying temperature and 8.36 min of frying time for French fries frying.

In order to compare with vacuum frying method, French fries were fried at atmospheric pressure at 2 different temperatures (165 and 180°C) and 4 different times (5, 7.5, 10 and 15 min) and the quality criteria of the French fries and frying oil were compared with the results of the analysis for vacuum frying method. In addition, in order to determine the total using time of frying oil, frying was repeated for 7 times by using the same frying oil at atmospheric pressure and it was repeated for 20 times under vacuum. In order to evaluate the final quality of the frying oil, the total polar material, free fatty acids, peroxide value, conjugated dienes and trienes content of frying oil and color value (L\*, a\*, b\* and BI) and hardness of French fries were determined after each frying process.

According to this study, the color values (L\*, a\*, b\*, C\* ve BI) of the French fries that were vacuum fried were considerably close to the ones fried at atmospheric conditions. Moisture content of the vacuum fried French fries decreased rapidly than atmospheric frying, whereas pore diameter and hardness of the vacuum fried French fries were higher than atmospheric frying and sensory properties values of vacuum French fries were not significantly different from French fries atmospheric pressure. Also it was determined that the oil content of vacuum tried French fries was higher and acrylamide content of vacuum French fries was lower compared to atmospheric frying.

Compared to atmospheric frying, the French fries which were fried at determined optimum conditions for vacuum frying preserved the desired colour, textural properties and flavours and it has lower oil content and reduced acrylamide formation by 88-96%. In addition, the frying oil quality was better preserved with vacuum frying compared to atmospheric frying.

**Keywords:** Fried French fries, Vacuum frying, Optimization, Acrylamide, Oil quality

## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim süresince ilgi ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleri ile her zaman yol gösteren saygı değer hocam, danışmanım Prof. Dr. Figen ERTEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisansüstü eğitimim ve tezimin her aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile yön veren, sonsuz sabrı ve desteğiyle karşılaştığım tüm zorlukları aşmamı sağlayan hocam ve manevi abim Yrd. Doç. Dr. Mehmet KOÇ'a sonsuz teşekkürleri borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca hem yardımlarını esirgemeyen hem de manevi destekleri ile her zaman hissettiğim başta proje arkadaşım Dilara TOMRUK ve çok değerli çalışma arkadaşlarım Işıl İLTER, Saniye AKYIL, Ulaş BAYSAN ve Zeynep ATAK'a çok teşekkür ederim.

Akrilamid ve yağ tayini analizlerinde sağlamış oldukları destekten ötürü değerli hocam Doç. Dr. Özgül ÖZDESTAN OCAK'a ve çalışma ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili annem Sebahat DEVSEREN, babam Aziz Timur DEVSEREN ve ablam Ebru DEVSEREN'e çok teşekkür ederim.

Çalışmalarına mali destek sağlamış olan T.C Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı SAN-TEZ projelerine (0724.STZ.2014), ARÇELİK A.Ş.'ne ve bilgi ve tecrübeleriyle projemize katkıda bulunan AR-GE mühendisi Yük. Müh. Haluk KARATAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	VII
ABSTRACT .....	IX
TEŞEKKÜR .....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XVII
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	XXII
1 GİRİŞ.....	1
2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	4
2.1 Kızartma .....	4
2.1.1 Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi.....	6
2.1.2 Kızartma işlemi sırasında gıdada gerçekleşen değişimler .....	8
2.1.3 Yağ emilimi.....	10
2.1.4 Akrilamid oluşumu ve önemi .....	13
2.1.5 Kızartma işlemi sırasında kızartma yağında gerçekleşen değişimler .....	15
2.1.6 Kızartma işleminin sağlık üzerine etkileri .....	23
2.2 Vakum Kızartma.....	24
2.2.1 Vakum kızartma sistemleri .....	26
2.2.2 Vakum kızartmanın ürün kalitesi üzerine etkisi.....	29
2.2.3 Vakum kızartmanın yağ içeriğine etkisi.....	31
2.2.4 Vakum kızartmanın renk üzerine etkisi.....	33
2.2.5 Vakum kızartmanın tekstür üzerine etkisi .....	34
2.2.6 Vakum kızartmanın besin değeri içeriğine ve akrilamid oluşumuna etkisi..	35
2.2.7 Vakum uygulamasının kızartma yağı üzerine etkisi.....	36
2.3 Patates .....	36
2.4 Ayçiçek Yağı .....	38
2.5 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology) .....	39

## İÇİNDEKİLER (Devam)

2.6 Merkezi Tümlleşik Tasarım (Central Composite Rotatable Design) .....	42
2.7 Optimizasyon .....	45
3 MATERYAL ve YÖNTEM .....	46
3.1 Materyal .....	46
3.2 Ekipman .....	46
3.2.1 Vakum kızartma düzeneği tasarımı .....	46
3.3 Yöntem .....	50
3.3.1 Atmosferik basınçta patates kızartması üretimi .....	50
3.3.2 Vakum altında patates kızartması üretimi .....	50
3.3.3 Vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresine etkisinin belirlenmesi ....	51
3.3.4 Vakum altında kızartma işlem değişkenlerinin optimizasyonu .....	52
3.3.5 Analiz yöntemleri .....	55
4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	63
4.1 Atmosferik Basınçta Parmak Patates Kızartılması Koşullarının Kızartılmış Parmak Patates ve Kızartma Yağı Kalitesi Üzerine Etkisi .....	63
4.2 Vakum Kızartma Optimum İşlem Koşullarının Parmak Patates Kızartılması İçin Belirlenmesi .....	79
4.2.1 Modelin oluşturulması .....	81
4.2.2 Kızartılmış parmak patatesin özellikleri .....	96
4.2.3 Kızartma yağının özellikleri .....	108
4.2.4 Optimizasyon ve sonuçların deneysel doğrulanması .....	115
4.3 Vakum Kızartmanın Kızartma Yağı Kullanım Süresine Etkisi ve Atmosferik Basınçtaki Kızartma ile Karşılaştırılması .....	118
5 SONUÇ .....	125
KAYNAKLAR DİZİNİ .....	129
ÖZGEÇMİŞ .....	152
EKLER .....	



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1 Asparginden akrilamid oluşumu (Yaylayan and Stadler, 2005).....	14
2. 2 Hidroliz reaksiyonu ile serbest yağ asidi ve diaçilgliserol oluşumu.....	18
2. 3 Yağda gerçekleşen ısı oksidasyon reaksiyonunun mekanizması (Sahin and Sumnu, 2009).....	20
2. 4 Garayo ve Moreira tarafından geliştirilen vakum kızartma sistemi (Pandey and Moreira, 2012; Garayo and Moreira, 2002; Da Silva and Moreira, 2008; Granda et al., 2004; Moreira et al., 2009) .....	28
2. 5 Yanıt Yüzey Yönteminin Akış Şeması.....	42
2. 6 Örnek bir CCRD modeli .....	44
3. 1 Vakum kızartma düzeneği .....	47
3. 2 Vakum pişirme cihazı teknik çizimi .....	47
3. 3 Sepet .....	48
3. 4 Düzeneğin Kontrol Ekranı Görüntüsü .....	49
3. 5 Örnek sertlik grafiği.....	56
3. 6 Akrilamid standardı ve D3 Akrilamide ait LC-MS/MS kromatogramı .....	58
4. 1 Atmosferik basınçta 165°C'ta 5 (a), 7.5 (b), 10 (c) ve 15 (d) dak sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT fotoğrafları.....	69
4. 2 Atmosferik basınçta 180°C'ta 5 (a), 7.5 (b), 10 (c) ve 15 (d) dak sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT fotoğrafları.....	69
4. 3 Sertlik değerleri için modelden (Eş. 4.1) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	86
4. 4 Parmak patates sertlik değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri .....	87

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4. 5 Yağ içeriği değerleri için modelden (Eş. 4.2) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler .....	89
4. 6 Parmak patates yağ içeriği değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	89
4. 7 Akrilamid miktarı değerleri için modelden (Eş. 4.3) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler .....	92
4. 8 Parmak patates akrilamid içeriği değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	92
4. 9 Duyusal genel beğeni değerleri için modelden (Eş. 4.4) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler .....	94
4. 10 Parmak patates genel beğeni değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri.....	95
4. 11 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT görüntüleri (a. Çiğ dondurulmuş parmak patates; b. 124.4°C 6.5 dak; c. 145.6°C 6.5 dak; d. 124.4°C 13.5 dak; e. 145.6°C 13.5 dak; f. 120°C 10 dak; g. 150°C 10 dak; h. 135°C 5 dak; j. 135°C 15 dak; k. 135°C 10 dak).....	104
4. 12 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağın toplam polar madde değişimi.....	119
4. 13 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağın serbest yağ asitliğinin değişimi.....	120
4. 14 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağın peroksit sayısının değişimi .....	121
4. 15 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağda konjuge dien ve trien değişimi.....	122
4. 16 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan parmak patateslerin renk değerlerindeki değişim .....	124
4. 17 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan parmak patateslerin sertlik değerlerindeki değişim .....	124

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3. 1 Merkezi Tümlleşik Tasarım için değişkenler ve seviyeleri .....	52
3. 2 Merkezi Tümlleşik Tasarım deneme planı .....	53
3. 3 Akrilamid standartlarının (25 ml suda) hazırlanmasında kullanılan stok standart çözelti miktarları ve standartların konsantrasyonları.....	57
4. 1 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin renk (L*, a*, b*), Chroma (C*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri.....	65
4. 2 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin kalite analizleri sonuçları .....	66
4. 3 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin renk, Chroma ve BI değerleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu.....	71
4. 4 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin kalite parametreleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu.....	72
4. 5 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait duğusal değerlendirme sonuçları .....	73
4. 6 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin duğusal beğeni özellikleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu.....	75
4. 7 rik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılma işlemleri uygulanan yağın kalite analizleri sonuçları .....	76
4. 8 Kızartma yağının toplam polar madde içeriği (TPM), serbest yağ asitliliği, asit sayısı ve peroksit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	78
4. 9 Vakum altında parmak patates kızartması CCRD deneme planı izlenerek elde edilen deneysel sonuçlar .....	80

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4. 10 Her bir yanıt üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisinin önemini gösteren ANOVA tablosu .....	80
4. 11 Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	82
4. 12 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler.....	83
4. 13 Vakum altında kızartılmış parmak patatesin CIE L*, a*, b*, renk yoğunluğu (C*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri.....	96
4. 14 Vakum altında kızartılmış parmak patatesin L*, a*, b*, C* ve BI değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	98
4. 15 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin ortalama nem içerikleri (% w/w).....	100
4. 16 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin nem içeriği değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	101
4. 17 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin ortalama gözenek çapı değerleri .....	102
4. 18 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin gözenek çapı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	103
4. 19 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin duyuşal değerlendirme sonuçları .....	105
4. 20 Kızartılmış parmak patatesin duyuşal beğenisi üzerine farklı sıcaklık ve sürelerin etkilerini gösteren ANOVA tablosu .....	107
4. 21 Vakum altında kullanılan kızartma yağının toplam polar madde içerikleri (% w/w).....	109
4. 22 Vakum altında kullanılan kızartma yağının toplam polar madde içeriği değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	110

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4. 23 Vakum altında kullanılan kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri .....	111
4. 24 Vakum altında kullanılan kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	112
4. 25 Vakum altında kullanılan kızartma yağının peroksit sayısı değerleri .....	113
4. 26 Vakum altında kullanılan kızartma yağının peroksit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	114
4. 27 Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak elde edilen optimum nokta çözümleri .....	116
4. 28 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları .....	117
4. 29 Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması.....	117
4. 30 Vakum altında optimum noktada 5 farklı denemede üretilen kızartılmış parmak patatesin L*, a*, b*, C*, BI, nem içeriği, ortalama gözenek çapı ve ortalama değerleri .....	118

**SİMGELER ve KISALTMALAR**

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$+\alpha$	Maksimum aksel nokta
$a^*$	CIE yeşil ve kırmızılık değeri
$b^*$	CIE mavi ve sarı değeri
$C^*$	Renk yoğunluğu
C.V.	Varyasyon katsayısı
F	Peroksit sayısı analizinde 0.01N sodyum tiyoülfat çözeltisinin ayar faktörü
$F_{cal}$	Deneyel verilerden hesaplanan F-değeri
$F_{tab}$	Tablodan okunan F-değeri
g	Peroksit sayısı analizinde alınan örneğin ağırlığı, g
k	Kodlanmış faktör sayısı
$L^*$	CIE aydınlık değeri
m	Serbest yağ asitliği analizinde örnek miktarı, g
N	Deneyel veri sayısı
$n_{ax}$	Eksenel nokta sayısı
$n_c$	Merkez nokta sayısı
p	Önemlilik derecesi
Pre- $R^2$	Tahminlenmiş regresyon katsayısı
r	Korelasyon katsayısı

**SİMGELER ve KISALTMALAR (devam)**

$R^2$	Regresyon katsayısı
$R^2_{adj}$	Düzeltilmiş regresyon katsayısı
T	Peroksit sayısı analizinde titrasyonda harcanan 0.01N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml
$T_0$	Peroksit sayısı analizinde körün titrasyonunda harcanan 0.01N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml
V	Serbest yağ asitliğin analizinde örnek için titrasyonda harcama 0.1N KOH, ml
$V_0$	Serbest yağ asitliğin analizinde kör için titrasyonda harcama 0.1N KOH, ml
x	Kodlanmış değişken
$X_1$	Sıcaklık için kodlanmış değişken
$X_2$	Süre için kodlanmış değişken
$x_i$	Bağımsız değişkenin boyutsuz sayısı
y	Bağımlı değişken
$Y_1$	Sertlik değeri (N)
$Y_2$	Akrilamid miktarı (ppb)
$Y_3$	Yağ içeriği (%)
$Y_4$	Duyusal genel tercih
$\alpha$	İstatistiksel önemlilik seviyesi
$-\alpha$	Minimum eksenel nokta
$\alpha_i$	Regresyon katsayıları

**SİMGELER ve KISALTMALAR (devam)**

$\beta_i$  Regresyon katsayıları

$\Delta E$  Renk değişimi





<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ANOVA	Varyans analizi
BI	Kahverengileşme indeksi
CCRD	Merkezi tümleşik tasarım
GC-MS	Gaz kromatografisi kütle spektrometresi
HPLC	Yüksek basınç sıvı kromatografisi
HTK	Hata kareleri toplamı
LC/MS-MS	Sıvı kromatografisi kütle-kütle spektrometresi
Micro-CT	Bilgisayarlı mikro tomografi
PID	Oransal-integral-türevsel denetleyici
PLC	Programlanabilir lojik kontrolör
PRESS	Tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı
RSM	Response Surface Method (Yanıt Yüzey Metodu)
SD	Serbestlik derecesi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SH	Standart hata
SPSS	Sosyal Bilimler için İstatistiksel Paket
TPM	Toplam polar madde

## 1. GİRİŞ

Günümüzde tüketici bilincinin artması ile doğru orantılı olarak sağlıklı beslenmeye verilen önem artmakta ve tüketicilerin ürün kalitesi ve besleyici değeri daha yüksek ürünler tercih etme eğilimi yükselmektedir. Sağlıklı beslenme için genel olarak zararlı bileşen içeriği düşük ve besin değeri yüksek gıdalar tüketilmektedir. Gıdalarda özellikle yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen ısıl işlemlerin uygulanması ile sağlığı olumsuz etkileyen bileşenlerin oluştuğu bilinmektedir. Pişirme işlemi gıdalara en sık uygulanan ısıl işlemlerden biri olup birçok gıdanın tüketime hazır hale gelmesini sağlamaktadır. Gıdalarda pişirme işlemi ile yüksek sıcaklıklar uygulandığı ve böylece zararlı bileşenlerin oluşumunda artış gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nedenle birçok alternatif pişirme teknikleri geliştirilmiştir. Bu tekniklerden biri olan vakum altında pişirme, sağladığı düşük sıcaklık ve düşük oksijen içeriği ile zararlı bileşenlerin oluşumunun önüne geçerken yararlı bileşenlerinde korunmasını sağlamaktadır.

Gıdanın hızlı ve kolay pişirilmesini sağlayan yöntemlerden biri olan kızartma, hem evde hem de endüstride yaygın olarak uygulanmaktadır. Kızartma gıdanın suyun kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıktaki yağa daldırılması ile gerçekleştirilmektedir (Mir-Bel et al., 2013). Eş zamanlı gerçekleşen kütle ve ısı transferi sonucunda nem kaybı, yağ emilimi, kabuk oluşumu, nişastanın jelatinizasyonu, Maillard reaksiyonu ile renk değişimi, hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon gibi birçok kimyasal ve fiziksel değişim gerçekleşmektedir. Bunların sonucunda gıda tüketiciler tarafından arzu edilen ve kendine has duyuşal özellikleri (renk, doku ve lezzet) kazanmaktadır (Saguy and Dana, 2003).

Tüketiciler tarafından lezzeti nedeniyle tercih edilen kızartılmış gıdaların tüketimi dünya çapında hızla artmaktadır (Dana and Saguy, 2006). Ancak birçok çalışma fazla yağ tüketiminin sağlık üzerine olumsuz etkileri olduğunu ve koroner kalp hastalıkları, kanser, diyabet, hipertansiyon gibi rahatsızlıkların artmasına sebep olduğunu bildirmektedir (Krokida et al, 2001). Ayrıca kızartma sırasında akrilamid gibi potansiyel toksik bileşenlerin oluşumu gerçekleşebilmektedir (Granda and Moreira, 2005). Tüketicinin beslenme ve sağlık arasındaki ilişki

farkındalığı artmış olmasına rağmen, kızartma hala başlıca pişirme yöntemlerinden biri olmaya devam etmektedir (Saguy and Dana, 2003).

Kızartmanın en çok uygulandığı gıdalar olan atıştırmalık gıdalar, modern hayatta istenen pratik ve tüketime hazır gıdalar olmaları nedeniyle tüketimleri dünya genelinde hızla artmaktadır. Yıllık atıştırmalık gıda tüketimi kişi başına Amerika'da 10 kg, Avrupa'da 8 kg, Doğu Asya'da 7 kg ve Meksika'da 3.3 kg olup gün geçtikçe yükselmektedir (Perez-Tinoco et al., 2008). Bu eğilim düşük besin değerine ve fazla yağ içeriğine sahip gıdaların yüksek miktarda tüketiminin beslenme açısından önemli endişeler yaratmasına sebep olmaktadır. Fakat tüketicilerin de beslenmeye verdiği önemin artması ile hazırlanması ve tüketimi pratik ve sağlıklı ürünlere ilgi çoğalmaktadır. Bu gereksinimleri karşılamak ve daha sağlıklı kızartılmış ürünler elde etmek için yeni alternatif yöntemler araştırılmaktadır. Vakum kızartma ürüne sağlamış olduğu avantajlardan dolayı bu yöntemler arasından en çok ilgi çeken yöntemdir.

Vakum kızartma, kapalı bir sistemde atmosferik basıncın altındaki basınç değerlerinde gerçekleştirilerek suyun kaynama noktasının düşmesi sağlamakta ve kızartma işleminin daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesine olanak sunmaktadır. Bu yöntemin en büyük avantajı düşük kızartma sıcaklığı ve kızartma ortamındaki oksijen içeriğinin düşük olmasıdır (Garayo and Moreira, 2002). Vakum kızartma ile ürünün besin değeri daha fazla korunmakta ve yağın bozunması azaltılmaktadır. Meyve ve sebzelere vakum kızartma uygulanması ile üründe yanma ve kararma gerçekleşmeden istenilen nem içeriğine ulaşabilmektedir (Da Silva and Moreira, 2008).

Vakum kızartma işlemi, son 15 yıldır araştırılmaktadır. Endüstriyel ve laboratuvar ölçekli olarak vakum kızartma uygulanabilecek cihazların bulunmasına rağmen evsel boyutta vakum kızartma yapılabilecek cihaz bulunmamaktadır. Literatürde vakum pişirme ve kızartma fonksiyonuna sahip evsel boyuta uygun olan Gastrovac isimli cihaz bulunmaktadır (Andrés – Bello et al., 2010; Andrés – Bello et al., 2011). Fakat bu cihaz gastronomi mutfakları için geliştirilmiş olup, ücretinin yüksek olması nedeniyle evlerde yaygın bir şekilde kullanılabilecek ev tipi bir cihaz özelliği taşımamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında ileriye dönük olarak ev tipi kullanıma uygun olabilecek vakum altında ve atmosferik basınçta çalışabilen, kızartma işlemini gerçekleştirebilecek bir cihazın prototipinin geliştirilmesi ve bu prototipin dondurulmuş parmak patatesin kızartılmasında test edilmesi hedeflenmiştir. CCRD (Merkezi Tümlşik Tasarım) deneme deseni kullanılarak vakum kızartma sıcaklığı (120-150°C) ve süresinin (5-15 dak), kızartılmış parmak patatesin sertlik, yağ içeriği, akrilamid miktarı ve duyuşal değerlendirme kriterlerinden genel tercih değeri üzerine etkisi incelenerek optimizasyon işlemleri uygulanmıştır. Ayrıca, kızartılmış parmak patatesin kalitesini gösteren CIE renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) değeri, nem içeriği, ortalama gözenek çapı ve duyuşal özelliklerine (görünüş, renk, doku ve tat) ve kızartma yağının kalitesini gösteren toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit sayısı değerlerine vakum kızartma işlem değişkenleri olan sıcaklık ve sürenin etkisi tespit edilmiştir. Ayrıca vakum kızartma işleminin atmosferik basınçta kızartma işlemi ile karşılaştırılması için atmosferik basınçta 165°C ve 180 °C'ta 5, 7.5, 10 ve 15 dak kızartma işlemi uygulanarak parmak patates ve kızartma yağında kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.

Vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresine etkisini belirlemek için, Design Expert paket programı ile vakum kızartma için belirlenen optimum noktada aynı yağ kullanılarak 20 defa kızartma işlemi tekrarlanırken atmosferik basınçta ise yağda 7 defa 180°C'ta 10 dakika kızartma işlemi uygulanarak, yağ kalitesindeki değişimi belirlemek için her kızartma işlemi sonrası toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien ve trien içeriği ve yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelenmiştir.

## 2 ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1 Kızartma

Kızartma pratik pişirme yöntemlerinden biri olup günümüzde de oldukça yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Kızartmanın tarihinin ne kadar eskiye dayandığı belirlenememekle birlikte, ilk olarak MÖ 600 yıllarındaki Eski Ahitlerde ekmeğin fırında pişirilmesi ve yağ içinde tavada pişirilmesinin birbirinden ayrılması ile kızartma işleminden söz edilmiştir. Milattan sonra ilk yüzyılda, Romalı yazarlar kızarmış yumurtayı tanımlamışlardır. Daha sonra ise Orta Çağdaki Cervantes ve Chaucer gibi yazarlar yağ içinde pişirme işleminden bahsetmişlerdir (Morton, 1998; Tian, 2013).

Kızartma, gıdanın 150-200°C'teki yenilebilir yağ içerisine daldırılması veya ısıtılan yüzeyle arasına ince bir yağ tabakası eklenmesi sonucunda gıdanın arzulan renk, doku ve lezzeti kazanarak kısa sürede pişmesini sağlayan bir işlemdir (Farkas et al., 1995). Kızartma, yağ, gıda ve ortam havası arasında eş zamanlı gerçekleşen bir ısı ve kütle transfer işlemidir. Kızartma, tercih edilen duysal özellikleri hızlı ve ekonomik şekilde sağlayan bir yöntem olması nedeniyle evlerde ve fast food restoranlarında en sık kullanılan pişirme yöntemlerinden biridir (Moreira et al., 1995; Varela, 1988). Ayrıca, derin yağda kızartma yöntemi ile hazırlanan ön pişirilmiş ve tüketime hazır gıdaların satışı, batı dünyasında dikkat çekici ölçüde artarken, gelişmekte olan ülkelere de hızla yayılmaktadır. Diğer bir deyişle kızartılmış gıda, hazır yemek endüstrisinin önemli bir zinciri haline gelmiştir. Uygun koşullarda kızartılmış gıdalar arzu edilen lezzete, altın sarısı kabuğa ve gevrek dokuya sahip olmaktadır (Rossell, 2001; Warner, 2008).

Kızartma işlemi, genel olarak derin ve sığ (temaslı) kızartma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sığ kızartma işleminde ısıtıcı yüzey ve ürün arasında ince bir yağ tabakası bulunmaktadır. Gıdanın tek bir yüzeyinin yağ ile temas etmesi nedeniyle homojen bir kızartma gerçekleşmemektedir. Derin kızartma işleminde ise gıda yüzeyi yağ tarafından tümüyle sarıldığı için her noktada ısı transferi eşit olup, kızartma tek düze olmaktadır (Yılmaz, 2009). Arzulanan renk, doku ve lezzet özellikleri açısından kızartma sonrasında elde edilen ürün kalitesinin daha yüksek

olması nedeniyle derin kızartma işlemi sığ kızartmaya göre daha çok tercih edilmektedir.

Sığ kızartma işlemi sadece kesikli sistemler ile gerçekleştirilirken, derin kızartma işlemi kesikli veya sürekli sistemlerde uygulanabilmektedir. Hazır yemek üretimi yapan firmalar, restoranlar ve fast food gıda üretimi yapılan yerlerde genellikle kesikli kızartma sistemleri tercih edilmektedir. Bu sistemlerde kızartma işlemi, sabit bir sistem içinde ısıtılmış yağa, sepet içerisine yerleştirilmiş olan gıdanın manuel ya da mekanik bir sistem ile daldırılması ve kızartma işlemi tamamlanıncaya kadar gıdanın yağ içerisinde tutulması ile gerçekleştirilmektedir. Yağın sıcaklığı ve miktarı elektronik olarak kontrol edilmektedir. Kesikli kızartma sistemleri, genellikle küçük işletmelerde ve özel ürünlerde kullanılmaktadır (Dunford, 2016; Tian, 2013).

Büyük miktarda kızartılmış gıda üretimi yapılan işletmelerde ise sürekli kızartma sistemleri kullanılmaktadır. Burada çiğ gıda, sürekli olarak kızartma cihazının bir ucundan konveyör ile beslenir ve kızartma işlemi tamamlandığında konveyör ile cihazın diğer ucundan çıkartılır. Bazı dizaynlar içerdikleri kürekler ile ürünün düzgün dağılması, akışın düzenlenmesi ve ürünün yağ batmasını sağlamaktadır (Dunford, 2016; Tina, 2013).

Derin kızartma yöntemi sıklıkla patates cipsi, dondurulmuş parmak patates (French fries), tortilla/mısır cipsi, donat, tavuk ve balık pişirilmesinde kullanılır. Genellikle balık, tavuk ve sebzelerin, yüksek sıcaklıktan korunması için kaplama uygulanarak kızartma gerçekleştirilir (Moreira et al., 1999).

Kızartma işlemi genellikle, atmosferik koşullarda ve 165-190°C sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Bu koşullarda gerçekleştirilen kızartmalarda sıklıkla karşılaşılan sorun, ürünün tamamıyla pişmeden aşırı kararması ya da yanmasıdır. Ayrıca, yüksek sıcaklığın ve oksijenin etkisi ile yağda kısa sürede bozulma reaksiyonları gerçekleşirken gıdanın da besleyici bileşenlerinde azalmaya ve sağlık üzerine olumsuz etkisi olan akrilamid gibi bileşiklerin oluşmasına sebep olmaktadır (Moreira et al., 1999; Choe and Min, 2007). Son yıllarda yapılan çalışmalarda kızartılmış ürünlerin (yüksek yağ içerikli) tüketimi ile obezite, kalp hastalıkları,

kanser ve tip 2 diyabet arasında ilişki olduğu belirtilmektedir (Cahill et al., 2014; Sayon-Orea et al., 2014; Stott-Miller et al., 2013).

Günümüzde, tüketiciler gıdaların lezzetli olmasının yanı sıra sağlıklı olmasına da özen göstermektedirler (Moreira, 2014). Özellikle gelişmiş ülkelerde obezitenin giderek artan bir sorun haline gelmesi nedeniyle kızarmış gıdaların istenilen organoleptik özelliklerini bozmadan yağ içeriğini azaltmak hedeflenmektedir (Ziaifar et al., 2008). Besin değerini koruyan, derin yağda kızarmış istenilen kalite özelliklerine sahip düşük yağlı ürünler üretmek için firmalar tarafından birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar ham veya formüle edilmiş ürünlere uygulanan ekstrüzyon, kurutma ve fırınlama gibi alternatif yöntemlerdir. Maalesef, bu yöntemlerden hiçbiri ile derin yağda kızarmış ürünlerde istenilen lezzet, doku, görünüş ve ağız tadı gibi kalite özellikleri beklenildiği kadar sağlanamamıştır (Dueik et al., 2010). Bu açıdan vakum kızartma meyve, sebze ve diğer ürünlerin düşük yağ içeriği ve istenilen doku ve lezzette üretilebilmesi için önemli bir seçenek olmuştur.

### **2.1.1 Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi**

Kızartma, eş zamanlı ısı ve kütle transferi sonucu gerçekleşen bir işlemdir. Yağdaki yüksek sıcaklığın gıdaya iletilmesi nedeniyle gıdadaki su buharlaşarak gıdadan ayrılır ve suyun uzaklaşmasıyla gıdada oluşan boşluklara yağ difüze olur (Tarmizi and Niranjana, 2013). Isı transferi yağ içinde taşınım ile ilerlerken, gıda yüzeyi ve yağ arasında ve gıdanın içinde ise iletimle gerçekleşmektedir. Yağ sıcaklığı ve ısınma hızı, kızartma işlemindeki ısının etkisini belirlemektedir. Derin kızartmada, gıda yağ tarafından sarılmakta ve böylece gıdanın tüm yüzeylerinden tekdüze ısı iletimi gerçekleşmektedir (Sahin and Sumnu, 2009).

Kütle transferi için önemli olan su aynı zamanda ısı transferinde de kritik rol oynamaktadır. Gıdanın içerdiği su buhara dönüşürken yağdan önemli düzeyde ısı almakta, bu yüzden gıdanın yüzeyinde yanma gerçekleşmemektedir. Gıdanın yüzeyindeki ısı gıdanın merkezine iletilmekte ve böylece bitkisel gıdaların içerdiği nişasta jelatinize olurken, protein içeriği yüksek gıdalarda ise protein denatüre olarak gıdanın pişmesi sağlanmaktadır (Blumenthal, 1991).

Sıcaklık profili ve nem analizlerine dayanılarak kızartma işleminin, nem transferi açısından dört ayrı bölümden oluştuğu gözlenmiştir. İlk aşamada ürünün yüzey sıcaklığı başlangıç sıcaklığından suyun kaynama noktası sıcaklığına ulaşır. Bu aşama daima çok kısa sürede gerçekleşir ve gıdadan ihmal edilebilir miktarda su uzaklaşır. İkinci aşama, yüzeydeki suyun hızla buharlaşması ile yüzeydeki nemin kaybedilmesi ve böylece kabuk oluşumunun başlamasıdır. Üçüncü aşamada üründen toplu nem kaybı gerçekleşir. Bu aşama en uzun süren aşamadır ve çekirdek bölgesinin sıcaklığı suyun kaynama noktasına yaklaşır. Buhar kabarcıklarının bitiş noktası ise son aşamadır, üründen görünür nem kaybının bitişi ile tanımlanır (Dueik and Bouchon, 2011; Farinu and Baik, 2005).

Gıdada uzaklaşan su buharı öncelikle geniş çaplı gözeneklerden uzaklaşırken oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulur. Gıdanın merkezinde sıcaklığın yükselmesi ile pişme işlemi yani nişasta jelatinizasyonu ve protein denatürasyonu gerçekleşir. Kısa bir süre sonra, gıdanın yüzeyinde oluşan kuruma sonucu, içe doğru ilerleyen bir kabuklaşma meydana gelir. Bundan sonraki aşamada ise, gıdanın yüzey sıcaklığı içinde bulunduğu yağın sıcaklığına kadar yükselir. Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi hareketli bir sınır tarafından ayrılan iki farklı bölgede (kabuk ve iç) ve suyun kaynama noktasının üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiği için oldukça kompleksdir. Kızartma sırasında çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve fiziksel değişimler gerçekleşir. Aynı zamanda da özel çıtır gevrek doku ve lezzet meydana gelmiş olur (Farkas et al., 1995; Krokida et al., 2001; Yılmaz, 2009; Dobarganes et al., 2000).

Kızartma işlemi evlerde ve endüstride benzer şekilde uygulanmaktadır, fakat sıcaklık kontrolü farklılık göstermektedir. Vitrac et al. (1999)'ın yaptıkları çalışmaya göre kızartma işleminde ısı esas olarak suyu buharlaştırmak için kullanılmaktadır. Ürünün dış yüzeyinden uzaklaşan buhar kabarcıkları ürün yağa daldırıldıktan hemen ya da birkaç saniye sonra gözlenmektedir. Üründeki serbest suyun buharlaşması suyun doymunluk sıcaklığında oluşur ve buharlaşma hızı yağ sıcaklığı ve suyun doymunluk sıcaklığı arasındaki fark ile orantılıdır. Deneysel olarak da görülmüştür ki, yağ sıcaklığının ürün yüzey sıcaklığından daha düşük olması durumunda kabarcıkların oluşumu gözlenmemektedir. Dış ya da iç basıncın



artması yani kaynama noktasının yağ sıcaklığından daha yüksek olması buharlaşmayı baskılamaktadır (Vitrac et al., 1999).

Ürünün yüzey sıcaklığının yağ sıcaklığından daha düşük olması, üründen nem kaybının gerçekleşmesini sağlamaktadır, fakat ürün, yağ ile ısısal dengeye ulaştığında hala nem içermektedir. Aslında yağın sıcaklığının artması yeni bir ısısal denge kurulana kadar kabarcık oluşumuna neden olur (Sahin and Sumnu, 2009).

### **2.1.2 Kızartma işlemi sırasında gıdada gerçekleşen değişimler**

Kızartma işlemi ile kızartılmış ürünün kalitesini belirleyen gıda ana bileşenlerinde fizikokimyasal değişimler ve mikroyapıda önemli değişiklikler gerçekleşir (Dueik and Bouchon, 2011; Farinu and Baik, 2005). Kızartma sırasında ısı etkisiyle gıdada meydana gelen değişimler, nişastanın jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, renk ve aroma gelişimi, nem içeriğinin azalması, sıcaklığın artması, kabuk oluşumu, ürünün büzüşmesi veya kabarması şeklinde sıralanabilir (Farkas et al., 1995).

Kızartma işlemi ile gıdanın yapısı kabuk (dış tabaka) ve iç kısım (çekirdek) olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Kızartılmış gıdalarda istenen özellikler, kabuğun kuru, gevrek ve yağlı, iç kısmın ise nemli ve pişmiş olmasıdır. Nem kaybının hızlı bir şekilde gerçekleştiği kabuk kısmı, çıtır bir yapı kazanırken yağ emilimi gerçekleşir. İç kısımda ise daha ılımlı değişiklikler gerçekleşmektedir. Nişasta granülleri 60-70°C civarında jelatinizasyona uğrayarak hücre içi suyunun etkisi ile şişerler ve hücre içini kaplarlar. 60-80°C aralığında, hücreleri ayıran hücre duvarı parçalanır ve hücreler dağılır. Böylece unlu bir doku oluşmaktadır ve proteinler denatüre olabilmektedir (Bouchon and Aguilera, 2001; Dueik and Bouchon, 2011).

Kabuk, sıcaklığın 100°C'ı aşması ile ürün dış katmanlarında hücresel ve hücre içi düzeyde meydana gelen çeşitli değişiklikler sonucunda oluşmaktadır. Bu kimyasal ve fiziksel değişimler, ürünün kesilmesi nedeniyle hücre içi maddelerin ortaya çıkması, nişastanın jelatinizasyonu ve sonraki dehidrasyon, protein denatürasyonu, hücresel adhezyonun bozulması, suyun evaporasyonu ve kabukta

yer alan hücrelerde hızlı dehidrasyon ve yağ emilimi olarak sayılabilir (Bouchon and Aguilera, 2001).

Hücre bütünlüğü ile ilgili, ilk olarak Reeve and Neel (1960) tarafından yapılan kızartılmış patatesin histolojik çalışmasından beri yapılan çalışmalarda, iç kısımda bulunan hücrelerin çoğunluğunun bireyselliklerini koruduğu gösterilmiştir. Gıdanın dış katmanındaki hücreler ise büzüşmekte ve hücre duvarları susuz jel haline gelmiş nişasta etrafında buruşuk ve kıvrık hal almaktadırlar (Van Marle et al., 1992). Hızlı dehidrasyon nişastanın şişmesini azaltır ve böylece hücre duvarlarında kırılma gerçekleşmez. Bouchon and Aguilera (2001), sıcaklık aşamalı bir video mikroskobu kullanarak, gerçek zamanlı olarak yağ içinde ısıtma sırasında patates hücreleri ve nişasta granüllerinin geometrik değişikliklerini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada 70-80°C'ta hücrelerin alanında ve şeklinde (dairesellik) farklılıklar oluşmaya başlamıştır. Benzer durum Costa et al. (2000) tarafından patates ve McDonough et al. (1993) tarafından tortilla cipsi kızartması sırasında gözlenmiştir.

Bu yapısal değişiklikler kompozit yapının gelişmesine sebep olarak, gevrek, gözenekli ve yağlı bir kabuğu ve nemli pişmiş bir iç kısmı oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, Aguilera and Gloria (1997) yaptıkları çalışmada ticari olarak pişmiş dondurulmuş parmak patatesten üç ayrı mikroyapının bulunduğunu belirtmişlerdir. Bunlar, 1) kesilme ile zarar görmüş hücre ya da hücre duvarı kalıntılarından oluşan ince dış tabaka (yaklaşık 250 µm); 2) evaporasyona maruz kalan büzölmüş sağlam hücrelerden oluşan orta tabaka; ve 3) jelatinize nişasta içeren hidrat sağlam hücrelerden oluşan iç kısımdır. Kabuk, yalnızca en üst tabakada (yaklaşık 1 mm) bulunurken, patates cipsinde tüm ürünü oluşturmaktadır. Patates cipsi kalınlığı 2 mm'den daha az olan patates dilimlerinden oluşması nedeniyle kızartma işlemi sırasında kuruyarak son nem içeriği 0.02 kg/kg kuru madde ve daha düşük değerlere ulaşmaktadır (Baumann and Escher, 1995). Kızarmış ürünlerin tekstürel özellikleri mikroyapıdaki değişimlere bağlı olarak oluşmaktadır. Cipsler sert ve kırıldığında gevrek bir ses yaymalıdır (Krokida et al., 2001). Sertlik, genellikle hem nişasta şişmesi ve jelatinleşmesi ile hem de hücre duvarı ve orta lamellerin içerdiği pektik maddelerin stabilitesi ile ilgilidir. Bu değişimler aynı zamanda kızarmış ürünlerin

içerdiği yağ miktarını ve yağın bulunduğu yeri de etkilemektedir (Dueik and Bouchon, 2011).

### 2.1.3 Yağ emilimi

Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen yağ emilimi kompleks bir olaydır ve henüz tam olarak açıklanamamıştır. Kızarmış ürünün yağ emiliminin kızartma süresince ve soğuma aşamasında gerçekleştiği düşünülmektedir. Kızartma ile gerçekleşen yağ emilimi genellikle üç mekanizma ile açıklanır. Bunlar, su ile yer değiştirme, kapiler basınç ile emilim ve buharın yoğunlaşması ile emilimdir (Mir-Bel et al., 2009).

Su ile yer değiştirme mekanizması ile yağ emilimi, gıda maddesi yüzeyindeki suyun buharlaşması ile yüzeyde kabuk ve iç kısımda büyük boşluklar oluşup yağın gıdadaki bu boşluklara girmesi ile gerçekleşir (Ziaiiifar et al., 2008). Su buhara dönüşüp gıdadan uzaklaşırken, arkasında sünger gibi bir yapı oluşur. Yağ kızartmanın ilk 20 saniyesi sırasında emilir ve çoğu bu tünellerden içeri çekilir (McDonough et al., 1993; Moreira et al., 1997). Kapiler basınç ile emilimde kabuğa emilen ve yüzeyde bulunan yağın gıdanın kızartma yağından çıkarılması ile çevre ve gıda arasındaki sıcaklık farkı etkisi ile yüzeyde kapiler kuvvet oluşarak emilmesidir (Moriera et al., 1999). Buharın yoğunlaşması ile emilim ise, kızartma sonrası gıda soğurken, gıda içindeki buharın yoğunlaşması, iç basıncın azalması ve vakum etkisi yaratarak yağın içeri emilmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Ziaiiifar et al., 2008). Buhar hücresel yapıdaki kapillerlerden ve kanallardan uzaklaşmaktadır. Gıda yüzeyine yapışmış olan ve ya bazı boşluklara penetre olmuş yağ, buhar oluştuğu sürece boşlukları dolduramaz. Yağın hareketi, buhar basıncı ve doğal kapilerliğe bağlı olarak geri çekilme şeklindedir. Soğumaya bağlı olarak, içteki buhar basıncı yoğunlaşma ile azalır ve vakum etkisi yaratır. Bunun sonucunda yağ ürünün içine çekilir (Ufheil and Escher, 1996). Yağ penetrasyon derinliği yaklaşık 1 mm ile sınırlıdır (Lamberg et al., 1990; Saguy et al., 1997).

Yağ emilimi dinamik ve kompleks bir mekanizmadır ve yukarıda açıklanan mekanizmalar yalnızca kısmi bir açıklama getirebilmektedir. Bu mekanizmanın açıklanması için ileri düzeyde çalışmalara ihtiyaç vardır (Saguy and Dana, 2003).

Moreira et al. (1997) göre ise yağ emilimi, ürün kızartıcıdan çıkarıldığında (soğuma aşaması) ürün ve ortam sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı nedeni ile gerçekleşen bir yüzey olayıdır. Sıcaklık değişimi nedeniyle ürün gözeneklerindeki kapiler basınç artmaktadır ve böylece yağ açık gözenek boşluklarından içeri girmektedir. Böylece, soğumanın ilk saniyelerinde ürünün iç kısımlarındaki yağ içeriği hızla artmakta ve daha sonra yavaş yavaş artarak son değere ulaşmaktadır. Tortilla cipsi üzerine yapılan bir çalışmada toplam yağ içeriğinin %20'sinin kızartma esnasında, %64'ünün ise soğuma aşamasında emildiği tespit edilmiştir (Moreira et al., 1997).

Kızartma işleminde ürünün yağ emilimini etkileyen birçok etken vardır. Bunlar; gıdanın fiziksel ve kimyasal özellikleri, yağın yapısı, işlem koşulları, ön işlem ve kızartma sonrası uygulanan işlemler ve kabuk oluşumudur (Ziaifar et al., 2008). Gıdanın fiziksel özelliklerinden şekli, boyutu (kalınlığı), gözenekliliği, yoğunluğu ve yüzey alanının pürüzlülüğü yağ emilimini etkilerken, kimyasal özelliklerinden nem içeriği ve nişastanın jelatinizasyonu emilim üzerine etkilidir. Yapılan çalışmalar ürünün kalınlığının azalması ve yüzey alanının artması ile yağ emiliminin arttığını göstermiştir (Gamble and Rice, 1987). Buna en iyi örnek parmak patates ürününün patates cipsine oranla daha küçük yüzey alanı/hacim oranına sahip olmaları nedeniyle daha az yağ emmesidir (Paul and Mittal, 1997). Yüzeyin pürüzlü olması da yüzey alanını artıracığı için yağ emilimini artırır. Ürünün başlangıç nem içeriği, yağ emilimi ve nem kaybı arasında önemli bir ilişki olduğundan, son ürünün yağ içeriğini etkilemekte ve başlangıçta yüksek nem içeriğine sahip olan ürünlerin yağ içeriği daha yüksek olmaktadır (Yamsaengsung and Moreira, 2002). Ön işlemlerden haşlama, buhara maruz bırakma, hava ile kurutma, osmotik difüzyon ve kaplama işlemi yağ emiliminde etkili olurken, kızartma sonrası uygulanan işlemlerden soğutma, sarsma, vakum uygulanması, kurutma, kızgın buhar uygulanması ve mikrodalga uygulanması yağ emilimi üzerine etkili olmaktadır (Ziaifar et al., 2008).

Yağ emilimini etkileyen parametrelerin başında kızartma işleminin koşulları yani sıcaklık ve süre gelmektedir. Kızartma yağının penetrasyon sınırı ve gıdanın iç basıncının dış basınçtan daha büyük olması arasındaki ilişki su kaybını

ve yağ emilimini belirler. Genellikle yüksek sıcaklıklarda ve düşük sürede daha az yağ emilimi gerçekleşmektedir (Dobarganes et al., 2000).

Kızartma sıcaklığı ürünün tipine, boyutuna ve içeriğine bağlı olarak genellikle 120-190°C arasında değişmektedir. Yüksek yağ sıcaklığı (160-190°C) kütle transferinin hızlı gerçekleşmesine ve hızlı esmerleşmeye neden olurken kızartma süresini kısaltmaktadır. Gamble and Rice (1987) ve Moreira et al. (1997) yaptıkları çalışmalarda yağ sıcaklığının 140-190°C aralığında değişiminin yağ emilimine etkisinin olmadığını bulgulamışlardır. 120°C gibi düşük sıcaklıklarda ise kızartma süresi ve yağ emilimi artmaktadır (Moyano and Pedreschi, 2006; Rojas et al., 2006). Ayrıca kızartmanın düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesi ile kabuk sertliği azalır ve yağın ürüne nüfuz etmesi kolaylaşır (Blumenthal and Stier, 1991).

Kızartma işleminin en çok uygulandığı gıdalardan biri olan patates üzerine yapılan birçok çalışma göstermiştir ki, kızartma ile emilen yağın büyük çoğunluğu gıdanın yüzeyinde bulunmaktadır (Aguilera and Gloria, 1997; Pedreschi et al., 1999; Bouchon et al., 2001; Pedreschi and Aguilera, 2002; Bouchon et al., 2003). Kızartma ve soğuma aşamasından sonra, ürünlerdeki yağ en çok 50-100 µm boyutundaki damlalar halinde kabukta bulunmaktadır (Aguilera and Gloria, 1997). Aguilera and Gloria (1997) parmak patatesin kabuk kısmının iç kısmına oranla yaklaşık 6 kat daha fazla yağ içerdiğini belirlemişlerdir. İnfrared mikrospektroskopi kullanılarak patatesde yağın penetrasyon derinliğinin yaklaşık olarak 300-500 µm olduğu ve böylece evaporasyon yüzeyine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir (Bouchon et al., 2001). Pedreschi et al. (1999), eşodaklı lazerli tarama mikroskobu ile yağların daha az direnç gösteren yolları takip ederek kabuktaki hücreler arası boşlukları doldurarak “yumurta kutusu” yapısına benzer bir yapı kazandığını gözlemlemişlerdir.

Kızartma işleminde gerçekleşen yapı değişikliğini, yağ ve nem dağılımını daha ayrıntılı incelemek için yaygın olarak manyetik rezonans görüntüleme (MRG), mikro-bilgisayarlı tomografi (BT) ve mikroskopi kullanılmaktadır. Makroskopik boyutta ise yağ absorpsiyonu, yağ içinde çözünen boyaların kullanımı ile gözlemlenmektedir. Bu amaçla yaygın olarak sudan boyası kullanılmaktadır (Keller et al., 1986; Ufheil and Esher, 1996). Sahin and Sumnu (2009),

dondurulmuş parmak patatesi 30 s süreyle kızarttıklarında, yağın ürünün içi kısımlarında neredeyse hiç bulunmadığını gözlemlenmiştir. 6 dakika kızartma ile ise kabuk bölgesinin tamamen sudan boyası ile boyandığı fakat ürünün içi kısımlarının yine boyanmadığı görülmüştür.

Kızartılmış gıdada, emilim mekanizmasına bağlı olarak üç yağ fraksiyonu vardır. Bunlar;

- Yapısal yağ, kızartma işlemi sırasında absorbe edilen yağ,
- Yüzeye nüfuz eden yağ, gıdanın kızartıcıdan çıkarılması ile soğuma aşamasında emilen yağ,
- Yüzey yağı, yüzeyde tutulan yağdır (Pedreschi and Zuniga, 2009).

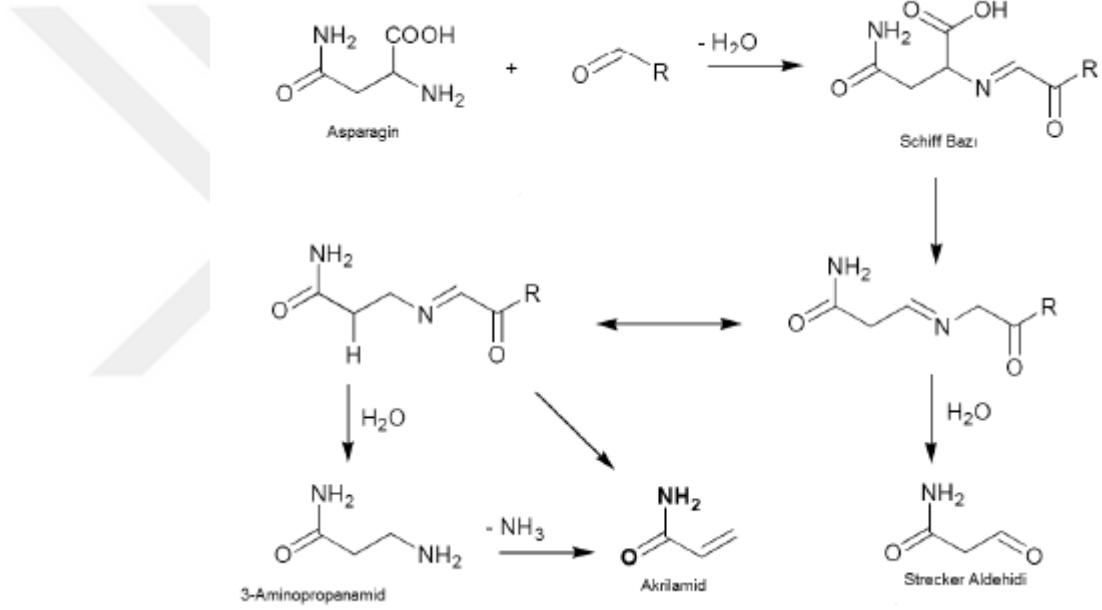
Kızartma işlemi sonunda, patates cipsinin yüzey yağı toplam yağın %3'lük bir kısmını oluşturmakta ve sıcaklığın değişimi ile farklılık göstermemektedir. Yüzeye nüfuz eden yağ ise toplam yağın %69-91'lik bir oranla önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Kızartma sıcaklığının artmasına bağlı olarak yüzeye nüfuz eden yağın oranı da artmaktadır (Pedreshi et al., 2008).

#### 2.1.4 Akrilamid oluşumu ve önemi

Gıdalarda akrilamidin varlığı ilk kez 2002 yılında İsveç Ulusal Gıda İdaresi (SNFA) ve Stockholm Üniversitesi tarafından yapılan bir açıklama doğrultusunda karbonhidratça zengin gıdalarda çeşitli kızartma ve fırınlama işlemleri ile, gıdalarda kanser oluşturma potansiyeline sahip olan akrilamidin yüksek miktarlarda oluştuğunun ortaya konulması ile dikkat çekmiştir (Boettcher et al., 2005; Zhang et al., 2005).

Akrilamidin oluşumu yüksek sıcaklıkta ve düşük nem içeriğinde gerçekleşmektedir. Akrilamid, 120°C civarında kahverengileşme oluşumu sırasında (Maillard reaksiyonu) spesifik aminoasidin indirgenmiş şeker ile reaksiyona girmesi ile oluşmaktadır. Farklı gıdalar üzerinde gerçekleştirilen analizlerde, en yüksek akrilamid içeriği patates kızartması, patates cipsi ve bazı bisküvi, kraker ve kahvaltılık tahıllarda tespit edilmiştir (Arusoğlu, 2015; Gökmen and Şenyuva, 2006).

Akrilamidin oluşum mekanizmalarının tamamı henüz bilinmemektedir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda asparajin amino asidiyle karbohidratlar arasında oluşan maillard reaksiyonunun akrilamid oluşumunda büyük öneme sahip olduğu gözlenmiştir (Lingnert et al., 2002). Serbest şekerler, serbest aminoasitler ile, Maillard Reaksiyonunun başlangıcını ifade eden “Schiff Bazı” oluşturarak reaksiyona girmektedirler. Akrilamid oluşum mekanizmasında Strecker tip reaksiyonda dekarboksilasyonun ardından asparajinin karbonil ile reaksiyonundan kararsız bir ara ürün olan Schiff bazı oluşmaktadır (Şekil 2.1). Dekarboksile Schiff bazının hidrolizi ile 3-aminopropanamid ve sonrasında amonyağın ayrılması ile akrilamid oluşmaktadır (Yaylayan and Stadler, 2005).



Şekil 2. 1 Asparajinden akrilamid oluşumu (Yaylayan and Stadler, 2005)

Kızartma işlemi sırasında, lipidlerin transformasyonu, karbohidratlar ve aminoasitlerin ayrışması yoluyla ortaya çıkan akrolein ya da akrilik asit reaksiyonu ile de akrilamid oluşumu gerçekleşmektedir. Akrilamid oluşumu için önemli bir prekürsör madde olan akrolein (2-propenol, CH<sub>2</sub>=CH-CHO) üç karbonlu bir aldehit olup, akrilamidin yapısına benzemektedir. Akrolein, kızarmış yağlardaki trigliseridlerin ısı ile dekompozisyonu sonucu oluşmaktadır (Tyl and Crump, 2003).

Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu'nun (TÜBİTAK) çalışmasında, kavrulmuş çerezler, ekmek ve fırıncılık mamulleri, cipsler, kahve, bisküvi, kraker, çikolata, bebek mamaları, patates kızartması, tatlılar, pekmez,

ızgara, kebab, döner gibi gıdaların akrilamid seviyeleri saptanmıştır. Pirinç pilavı, helva, ızgara, döner gibi gıdalarda (4 µg/kg) düşük seviyede, patates kızartmasında ise yüksek seviyede (3600 µg/kg) saptandığı bildirilmiştir (Karagöz, 2009).

Akrilamidin sağlık üzerine toksik ve karsinojenik etkileri vardır. Akrilamidin hemoglobinle reaksiyona girerek anemiye sebep olduğu gözlenmiştir. Deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalara göre; akrilamid, farklı organlarda (tiroid, adrenal bez, tunika vaginalis) tümörlere yol açabilmektedir. Ayrıca beyin-spinal kord tümörleri, akciğer, deri ve pankreas kanserlerine de neden olabileceği bildirilmektedir (Ruden, 2004). Ayrıca akrilamidin, kontamine sulara ve gıdalara maruz kalan insanlarda uzun süreli maruz kalma sonucunda, hafif vakalarda bulantı, kusma, baş dönmesi, terleme, uyuşukluk, kol ve bacaklarda halsizlik ve karıncalanma gibi belirtilere neden olduğu, daha şiddetli vakalarda ise konuşma güçlüğü, halüsinasyonlar, kol-bacak eklemlerinde anormal şişliklere, göz mukozasında tahriş, kas zayıflığı ve üriner sistem bozukluklarına yol açabileceği belirtilmiştir (Tornqvist et al, 2002).

Akrilamid oluşumu indirgen şeker miktarının azaltılması ile sınırlandırılabilir. Taze patates gibi sebzelerde indirgen şeker miktarı azken depolama koşullarına bağlı olarak artışlar olduğu görülmüştür (Amrein et al., 2003). Kızartma esnasında akrilamid oluşumu üzerine etkili faktörler ise kızartma süresi ve sıcaklığı, kızartıcı tipi, gıda-yağ oranı ve gıdanın taze ya da dondurulmuş olmasıdır (Grop, 2007). Pedreschi and Zuniga (2009) yaptıkları çalışmada, kızartma süresi ve sıcaklığının akrilamid oluşumunda oldukça etkili olduğunu, 160°C altında akrilamid oluşumunun önemli düzeyde azaldığını fakat renk, tekstür ve yağ içeriği gibi kalite özelliklerinin de azaldığını gözlemlemişlerdir.

### **2.1.5 Kızartma işlemi sırasında kızartma yağında gerçekleşen değişimler**

Kızartma işlemi ile yağda hidroliz, oksidasyon ve polimerizasyon reaksiyonları gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonlar sonucunda uçucu olan ve olmayan bileşenler oluşur. Uçucu olan bileşiklerin bir kısmı buharlaşarak uzaklaşırken, bir kısmı gıda tarafından emilir ya da diğer reaksiyonlara girerler. Yağdaki uçucu olmayan bileşenler ise yağın ve kızaran gıdanın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirir. Uçucu olmayan bileşenler kızarmış gıdanın lezzet



stabilitesini, kalitesini ve tekstürünü değiştirir. Derin yağda kızartma yağda doymamış yağ asitlerini azaltırken, yağın yoğunluk, dumanlanma, viskozite, renk, spesifik ısı, yağ asidi içeriği, polar madde ve polimerik bileşiklerinin artmasına sebep olur (Choe ve Min, 2007).

Kızartma işlemi sırasında yağda gerçekleşen bozunma reaksiyonları yağın ısı, su ve oksijene maruz kalması nedeniyle oluşmaktadır. Gıdadan ayrılan su triaçilgliserol yapısındaki yağın hidrolize uğramasına neden olup, ester bağları açılarak serbest yağ asitleri, monogliserid, digliserid ve gliserol oluşturmaktadır. Oluşan bu bileşikler ısıl bozunmaya ve oksidasyona daha hassastırlar. Oksidasyon ısı, ışık, iz metal ve oksijenin etkisi ile gerçekleşmekte ve hidroperoksit ve uçucu bileşikler olan aldehit, keton gibi bileşikler oluşmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklığın (120-200°C) etkisi ile gerçekleşen polimerizasyon reaksiyonu ile dimerler, trimerler ve polimerler ortaya çıkmaktadır. Bu bozunma reaksiyonları sonucunda yağın renginde koyulaşma, viskozite, polar madde içeriği, serbest yağ asidi içeriği ve köpürmede artış gerçekleşirken, esansiyel yağ asitleri, lezzet kalitesi ve dumanlanma noktasında azalma gerçekleşmektedir (Choe and Min, 2007; Ziaifar et al., 2008; Dueik and Bouchon, 2011).

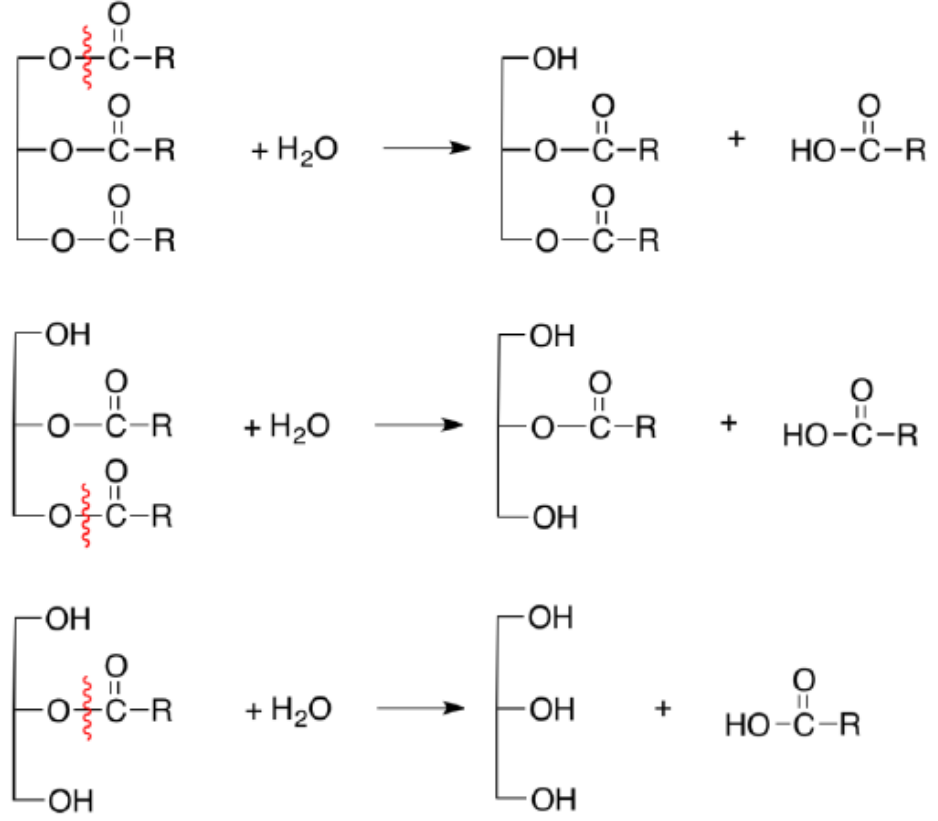
Kızartma yağında gerçekleşen bozunma reaksiyonları yağın kullanım süresini kısaltmanın yanı sıra aşırı kullanım sonucunda gastrointestinal bozukluklara yol açmakta ve hatta mutajenik özellik göstererek insan sağlığını tehdit edebilmektedir (Dana and Saguy, 2001). Yağın kalitesini etkileyen en önemli faktörün lipid oksidasyonu olduğu ve kızartma sırasında oksidatif bozunmayı etkileyen temel etkenin ise oksijen olduğu bilinmektedir. Bu nedenle kızartma ortamındaki oksijeni azaltmak oksidasyonu önlemek için en iyi yollardan biridir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, vakum altında kızartma düşük oksijen varlığında ve düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmesi nedeniyle dikkat çekmektedir (Aladedunye and Przybylski, 2009).

### **Hidroliz**

Gıdalar sıcak yağda kızartılırken içerdikleri nem buharlaşır ve yağda kabarcık oluşumuna sebep olur. Böylece, su, buhar ve oksijen, kızartma yağında ve gıdada çeşitli kimyasal reaksiyonlar başlatır. Su, zayıf nükleofil, triaçilgliserolün

içerdiği ester bağına parçalayarak di- ve monoaçilgliserol, gliserol ve serbest yağ asitlerini oluşturur (Dobarganes et al., 2000). Hidroliz reaksiyonu, kızartma uygulanan gıdaların çoğunun yüksek nem içermesi ve serbest yağ asitlerinin oluşması (örneğin; dumanlanma noktasının azalması, uçucu bileşiklerin oluşması) nedeniyle dikkat çekmektedir (Sahin and Sumnu, 2009).

Genellikle, triaçilgliserol hidrolizi ısı ya da bazı katalizörler tarafından desteklenen ve üç basamakta gerçekleşen tersinir bir reaksiyondur. Tersinir olmasının yanı sıra bu reaksiyonun karakteristik özelliklerinden bir diğeri ise ilk basamağın yavaş, ikinci basamağın hızlı, üçüncü basamağın ise yavaş olmasıdır. Burada anahtar kısım zayıf nükleofilik su ile güçlü elektrofilik protanlanmış ester reaksiyonudur (Gillatt, 2001). Ester bağındaki bu parçalanma çift bağına sayısından ve pozisyonundan, karbon zincirinin uzunluğundan, alifatik zincirde bulunan sterik engellerden, nem içeriğinden, sıcaklıktan yada diğeri bilinmeyen faktörlerden etkilenmektedir (Zhang et al., 2012). Hidroliz, kısa ve doymamış yağ asitlerini suda daha fazla çözünebilmesi nedeni ile kısa ve doymamış yağ asitleri içeren yağ, uzun ve doymuş yağ asitleri içeren yağa göre daha fazla tercih etmektedir. Gıdalardaki su, hidrolizi kısa zincirli yağlarda kolayca gerçekleştirmektedir (Nawar, 1969). Şekil 2.2’de hidroliz reaksiyonu ile serbest yağ asidi ve diaçilgliserol oluşumu verilmektedir.



Şekil 2. 2 Hidroliz reaksiyonu ile serbest yağ asidi ve diaçilgliserol oluşumu

Su ve ısı aynı anda uygulandığında ester bağının parçalanması kolayca gerçekleşir. Fazla miktarda suyun bulunması hidrolizi hızlandırırken (Dana et al., 2003), suyun buhara oranla hidroliz hızını daha fazla artırdığı belirlenmiştir (Pokorny, 1989). Patates cipsinin rafine pamuk yağı ile kızartılmasında sıcaklığın 155°C'tan 195°C'a ulaşması ile başlangıçta monoaçilgliseril ve diaçilgliseril içeriği artarken belirli bir süre sonra sabit kaldığı tespit edilmiştir (Houhoula et al., 2003). Bunun sebebi olarak suyun başlangıçta buharlaşmış olabileceği ve sıcaklığın artması ile nem içeriğinin azalarak hidrolizin yavaşlaması düşünülebilir. Ayrıca, kızartma yağına yeni yağ ilavesi diaçilgliseril ve monoaçilgliseril oluşumunu minimize ederek hidrolitik değişimi yavaşlatabilmektedir (Romero et al., 1998). Kızartma yağının serbest yağ asidi içeriği kızartma sayısı artıkça artış gösterir (Chung et al., 2004). Serbest yağ asidi değeri kızartma yağı kalitesini izlemek için kullanılmaktadır (Zhang et al., 2012).

Yukarıda sözü edilen bozunma bileşiklerinin ve bunların olası oluşum yollarına göre çeşitli etki faktörleri vardır. Yağın gıda maddesi ile ısıtılması (Ramírez et al., 2004) veya sadece yağın ısıtılması (Fullana et al., 2004) bozunma

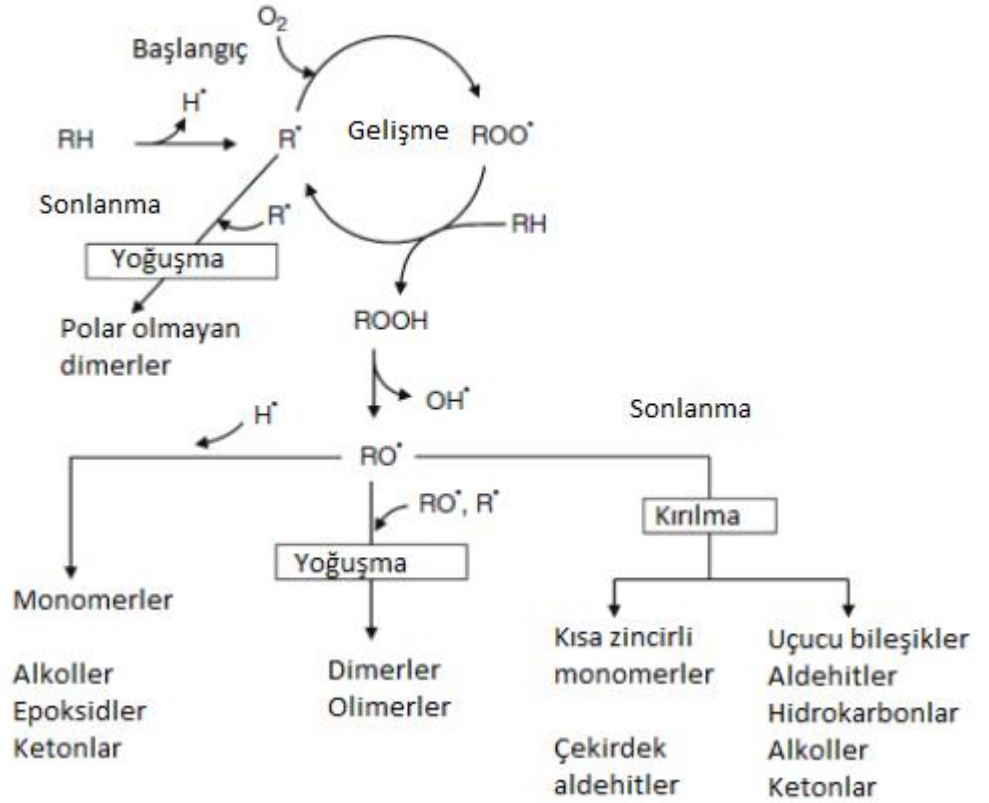
ürünlerinin kompozisyonunu değiştirmektedir. Ayrıca, farklı yağ çeşitleri ve onların kompozisyonları (Özyurt et al., 2011), kızartma sıcaklığı ve süresi, aerobik yada anaerobik kızartma bozunma bileşiklerinin üretimi ile sonuçlanan kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde önemli derecede etkilidir.

Serbest yağ asitleri ve onların oksidasyon ürünleri yağın tadının kötüleşmesine sebep olurlar. Di ve monoaçilgliserol, gliserol ve serbest yağ asitleri yağdaki hidroliz reaksiyonunu hızlandırmaktadır (Frega et al., 1999). Gliserol 150°C'ta buharlaşır ve yağ içinde kalan gliserol ise hidroliz ile serbest yağ asitlerinin üretimini destekler (Naz et al., 2005). Steveson et al. (1984) göre, kızartma yağının maksimum serbest yağ içeriği %0.05-%0.08 arasında olmalıdır.

### **Oksidasyon**

Yağların oksidasyonu aktif oksijen türleriyle yağlardaki doymamış yağ açıl grupları arasındaki kimyasal interaksiyonların kompleks zinciri ile gerçekleşir (Min and Boff, 2002). Yağlarda meydana gelen oksidatif tepkimeler; otooksidasyon, ısıl oksidasyon, fotooksidasyon ve enzimatik oksidasyon olmak üzere dört şekilde meydana gelmektedir (Su, 2003).

Kızartma sırasında yağda gerçekleşen oksidasyon reaksiyonu termal oksidasyon mekanizması ile ilerler. Otooksidasyon ile aynı mekanizma ile ilerleyen ısıl oksidasyon daha hızlı gerçekleşir. Fakat ısıl oksidasyon ve otooksidasyonun oksidasyon hızlarının karşılaştırılmasına ait detaylı bilgi henüz bulunmamaktadır (Choe and Min, 2007). Otooksidasyon, ortamdaki ışık, ısı ve çok değerlikli metaller tarafından katalizlenmekte ve moleküler oksijenin doymamış yağ asitlerine katılımı sonucu, hidroperoksitlerin oluşumunu içermektedir. Serbest radikal zincir reaksiyonu olan ısıl oksidasyon ve otooksidasyon, üç aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar başlangıç, gelişme ve sonlanma basamakları şeklinde olup Şekil 2.3'de şematik mekanizma verilmiştir (Frankel, 1998; Kamal-Eldin and Pokorny, 2005).



Şekil 2. 3 Yağda gerçekleşen ısıl oksidasyon reaksiyonunun mekanizması (Sahin and Sumnu, 2009)

Başlangıç aşamasında serbest radikaller, yağda çözülmüş olan moleküler oksijen ile reaksiyona girerek peroksi radikallerinin oluşumuna neden olurlar ( $ROO^\bullet$ ). Fakat peroksi radikalleri stabil bileşikler olmadıkları için parçalanırlar ve daha fazla serbest radikal meydana gelerek reaksiyon zinciri başlamış olur (Labuza, 1971). Gelişme aşamasında peroksi radikali doymamış yağ asitlerinden bir hidrojen kopararak bir hidroperoksit ile bir serbest radikal oluşturmaktadır. Bu basamakta gerçekleşen net reaksiyon oksijen ile doymamış yağ asitlerinin tepkimeye girmesini ve oksidasyonun birincil ürünleri olan hidroperoksitlerin oluşmasını kapsamaktadır. Eğer ortamdaki serbest radikaller birbirleri ile tepkimeye girerek reaktif olmayan ürünler meydana getirirlerse, bitiş aşaması başlamış demektir. Ayrıca, oluşan oksidasyon ürünleri reaksiyonu katalize etmektedir. Sonlanma aşamasında ise oluşan peroksit ve hidroperoksitler parçalanarak aldehytlar, ketonlar, organik asitler ve alkoller meydana gelmektedir (Arslan, 2016).

Yağ oksidasyonunu etkileyen faktörler; yağ asidi bileşimi, oksijen, ısı, ışık, nem, enzim, metaller ve antioksidanlardır. Çift bağların sayısı, durumu ve geometrisi oksidasyonu önemli düzeyde etkilemektedir (Nawar, 1969). Çift bağ

sayısı artıkça oksidasyon hızı artmaktadır; stearik asit için oksidasyon hızı oranı 1 kabul edilirse, oleik asit için 100, linoleik asit için 1200 ve linolenik asit için 2500'dür. Genel olarak, yağlar doymamışlığının artması ile daha kolay okside olmaktadırlar. Yağ asitlerindeki çift bağın artması ile oksidasyon reaksiyonunun oluşum hızı ve işlem sonundaki bozulma ürünlerinin miktarı artmaktadır. Daha stabil yağların elde edilmesi için yapılan çalışmalarda yağ asidi kompozisyonu değiştirilerek genellikle linoleik ve linolenik asit içeriği azaltılırken, oleik asit içeriği artırılır (Aladedunye and Przybylski, 2009). Marketlerde satılan oleik asitçe zengin ayçiçek yağı (%75-90 oleik asit), geleneksel ayçiçek yağına (%65 linoleik asit) oranla önemli düzeyde yüksek kızartma stabilitesine sahiptir (Marmesat et al., 2012; Romero et al., 2007).

Oksijenin varlığı, yağların oksidatif bozunmasında ana etkenlerdendir (Gupta, 2004; Fujisaki et al., 2002). Bu nedenle, kızartma sırasında oksijeni azaltmak yağı oksidasyondan korunma yolu olarak görülmektedir. Azot ya da karbon dioksit uygulamak ya da özellikle son yıllarda uygulanmaya başlayan vakum altında kızartma oksidasyonu azaltmak için uygulanan işlemlerdir (Ohfuji and Kaneda, 1973; Shyu et al., 1998). Karbon dioksitin azota oranla daha iyi koruma sağladığı tespit edilmiştir (Przybylski and Eskin, 1988).

### **Polimerizasyon**

Polimerizasyon özellikle yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen bir reaksiyondur. Dimerizasyon ve polimerizasyon üç farklı yol ile gerçekleşmektedir; radikal rekombinasyonu, çift bağa radikal eklenmesi ve Diels-Alder reaksiyonlarıdır. Bunların ilk ikisi radikal reaksiyonu ile meydana gelmektedir.

- 1) Radikal rekombinasyonu; Oksijen sınırlı olduğunda, allilik radikaller birbiri ile rekombine olarak dimer karışımını oluştururlar. Yeterli oksijen mevcut olduğunda ise allilik radikaller, alkoksil ve peroksil radikalleri sırası ile eter ve peroksid bağı oluşturarak rekombine olurlar.
- 2) Çift bağa radikal eklenmesi; Çift bağa radikal eklenmesi dimer radikallerinin oluşmasına neden olur. Daha sonra hidrojen ayrılması ya da diğer çift bağı parçalayarak asiklik ya da siklik bileşikler oluştururlar.
- 3) Diels-Alder reaksiyonları; Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile konjuge dien yapısı kazanılan reaksiyondur.

Uçucu bileşikler, kızartma yağı ve kızarmış gıdanın lezzet kalitesi için oldukça önemlidir, fakat kızartma yağının toplam bozunma ürünleri içinde uçucu bileşiklerin konsantrasyonu milyonda bir seviyesindedir (Nawar, 1969). Kızartma yağının ana bozunma ürünleri uçucu olmayan polar bileşikler ve triaçilgliserol, dimer ve polimerlerdir. Halkalı bileşiklerin miktarı uçucu olmayan polar bileşikler, dimerler ve polimerler ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür (Sanchez-Muniz et al., 1993; Takeoka et al., 1997; Dobarganes et al., 2000). Dimerler ve polimerler molekül ağırlıkları 692-1600 Daltons aralığında olan büyük moleküllerdir ve formülü -C-C-, -C-O-C- ve -C-O-O-C- bağlarının kombinasyonu ile oluşmaktadır (Stevenson et al., 1984; Kim et al., 1999). 195°C'deki kızartma işlemi ile soya yağında oluşan dimerler dehidroksidimer, ketohidroksidimer, monohidroksidimer, linoleat dehidroksidimer ve oleat dehidroksidimerdir. Dimerler ve polimerler hidroperoksi, epoksi, hidroksil ve karbonil gruplarını ve -C-O-C- ve -C-O-O- bağlarını içerir (Christopoulou and Perkins 1989).

Dimerler ya da polimerler, yağın içerdiği yağ asidi çeşidi ve reaksiyona bağlı olarak ya siklik ya da asiklik olurlar (Sanchez-Muniz et al., 1993; Takeoka et al., 1997; Tompkins and Perkins, 2000). Derin yağda kızartma işleminde gerçekleşen dimerizasyon ve polimerizasyon reaksiyonları radikal reaksiyonlarıdır. Allil radikaller, metilen karbon  $\alpha$  çift bağı ile oluşmaktadır. Dimerler, C-C bağı ile alkil radikallerinden reaksiyonları sonucu oluşmaktadır. Triaçilgliseroller oksijen ile reaksiyona girerek alkil hidroperoksid (ROOH) ya da dialkil peroksit (ROOR) üretirler. Bunlar sırası ile RO-OH ve ROO-R bölünmesi ile alkoksi ve peroksi radikallerine kolayca bozulurlar. Alkoksi radikali, hidrojeni yağ molekülünden ayırarak hidroksi bileşikler üretebilir ya da diğer alkil radikalleri oksidimerleri üretmek için birleşebilmektedir. Peroksi radikalleri, alkil radikalleri ile birleşip peroksi dimerleri oluşturabilirler. Dimer ve polimerlerin oluşumu yağ tipine, kızartma sıcaklığına ve sayısına bağlıdır. Kızartma sayısı ve sıcaklığı arttıkça polimerlerin miktarı artmaktadır (Cuesta et al., 1993). Kızartma sırasında linoleik asitçe zengin yağlar oleik asitçe zengin yağlara göre daha kolay polimerize olmaktadır (Takeoka et al., 1997; Tompkins and Perkins, 2000).

### 2.1.6 Kızartma işleminin sağlık üzerine etkileri

Günümüzde, tüketiciler gıdaların lezzetli olmasının yanı sıra sağlıklı olmasına da özen göstermektedirler (Moreira, 2014). Bu nedenle, kızartılmış gıdalar kendilerine has lezzetleri ile dikkat çekerken, içerdikleri yüksek yağ, kızartma yağının bozunması sonucu oluşan zararlı bileşikler ve gıdanın yüksek sıcaklığa maruz kalmasıyla oluşan akrilamid gibi mutajenik bileşikler nedeniyle tüketimi sınırlı tutulmaya çalışılmaktadır.

İlk olarak 1950'lerde Amerikan Kalp Birliği tarafından yağ alımının azaltılması tavsiye edilmiştir (Popkin et al., 2001). Özellikle doymuş yağların tüketimi, kardiyovasküler hastalıkların, obezitenin ve diyabetin ortaya çıkmasının en önemli nedenlerindedir (Minihane and Harland, 2007). Birçok hastalıktan yüksek yağ tüketimi sorumlu tutulmaktadır. Dünya genelinde en yaygın ölüm nedenlerinden olan koroner kalp hastalıkları, kalp krizi, hipertansiyon, kanser, diyabet ve obezitenin günümüzde giderek artması tüketicilerin daha az yağ içeren ürünlere yönelmesini sağlamıştır (Dueik and Bouchon, 2011; Pedreschi and Zuniga, 2009). Yüksek yağ içeriği ile dikkat çeken kızartılmış gıdaların da istenilen organoleptik özelliklerini bozmadan yağ içeriğinin azaltılması istenmektedir (Ziaifar et al., 2008). Besin değerini koruyan, derin yağda kızarmış, istenilen kalite özelliklerine sahip düşük yağlı ürünler üretmek için firmalar tarafından birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar ham veya formüle edilmiş ürünlere uygulanan ekstrüzyon, kurutma ve fırınlama gibi alternatif yöntemlerdir. Maalesef, bu yöntemlerden hiçbiri ile derin yağda kızarmış ürünlerin sahip olduğu lezzet, doku, görünüş ve ağız tadı gibi kalite özellikleri beklenildiği kadar sağlanamamıştır (Dueik et al., 2010). Bu açıdan vakum kızartma meyve, sebze ve diğer ürünlerin düşük yağ içeriği ile istenilen doku ve lezzette üretilebilmesi için önemli bir seçenek olmuştur.

Karbonhidratça zengin gıdaların ısıtılması ile oluştuğu bilinen akrilamidin, genotoksik, karsinojenik, nörotoksik, üreme ve gelişim toksisitesi üzerine etkileri bulunmaktadır (Abramsson-Zetterberg et al., 2008). Özellikle kızartılmış ve fırınlanmış gıdalarda yüksek olarak bulunduğu bilinen akrilamidin en çok patates cipsinde (1312 µg/kg) ve parmak patates kızartmasında (537 µg/kg) bulunduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalar doğrultusunda akrilamidin bir aminoasit olan



asparajin ve belirli indirgen karbonhidratların arasında yüksek sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu ile oluştuğu bildirilmiştir. Hayvanlar için toksisitesi ve karsinojenik potansiyeli tespit edilen akrilamid, insanlar için ise Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu tarafından ‘İnsanlar İçin Grup 2A Olası Kanserojen’ sınıfına ve Avrupa Birliği tarafından ise Sınıf 2 karsinojen ve mutajen sınıfına alınmıştır. Akrilamid etkisinin azaltılması için günlük diyetimizde kızartılmış gıdaların tüketilmesinin sınırlanması önerilmektedir (Arusoğlu, 2015).

Kızartma sırasında yağda gerçekleşen bozunma reaksiyonlarının da sağlık üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Özellikle elde ettikleri karı artırmak için bazı restoranlarda kızartma yağının uzun süre kullanılması kızarmış ürün kalitesini etkilemekte ve insan sağlığını tehdit etmektedir (Debnath et al., 2012; Sebastian et al., 2014). Kızartma yağlarında meydana gelen bozunma reaksiyonları nedeniyle, aynı yağın uzun süre kullanılması, o yağda kızartılan ürünlerin kabul edilebilirliğini ve besin değerini negatif yönde etkilemektedir. Kızartma yağında 400’den fazla bileşik oluşmakta ve bunların çoğu gıda tarafından emilmektedir. Oksidasyon sonucu oluşan aldehitler, hem aroma karakterizasyonu için önemli olması hem de yüksek konsantrasyonlarının toksik etkiye sahip olması nedeniyle önem taşımaktadır. Akrolein gibi aldehitler kızartma sırasında buharlaşarak havaya yayılmakta ve solunumla birlikte sağlık üstüne olumsuz etkiler gösterebilmektedirler (Tekelioğlu ve ark., 2008; Fujisaki et al., 2002). Bu bileşikler insanlarda gastrointestinal sistemde bozukluklara ve mutajenik etkiye neden olmaktadır (Dana and Saguy, 2001).

## 2.2 Vakum Kızartma

Vakum kızartma, kızartılmış ürünlerin kalite özelliklerini iyileştirmek için atmosferik basınçta gerçekleştirilen kızartma işlemine alternatif olarak düşük basınç ve sıcaklıkta uygulanan yeni bir teknolojidir (Diamante et al., 2015; Mariscal and Bouchon, 2008). Vakum kızartma, atmosferik basınçtan düşük basınçta kapalı bir sistemde gıdanın yağa daldırılması ile gerçekleştirilir. Genellikle vakum kızartma işleminde uygulanan basınç 6.65 kPa değerinin altında olurken (Moreira, 2014; Troncoso et al., 2009; Crosa et al., 2014; Pandey and Moreira, 2012), yapılan bazı çalışmalarda basıncın 27.5 kPa değerine kadar yükseltilebildiği görülmüştür (Mir-Bel et al., 2009; Mir-Bel et al., 2013; Mariscal and Bouchon,

2008). Basıncın düşmesi ile gıdanın içerdiği suyun kaynama sıcaklığı düşmektedir. Böylece vakum kızartma işlemi, atmosferik koşullardaki kızartmaya göre daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilmekte ve gıdanın karakteristik dokusu ve rengi korunurken daha düşük yağ içeriğine sahip ürünlerin elde edilmesi sağlanmaktadır (Pandey and Moreira, 2012).

Bu teknolojinin en önemli özelliği yağ sıcaklığının ve oksijen içeriğinin daha düşük değerlerde olmasıdır (Crosa et al., 2014; Garayo and Moreira, 2002). Böylece vakum kızartma ile;

- ✓ Daha az yağ içeren ürünlerin elde edilmesi
- ✓ Doğal rengin ve lezzetin korunması
- ✓ Kullanılan kızartma yağındaki kalite kayıplarının azaltılması
- ✓ Kızartma yağının kullanım süresinin artması
- ✓ Daha az miktarda akrilamid oluşması
- ✓ Besleyici bileşiklerin korunması sağlanmaktadır (Garayo and Moreira, 2002; Sobukola et al., 2013; Tarmizi and Niranjana, 2013).

Vakum kızartma yönteminde ortam havasının sistemden uzaklaştırılması ile oksidasyon hızı düşmekte, organoleptik özellikler açısından yüksek kalitede ürünler elde edilmekte, düşük kızartma sıcaklığı ve diğer yöntemlere göre daha kısa işlem süresi ile öne çıkmaktadır (Da Silva and Moreira, 2008). Moreira et al. (1999) özellikle atıştırmalık meyve ve sebze ürünlerinin atmosferik koşullarda kızartılmasında yüksek sıcaklık ve oksijenden dolayı sıklıkla karşılaşılan aşırı kararma ve kavrulma sorununu vakum altında kızartma işlemi ile önleyebildiklerini belirtmişlerdir.

Vakum kızartma işlemi altı basamaktan oluşmaktadır; 1) yağın ısıtılması; 2) ürünün sepete yerleştirilmesi ve kapağın kapatılması; 3) kaptaki basıncın düşürülmesi ve ürünün yağ içine indirilmesi; 4) ürünün istenilen nem içeriğine ya da belirlenen süreye kadar kızartılması; 5) sepetin yağdan çıkarılması ve santrifüj edilerek veya bekletilerek süzülme ile yağın üründen uzaklaştırılması; 6) basıncın yükseltip ürünün alınmasıdır (Moreira, 2014; Diamante et al., 2015).

Vakum kızarma işlemi 90°C'in altındaki sıcaklıklarda da gerçekleştirilebilmektedir. Fakat burada en fazla dikkat edilmesi gereken nokta, sıcaklığın yapısal değişikliklerin gerçekleşmesi için gerekli olan sıcaklığın altına düşmemesidir. Ayrıca sıcaklığın düşmesi ile evaporasyon hızı azalmakta ve böyle kabuk oluşumu yavaş gerçekleşmekte ve ürünün iç kısımlarında da kuruma gerçekleşmektedir (Dueik and Bouchon, 2011).

Vakum kızartma ilk defa 1960'larda yüksek kalitede cips üretmek için geliştirilmiştir. Ancak, haşlama teknolojisi ve hammadde kalitesinin iyileştirilmesi nedeniyle, bu teknolojinin kullanımı neredeyse kaybolmuştur (Moreira et al., 1999). Günümüzde, vakum kızartma teknolojisi düşük sıcaklıkta uygulanması nedeniyle kızarmış ürünün güvenliğinin ve kalitesinin iyileştirilmesini sağlayarak gelecekteki kızarmış gıda üretimi için stratejik önem kazanmıştır (Granda et al., 2004). Bunun bir sonucu olarak, vakum kızartma sistemlerinin tasarımına ve uygulamasına ilgi artmaktadır.

### **2.2.1 Vakum kızartma sistemleri**

Vakum kızartma sistemleri genel olarak vakum kızartma haznesi, yoğuşturucu ve vakum pompası olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Vakum kızartma haznesi, yağ ısıtıcı ve kızartma sepeti içeren hava geçirmez bir kaptır. Kızartılacak ürünün yerleştirildiği kızartma sepeti, hareketli çubuk yardımı ile ısıtılmış yağ içinde aşağı yukarı hareket ettirilebilmektedir. Yoğuşturucu kızartma esnasında çıkan su buharının soğuk bir yüzey üzerinde yoğunlaştırılmasını sağlamakta, vakum kızartma haznesi ve vakum pompası arasında yer alıp vakum pompasına su buharının ulaşarak pompanın mekanik yapısına zarar vermesini ve kavitasyona neden olmasını önlemektedir. Vakum pompası ise gerekli olan düşük basıncı sağlayarak, vakum kızartma haznesinde oluşan su buharının ortamdaki uzaklaşmasını sağlamaktadır (Diamante et al., 2015).

Son yıllarda geliştirilen vakum kızartma sistemlerinde, ürün yüzeyinde kalan yağın uzaklaştırılması için kızartma sepetinin bağlı olduğu hareketli çubuk bir motora bağlanarak kızartma sepeti belirli bir süre boyunca sabit hızda döndürülerek santrifüj uygulaması yapılmaktadır (Moreira, 2014).

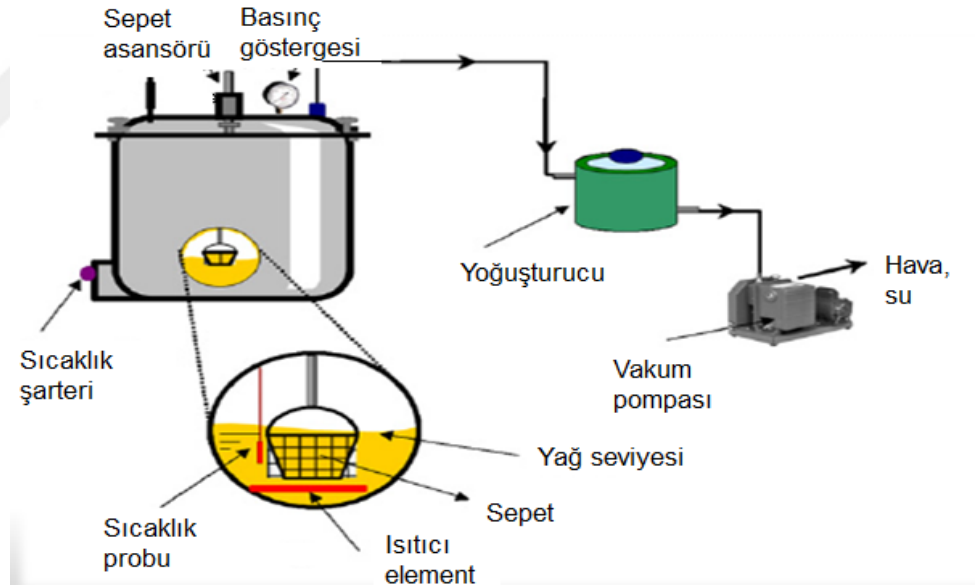
Vakum kızartma sistemleri laboratuvar, pilot ve sanayi ölçekli olmak üzere üç farklı kapasitede kesikli ve sürekli olarak çalışabilecek şekilde tasarlanmışlardır (Andres-Bello et al., 2011). Pilot boyutta ve endüstriyel boyutta, yaygın olarak kesikli vakum kızartma sistemleri kullanılmaktadır. Bunlar küçük ölçekli üretim için ya da çok özel ürünleri kızartmak için kullanılmaktadır. Ancak, bu işlem atmosferik koşullarda kızartmaya göre daha masraflıdır. Sürekli vakum kızartma sistemleri ise daha çok büyük ölçekli kızarmış gıda üretimi için kullanılmaktadır. Bu sistemlerde vakum kızartma haznesi paslanmaz çelik vakum tüpüne yerleştirilir. Çiğ materyal döner hava sistemi ile beslenir. Uygulamaya bağlı olarak, kızartma haznesi farklı ürün özelliklerine göre dizayn edilir. Taşıma bandı kızartmanın sonunda ürünü alır ve sistem dışına taşır. Vakum tüpünün çıkışında bulunan hazne vakum bölgesine hava girmesini engeller ve kayış sistemi ile ürün bir haznedeki diğerine aktarılır (Andres-Bello et al., 2011; Fan et al., 2010).

Literatürde gerçekleştirilen vakum pişirme ve kızartma çalışmalarında sıklıkla kullanılan cihazlardan biri GASTROVAC'dır (Garcia-Segovia et al., 2007; Garcia-Segovia et al., 2008; Andres-Bello et al., 2010; Andres-Bello et al., 2011; Iborra-Bernad et al., 2013a; Iborra-Bernad et al., 2013b; Teruel et al., 2014). Bu cihaz Valencia Politeknik Üniversitesi'nde dizayn edilip patenti alınmıştır. Cihaz sepetli pişirme kabı, vakumu sağlamak için membran vakum pompası ve sıcaklık probu ile kontrolü sağlanan ısıtma sistemini içermektedir. Cihaz pişirme işlemi için dizayn edilmesi nedeniyle yağ uzaklaştırma görevi gören santrifüj sistemi bulunmamaktadır. Bu cihazda basınç ayarı yapılamamakta, basınç işlemin sıcaklığından belirlenmekte olup en yüksek çalışma sıcaklığı 190°C'tir. Uygulanılabilen en yüksek vakum basıncı ise 0.9 bar'dır. GASTROVAC ile gerçekleştirilen çalışmalar genellikle vakum pişirme (cook vide) üzerine gerçekleştirilmiş olup vakum kızartma için ise nugget (Teruel et al., 2014) ve çipura balığı filetosu (Andres-Bello et al., 2010) üzerine çalışılmıştır.

Vakum pişirme işleminin gerçekleştirildiği yarı sürekli sistem olarak çalışan diğer bir cihaz ise Perez-Tinoco et al. (2008) tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde vakum basıncı sabit ve 24±2 kPa'dır. Sıvı vakum pompası, buhar yoğuşturucusu ve buz tankı içeren sistemin, ayrıca konveyör bandı bulunmakta ve sıcaklığı kontrol edilebilmektedir. Sıcaklık yağ banyosunun ortasından ölçülmekte ve sıcaklık kontrolörü kullanılarak kontrol edilmektedir. Kızarmış ürünler aynı konveyör bandı

üzerinde süzülür ve emici kağıt havlu üzerine düşerek vakum bozulmadan önce soğumaya bırakılır. Bu cihazda 106.3 -117.7°C sıcaklıkta ve 24 kPa basınçta ananas cipsi üretimi gerçekleştirilmiştir.

Garayo ve Moreira (2002), vakum kızartma sistemine santrifüj sistemi ekleyerek yüzeydeki yağın emilimini azaltmayı hedeflemişlerdir (Şekil 2.4). Bu çalışma kapsamında geliştirilen cihaz 6 litre kapasiteli alüminyum döküm vakum kabı içermekte ve 140°C maksimum sıcaklığa ulaşabilmektedir. Cihaz vakum kabı, sepet ve maksimum dönme hızı 750 rpm olan santrifüj sisteminden oluşmaktadır. Kullanılan vakum pompasının minimum inebileceği basınç 1.33 kPa'dır. Vakum kabı ve pompa arasında bulunan yoğuşturucu, üründen gelen su buharını yoğuşturarak vakum pompasına ulaşmasını engellemektedir. Bu cihazda, patates cipsi (Garayo and Moreira; 2002; Granda et al, 2004; Moreira et al., 2009; Pandey and Moreira, 2012), mango, yeşil fasulye ve tatlı patates (Da Silva and Moreira, 2008) kızartma çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 4Garayo ve Moreira tarafından geliştirilen vakum kızartma sistemi (Pandey and Moreira, 2012; Garayo and Moreira, 2002; Da Silva and Moreira, 2008; Granda et al., 2004; Moreira et al., 2009)

Asya ve Avrupa'da birçok şirket tarafından farklı ticari boyutlarda vakum kızartma sistemleri tasarlanmıştır. Bu sistemler kesikli ya da sürekli dir. Tayvan'da I-Tung Machinery Industry tarafından geliştirilen ticari kesikli vakum kızartma sistemleri 50-100 kg patates cipsi/saat ve 20-50 kg meyve/saat ve 1.42 kPa vakum uygulayabilmektedir (Anonymous, 2016a). Japonya'da Apple & Snack Company

farklı meyve ve sebzelere vakum kızartma teknolojisi uygulamak için vakum kızartma ekipmanları üretmişlerdir (Anonymous, 2016b).

Florigo (Hollanda) firması tarafından sürekli vakum kızartma sistemi 1970'lerin başlarında yüksek kaliteli patates kızartması üretmek için geliştirilmiştir. Patates kızartmada haşlama teknolojisinin gelişmesi ve hammadde kalitesinin artması nedeniyle vakum kızartma haşlama uygulamadan üretim yapan birkaç firma dışında kullanılmamıştır. Bu teknolojiye olan ilgi 1990'larda kızartılmış ürünlerle ilgili sağlık endişeleri ortaya çıkması ile artmıştır (Moreira, 2014).Günümüzde Florigo otomatik sürekli vakum kızartma sistemleri meyve cipsi, patates cipsi, patates kızartması ve sebze cipsi üretiminde kullanılmaktadır. Patates cipsi için bu sistemin kapasitesi 350 kg/saat'dir. Ayrıca önce atmosferik koşullarda ön kızartma uygulanıp daha sonra vakum kızartma ile kızartma işlemi tamamlanan iki aşamalı kızartmanın da uygulanabildiği bildirilmiştir (Anonymous, 2016c).

### 2.2.2 Vakum kızartmanın ürün kalitesi üzerine etkisi

Kızartmış ürünün kalitesini etkileyen ana faktör kızartmada uygulanan süre ve sıcaklık kombinasyonudur. Doğru kombinasyon ile kabul edilebilir fiziksel özelliklere sahip ürün elde edilebilmektedir. Vakum kızartmada ise sıcaklık ve süreye ilave olarak vakum basıncı da gıdanın nem kaybı, yağ emilimi, tekstür ve renk gibi özelliklerini etkileyen ana faktörlerden biridir (Andres-Bello et al., 2010).

Kızartılmış ürünlerin genel kalite kriterleri renk, doku, lezzet ve yağ içeriğidir. Vakum kızartma meyve ve sebzeler gibi şeker içeriği yüksek hassas ürünlerin kızartılması için en dikkat çeken teknolojidir. Genel olarak vakum altında kızartılmış olan atıştırmalıklar düşük kızartma sıcaklığı ve daha az oksidasyon gerçekleşmesi nedeniyle doğal rengini ve lezzetini korumaktadır (Moreira et al., 2009). Çizelge 2.1'de literatürde farklı ürünler üzerine gerçekleştirilen vakum kızartma çalışmaları ve kalite özellikleri üzerine etkileri yer almaktadır.

Çizelge 2. 1 Farklı ürünler üzerine gerçekleştirilen vakum kızartma çalışmaları

Ürün	Kızartma sıcaklığı (°C)	Basınç (kPa)	Süre	Kalite özellikleri	Kaynak
Patates dilimi (Kalınlık: 3 mm Çap: 30 mm)	120 ve 140	5.37	-	Yağ içeriğinde artma Daha açık renk Daha iyi duyuşsal kalite	Troncoso et al., 2009

Patates cipsi (Kalınlık:1.6 mm Çap: 5.08 cm)	120 ve 140	1.33	6 dak	Santrifüj uygulaması ile yüzey yağının %81'inin uzaklaştırılması	Pandey and Moreira, 2012
Patates cipsi	118, 132 ve 144	16.7, 9.9 ve 3.1	5-10 dak	Daha az yağ içeriği Daha yumuşak tekstür Daha açık renk	Garayo and Moreira, 2002
Patates cipsi (Kalınlık: 1.5 mm)	118,125 ve 140	1.3	1-10 dak	% 94 daha az akrilamid İstenen lezzet ve tekstür	Granda et al., 2004
Patates cipsi (Kalınlık: 3 mm Çap: 30 mm)	140	27.5	10 dak	Basınç yükselme hızı düşükçe yağ içeriğinde azalma Süzme için 30 s yeterli	Mir-Bel et al., 2009
Churros İspanyol kızarmış hamuru	100, 120 ve 140	27.5	8 s -18 dak	Yağ içeriğinde değişim yok Daha gevrek yapı Düşük HMF içeriği Yavaş kahverengileşme	Mir-Bel et al., 2013
Elma dilimleri (Kalınlık: 5 mm Çap: 38 mm)	95, 105 ve 115	15	2-15 dak	Rengin korunması İstenilen tekstür Atmosferik koşullara göre %50 daha az yağ içeriği	Mariscal and Bouchon, 2008
Mango cipsi (Kalınlık: 1.48- 1.70 mm Çap: 50.8 mm)	120, 130 ve 138	1.33	2 dak	Karotenoid korunumunun %35'den %65'e yükselmesi	Nunes and Moriera, 2009
Ananas cipsi (Kalınlık: 2.5 mm)	106.3-117.7	24	6.3- 7.7 dak	Kızartma süresi ve sıcaklık artıkça toplam fenolik madde içeriğinde artma, renk parametreleri ve C vitamininde azalma	Perez-Tinoco et al., 2008
Muz dilimleri (Kalınlık: 3.5-4.5 mm Çap: 25-30 mm)	100, 110 ve 120	8	5, 10, 15 ve 20 dak	Lezzette belirgin farklar oluşmazken, sertlikte kızartma süresi artıkça artma eğilimi	Yamsaengsunga et al., 2011
Havuç, elma ve patates cipsi	108	6.5	3.5-5 dak	Elmada %16, havuçta %45.3 ve patatada %49.7 yağ içeriğinde azalma	Dueik et al.,2012
Tatlı patates (Kalınlık: 3 mm)	100	10	15 dak	Fenolik bileşiklerde %60-69 korunma	Fang et al., 2011
Nugget (5x3x1 cm)	130, 140 ve 150	-	2, 4, 6 ve 8 dak	Duyusal özelliğin korunması Yağ emiliminde belirgin oranda azalma olmaması Gevreklikte artış	Teruel et al., 2014
Çipura balığı filetosu	90, 100 ve 110	15, 20 ve 25	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 ve 10 dak	Yağ içeriğinde azalma Daha az büzülme	Andres-Bello et al., 2010
Havuç cipsi (Kalınlık: 2 mm Çap: 38 mm)	98 ve 118	6,5	1, 2, 3 ve 5 dak	Yağ içeriğinde % 50 azalma Trans $\alpha$ -karotende %90 ve trans $\beta$ -karotende %86 korunma	Dueik et al., 2010

Tatlı patates, mango ve yeşil fasulye	120-130	1.33	2-7 dak	Tatlı patatesten %24 ve yeşil fasulyede %16 yağ içeriğinde azalma	Da Silva and Moreira, 2008
Karides	80, 100 ve 120	11-13	1-10 dak	Yağ içeriğinde azalma Akrilamid içeriğinde azalma	Pan et al., 2015

### 2.2.3 Vakum kızartmanın yağ içeriğine etkisi

Vakum uygulamasının kızartma işleminde gerçekleşen yağ emilimine etkisi oldukça kompleksdir (Garayo and Moreira, 2002). Başlangıçtaki ürün yapısı, ürün ve ısıtma ortamı arasındaki çeşitli etkileşimler, ürün ve yağ özellikleri çeşitliliği, yağ ve üründe gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar kızartma işlemini kompleks hale getirmektedir (Velasco et al., 2008; Ziaifar et al., 2008; Andres-Bello et al., 2011). Garayo and Moreira (2002) basınç uygulanmasının kritik bir etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Normal bir vakum kızartma işleminde, kızartma işleminin tamamlanması ile birlikte ürün yağ banyosundan çıkarılır ve soğutma gerçekleştirilmeden önce vakum kapatılarak basınç hızla atmosferik basınca yükseltilir. Bu işlem gözeneklerdeki buharın yoğunlaşmasına neden olur ve böylece gözeneklerde basınç azalır. Dış basıncın gözenek basıncından daha fazla olması nedeniyle soğuma aşamasından önce yağ emilimi başlar. Vakumun hızlı kırılması ile ise hava gözenek boşluklarına çok daha hızlı yayılır ve bu da soğuma süresince yağın geçişi için bir engel oluşturabilir. Bu olay ile vakumda kızartılmış atıştırmalıklar atmosferik basınçta kızartılmışlara göre daha az yağ içerebilirler (Dueik and Bouchon, 2011).

Garayo ve Moreira (2002) patates cipsinin kızartılmasında vakum uygulanmasının %30 daha az yağ içeriği ile sonuçlandığını ve atmosferik koşullardaki karakteristik rengin ve tekstürün aynı olduğunu göstermişlerdir. Mariscal ve Bouchon (2008) ise elma dilimlerinin yağ absorpsiyonuna vakum kızartmanın etkisini analiz etmişler ve atmosferik koşullara göre vakumda kızartılan örneklerin %50 daha az yağ içerdiğini belirtmişlerdir. Dueik et al. (2010) da vakum kızartmanın havuç cipsinin yağ absorpsiyonuna etkisini incelemişler ve atmosferik koşullara göre yaklaşık %50 daha az yağ içerdiğini gözlemlemişlerdir. Da Silva and Moreira (2008) yaptıkları çalışmada tatlı ve mavi patates, mango ve yeşil fasulyeyi vakum altında ve atmosferik basınçta kızartmışlardır. Vakum kızartma ile yağ içeriğinde atmosferik basınca göre tatlı patatesten %24 ve yeşil



fasulyede %16 yağ içeriğinde azalma olmuştur. Dueik et al. (2012) ise elma, havuç ve patates üzerine çalışmış; sırasıyla yağ içeriğinde %16, %45.3 ve %49.7 azalma olduğu belirlemişlerdir. Pan et al. (2015) yaptıkları çalışmada vakum altında aynı süre kızartma uygulanan karideslerde sıcaklık arttıkça yağ içeriğinin arttığı fakat atmosferik basınçta kızartılan örneklerin yağ içeriğinden daha az olduğu bulgulanmıştır.

Mir-Bel et al. (2013) vakum altında (100, 120 ve 140°C, 21 kPa) ve atmosferik basınçta (140 ve 180°C) kızartılmış Churros'un (İspanyol kızarmış hamuru) yağ içeriği üzerine vakum uygulamasının etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Troncoso et al. (2009) ise vakum altında kızartılmış patates cipsinin duysal kalitesinin iyi olduğunu, fakat yağ içeriğinin atmosferik koşullardaki kızartmaya göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Gastrovac cihazı kullanılarak Teruel et al. (2014) tarafından tavuk nuggetı ve Andres-Bello et al. (2010) tarafından çipura balığı filetosu üzerine gerçekleştirilen kızartma çalışmalarında atmosferik basınçta kızartma ile vakum altında kızartma karşılaştırılmıştır. Tavuk nuggetına vakum uygulaması ile yağ emiliminde belirgin oranda azalma olmadığı gözlemlenirken, çipura balığı filetosunun vakum kızartma ile daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Mir-Bel et al. (2009) yaptıkları çalışmada patatesin vakum altında kızartılmasında (140°C ve 24.9 kPa) süzdürme süresinin (30, 60 ve 90 s) ve vakum kırılma hızının (0.75, 2.21, 4.43 ve 12.43 kPa s<sup>-1</sup>) yağ emilimine etkisini incelemişlerdir. Kısa süzdürme süresi ve düşük vakum kırılma hızı uygulamasının yağ içeriğini artırdığı görülmüştür. 30 s süzdürme uygulamanın yağ içeriğini azalttığı fakat süzülme süresinin artmasının yağ içeriğine etkisinin olmadığını belirlenmiştir.

Moreira et al. (2009) vakum altında kızartılan ürünlerin yüzey yağının uzaklaştırılabilmesi için yağ uzaklaştırma (de-oiling) işleminin uygulanmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Kızartma sonrası ürünün içerdiği toplam yağın %14'ü iç kısımda bulunurken, %86'sının ise yüzey yağı olduğu tespit edilmiştir.

Kızartma haznesindeki basınç artırılmadan önce uygulanan yağ uzaklaştırma işlemi santrifüj uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 750 rpm'de 40 s santrifüj uygulanması ile patates cipslerinin toplam yağ içeriğinde %77 azalma gözlenmiştir. Elma ve havuç cipsinin vakumda kızartılması üzerine gerçekleştirilen bir başka çalışmada santrifüj uygulaması ile (400 rpm, 2 dak) yağ emiliminde sırası ile %35 ve %70 azalma gerçekleşmiştir (Dueik and Bouchon, 2011). Pandey and Moreira (2012) patates cipsine 750 rpm'de 40 s santrifüj uygulayarak yüzey yağının %81'ini uzaklaştırmış ve en az yağ içeriğine sahip ürünün kısa kızartma süresi ve uzun santrifüj işlemi ile elde edildiğini belirtmişlerdir.

#### 2.2.4 Vakum kızartmanın renk üzerine etkisi

Kızarmış ürünlerin en önemli kalite kriterlerinden biri olan renk, kızartma süresi ve sıcaklığı kadar yüzeyde bulunan indirgen şekerler ve amino asitler ya da proteinlerin miktarına bağlı olarak gerçekleşen Maillard reaksiyonundan da etkilenmektedir (Marquez and Anon, 1986). Kızartma işlemi atmosferik basınçta yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilir. Bu yüzden ısıl işlem daha yoğundur ve gıda tamamen pişmeden önce yüzeyde kararma ve daha birçok istenmeyen reaksiyon gerçekleşir. Vakum kızartmada ise gıda yağın ve gıdanın içerdiği suyun kaynama noktasının daha düşük olduğu negatif basınç altında ısıtılır. Ayrıca, kızartma süresince havanın olmaması lipid oksidasyonunu ve enzimatik esmerleşmeyi önleyebilmektedir. Böylece gıdanın rengi ve besin içeriği önemli oranda korunabilmektedir (Gao and Liang, 1999; Fan et al., 2005).

Mariscal and Bouchon (2008) elma dilimleri üzerine yaptığı çalışmada en önemli değişimin  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinde gerçekleştiğini ve atmosferik basınçta pişirilen ürünlerin çok daha fazla karardığını belirtmişlerdir. Ayrıca vakum kızartmada sürenin artması ile renk değişimini gösteren  $\Delta E$  değerinde çok az değişim gerçekleşmiştir. Da Silva and Moreira (2008) yaptıkları çalışmada tatlı patates, mango ve yeşil fasulyenin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde belirgin değişimler olduğunu ve atmosferik basınçta koyu ve yanık renk oluşurken vakum altında kızartılan ürünlerin doğal rengini koruduğunu belirtmişlerdir. Troncoso et al. (2009) ise vakum altında kızartılmış patates cipsi  $L^*$  değerinin atmosferik basınçta kızartılan patates cipslerine göre çok yüksek olduğunu,  $a^*$ ,  $b^*$  ve  $\Delta E$  değerlerinin ise atmosferik basınçta kızartma ile çok daha yüksek değerlere ulaştığını tespit

etmişlerdir. Karides üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada ise vakum uygulanmasının rengi belirgin olarak etkilediği ancak vakum kızartmada uygulanan sıcaklığın (80, 100 ve 120°C) değişiminin renk üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir (Pan et al., 2015).

### 2.2.5 Vakum kızartmanın tekstür üzerine etkisi

Kızartma işlemi ile çiğ ürünün mikroyapısında önemli değişiklikler meydana gelerek istenilen fiziksel ve duyuşsal özellikleri kazanır. Cipslerin en önemli dokusal özelliği, tazelik ve yüksek kaliteyi gösteren gevrekliktir. Gevrek ürünler sert ve eğilerek kolayca kırılmalıdır (Krokida et al., 2001). Kızartma sırasında, meyve ve sebzelerin dokusu başlangıçta yumuşarken daha sonra dehidrasyon nedeniyle sertleşir. Ayrıca, vakum kızartma ile atmosferik basınçta kızartmaya göre daha az yapısal değişiklik gerçekleşir (Andrés-Bello et al., 2011). Mariscal and Bouchon (2008) elma dilimlerinde yapılan görsel gözlemlere göre vakumda kızartılmış ürünlerin yüzeyinin atmosferik basınçta kızartılanlara oranla daha az genişlediğini belirtmişlerdir.

Dueik et al. (2010) havuç cipsinin atmosferik basınçta ve vakum altında kızartılmasının dokusal değişime etkisini, eğme testindeki maksimum güç ile belirlemişlerdir. Kızarmış havuç cipsinin maksimum gücünün kızartma teknolojisinden ve sıcaklığından etkilenmediği ve böylece vakum altında kızartılmış cipslerin atmosferik basınçta kızartılmış cipsler ile aynı gevrekliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Vakum kızartmanın dokusal kalite kaybına neden olmadığı belirtilmiştir. Da Silva and Moreira (2008), tatlı patates, mango ve yeşil fasulyenin tekstüründe atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma ile fark oluşmadığını gözlemlemişlerdir. Patates cipsinin tekstürel özelliklerini belirlemek için maksimum kırılma gücü, sertlik ve gevreklik özelliklerine bakılmış ve vakum kızartma ile bu değerlerin azaldığı tespit edilmiştir (Troncoso et al., 2009). Fakat duyuşsal analiz ile belirlenen tekstürel kalite ve genel kalite vakum kızartma ile elde edilen patates cipsinde daha yüksek bulunmuştur. Pan et al. (2015) vakum kızartma ile karidesin daha düşük sertliğe sahip olduğunu belirlemişlerdir. Teruel et al. (2014) ise yaptıkları çalışmada, tavuk nugget için gevrekliğin vakum altında kızartma ile arttığını tespit etmişlerdir.

### 2.2.6 Vakum kızartmanın besin değeri içeriğine ve akrilamid oluşumuna etkisi

Meyve ve sebzeler birçok vitamin ve antioksidanın kaynağıdır, fakat bu bileşikler kızartma işleminde uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle önemli ölçüde azalmaktadır. Vakum kızartmada oksijenin olmaması ve uygulanan daha düşük sıcaklıklar nedeni ile besin değeri yüksek atıştırmalıklar elde edilebilir. Shirsat and Thomas (1998) kızartma süresi ve kızartma yönteminin fitokimyasalların stabilitesini etkileyen önemli faktörler arasında olduğunu bildirmişlerdir. Da Silva and Moreira (2008), atmosferik basınçta ve vakum altında kızartılmış tatlı patates, mango ve yeşil fasulyenin karotenoid ve antosiyanin içeriğinde azalma olduğunu, bu azalmanın atmosferik basınçta kızartma ile daha fazla gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Antosiyanin oksijen varlığında yıkılmakta ve renkte, fonksiyonel özelliklerde ve besin kalitesinde azalma gerçekleşmektedir. Vakum kızartma ile daha az oksidasyon ve daha düşük kızartma sıcaklığı nedeniyle tatlı patates, mango ve yeşil fasulyenin doğal rengi ve lezzeti korunmuştur. Dueik et al. (2010) vakum kızartma ile havuç cipslerinin içerdiği alfa-karotenin %90'ının ve beta-karotenin %86'sının korunduğunu belirtmişlerdir. Nunes and Moriera (2009) ise mango cipslerinin içerdiği karotenoidin atmosferik kızartma ile %35'inin korunduğunu, vakum kızartma ile bu değer %65'e yükseldiğini ifade etmişlerdir. Fang et al. (2011) tarafından ise tatlı patatesin fenolik madde içeriğinin vakum kızartma ile %60-69 aralığında korunduğu belirlenmiştir.

Akrilamid, Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından muhtemel kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır (Andrés-Bello et al., 2011). Akrilamid gıdaların doğal yapılarında bulunmayan, karbonhidrat ve protein içerikli gıdaların yüksek sıcaklıklarda (kızartma ve fırında) (120°C ve üzeri) pişirilmesi sonucu oluşan zararlı bir bileşiktir. Maillard reaksiyonunun bir yan ürün olarak akrilamid oluşumu en çok kabul edilen teorilerden biridir. Çalışmalar gıdalardaki akrilamid içeriğinin gıdanın çeşidine ve üretim şekline bağlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur (Karagöz, 2009; Stadler et al., 2002). Sıcaklığın artması ile akrilamid oluşumu artmaktadır (Tareke et al., 2002).

Gıdalarda yapılan akrilamid taramaları sonucunda, akrilamid içeriği yüksek olan gıdalardan birinin de patates kızartması olduğu görülmüştür ve akrilamid

içeriğinin yaklaşık 3600 µg/kg olduğu tespit edilmiştir. Granda and Moreira (2005) yaptıkları çalışmada patates cipsinde vakum kızartması ile, atmosferik basınçta kızartmaya oranla daha az akrilamid oluştuğunu ve böylece vakum kızartma teknolojisinin akrilamid içermeyen yüksek kalitede patates cipsi üretilmesine imkan sağladığını belirtmişlerdir. Granda et al. (2004) ise patates cipsinin vakum kızartma uygulandığında akrilamid içeriğinin atmosferik koşullara göre % 94 daha az olduğunu belirtmişlerdir. Pan et al. (2015) da kaplanmış karidesin vakum altında 80, 100 ve 120°C'ta kızartılması ile akrilamid içeriğinde sırasıyla atmosferik kızartmaya göre %56, %60 ve %39 azalma olduğunu belirlemişlerdir.

### **2.2.7 Vakum uygulamasının kızartma yağı üzerine etkisi**

Vakum kızartma üzerine gerçekleştirilen çalışmalarda, vakum uygulamasının gıda kalitesi üzerine etkisi yoğun olarak araştırılırken, kızartma yağına etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Aladedunye and Przybylski, 2009; Crosa et al., 2014). Crosa et al. (2014) vakum uygulamasının kızartmada kullanılan yağın bozunması üzerine etkisini araştırmışlardır. Patates cipsinin vakum altında (5.2 kPa ve 130°C) ve atmosferik koşullarda (180°C) kızartılması için kullanılan yağın peroksit sayısı, serbest yağ asidi, antioksidan stabilitesi ve toplam polar bileşik miktarı gibi değerlerini dikkate alarak vakum uygulamasının yağın bozunmasını geciktirdiğini, böylece yağın kullanım süresinin arttığını tespit etmişlerdir.

Aladedunye and Przybylski (2009) ise yaptıkları çalışmada, karbondioksit uygulayarak, vakum altında (9.7 kPa) ve atmosferik koşullarda kanola yağı kullanarak 180°C'ta patates kızartmışlardır. Vakum kızartmanın toplam polar maddeyi atmosferik koşullara göre %76 azalttığı ve daha yavaş oksidatif bozunma gerçekleştiği gözlenmiştir. Ayrıca tokoferol bozunma hızının vakum altında kızartma ile diğer yöntemlere kıyasla çok daha yavaş olduğunu belirlemişlerdir.

## **2.3 Patates**

Patates (*Solanum tuberosum*), dünyanın en önemli tarım ürünlerinin biridir ve farklı kültürlerden gelen milyonlarca insan tarafından sıklıkla tüketilmektedir. Dünyanın yaklaşık %80'inde yetişebilen patates yılda 300 milyon tonu aşan üretimi

ile buğday, mısır ve pirinçten sonra en fazla üretilen ürünlerden biridir. Patatesin Türkiye’de yaklaşık 150 yıllık geçmişi olup 2015 yılında 4760000 ton üretimi gerçekleştirilmiştir (Günel et al., 2005). Türkiye dünyadaki patates üretiminde 13. sırada yer almaktadır. Patates kızartması ise 150 yıldır popüler bir tuzlu atıştırmalık olmuştur ve ABD’de perakende satışlarda bu pazarda toplam satışların neredeyse üçte birini oluşturmaktadır (Pedreschi, 2012; Pedreschi et al., 2005).

Patates %79.5 su, %21.5 karbonhidrat, %2.5 protein ve %1.5 diğer bileşenlerden oluşmaktadır (Burlingame et al., 2009). Patates, sadece önemli bir karbonhidrat kaynağı (King and Slavin, 2013) değil aynı zamanda önemli düzeyde protein ve çeşitli mineralleri ve vitaminleri içermektedir (Burlingame et al., 2009; Love and Pavek, 2008). Gelişmekte olan ülkeler için önemli bir besin kaynağı olan patatesin 100 g’ı günlük protein ihtiyacının %7’sini, demirin %10’unu, C vitamininin %20-50’sini, B1 vitaminin %10’unu ve enerjinin %3’ünü karşılamaktadır (Arioğlu, 2002). Ayrıca, patatesin içerdiği yüksek miktardaki fenolik asitler, antosiyaninler ve karotenoidler nedeniyle fitokimyasallarca zengindir (Ezekiel et al., 2013). Yapılan çalışmalarda fitokimyasallar ile antioksidanlar arasında yakın bir ilişki olduğu ve fitokimyasalların, ateroskleroz ve kanser gibi birçok kronik hastalığın önlenmesinde önemli bir rol oynadıkları belirtilmiştir (McGill et al., 2013; Williams et al., 2013). Son yıllarda yapılan çalışmalara göre patates, portakal ve elmadan sonra en fazla fenolik maddeyi içermektedir (Camire et al., 2009; Song et al., 2010).

Nişasta, patatesin en önemli besleyici bileşenidir ve kuru maddenin %65-80’inini oluşturmaktadır. Patates nişastasası, yaklaşık olarak %25 amiloz, %75 amilopektin, %0.1 protein ve %0.08 fosfor içermektedir (Lisinska and Leszczynski, 1989). İndirgen şeker miktarı kızarmış ürünün rengi ile doğrudan ilişkilidir. Hasat sonrası depolama çeşitliliği ve depolama sıcaklığı patatesin şeker içeriğini etkileyen ana faktörlerdir. Kızartma işleminde ürünün daha iyi tekstüre, yüksek verime ve daha düşük yağ emilimine sahip olması için kuru maddesi yüksek (%20-22) olan patatesler tercih edilir. Ayrıca, enzimatik olmayan Maillard esmerleşme reaksiyonu ile renk gelişiminin minimize edilmesi için düşük invert şeker içeriğine (<2.5-3 mg indirgen şeker/gram patateste) sahip patateslere ihtiyaç duyulur (Yamsaengsung and Moreira, 2002). Genellikle %2’den daha fazla invert şeker içeren patates yumruları kızartma sonrası koyu renk oluşmasına neden olduğu için kızartma işlemi

için kullanılmaz. Parmak patates üretiminde 1 gram patatesten 5 mg invert şeker olması limit olarak belirlenmiştir (Lisinska and Leszczynski, 1989; Pedreschi, 2012).

Patates cipsi ve parmak patates kızartma uygulanan en yaygın patates ürünleridir. Patates cipsi çok ince dilimlenmiş patateslerin kızartılması ile elde edilen son yağ içeriği yaklaşık %35 ve son nem içeriği yaklaşık %1.8 (Moreira et al., 1999) olan bir üründür. Parmak patates (French fries) için çubuk şeklinde kesilen patatesler öncelikle sıcak suda haşlanır ve sıcak hava ile %60 nem içeriğine kadar kurutulur. Daha sonra kurutulmuş patates çubukları 160-190°C yağda kızartılır, soğutulur, dondurulur ve paketlenir (Bunger et al., 2003). Kısmen kızartılmış, dondurulmuş patateslerin hazırlanması için son kızartma veya fırınlama gerçekleştirilir. Parmak patateslerin son nem içeriği %38 iken son yağ içeriği yaklaşık %15'dir (Aguilera and Gloria-Hernandez, 2000; Saguy and Dana, 2003).

#### 2.4. Ayçiçek Yağı

Ayçiçeği yağı, yağ oranı %39-45 arasında olan *Helianthus annuus* bitkisinin tohumlarından elde edilir. Dünyada geniş bir tüketim alanı bulan bu yağ, bitkisel yağlar içerisinde ikinci sırada tüketim alanı bulunmakta olup başlıca Rusya, Ukrayna, Fransa, Arjantin, Macaristan, İspanya, Hindistan ve Türkiye'de üretilmektedir. Ülkemizde özellikle Trakya ve Marmara bölgesinde üretimi yapılmaktadır (Nas ve ark., 2001; Gümüşkesen ve Yemişçiöglü, 2010).

Ayçiçek yağı tekli doymamış yağ asitlerinin önemli bir kaynağıdır. %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içermekte olup %14-43'ünü oleik asit, % 44-75'ini linoleik asit, en fazla % 0.7'sini linolenik asit oluşturmaktadır (Swern, 1982; Nimet et al., 2011). Ayrıca ayçiçek yağı diğer yağlar ile karşılaştırıldığında yüksek miktarda tokoferol gibi doğal antioksidanları içermektedir. Bu özellikleri nedeniyle batı ve Asya ülkelerinde genellikle yemeklik yağ olarak tercih edilmektedir (Rai et al., 2016). Yağın en çok kullanıldığı pişirme yöntemlerinden biri olan kızartmada da ayçiçek yağı evlerde sıklıkla tercih edilmektedir.

## 2.5 Yanıt Yüzey Yöntemi (Response Surface Methodology)

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin temelini, sadece bir parametreyi zamanla değiştirirken diğerlerini sabit tutmak oluşturur. Bu yaklaşım, araştırmacıya hem maliyet hem de zaman açısından önemli dezavantajlar getirmektedir. Ayrıca, bu yaklaşımla çeşitli işlem parametreleri arasındaki etkileşimlerin belirlenmesi ve prosesin tam anlamıyla tanımlanabilmesi için yeterli veri elde etmek oldukça güçtür (Cochran and Cox, 1957). Yanıt yüzey yöntemi ise, sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni bir arada ve eşzamanlı olarak incelemektedir. Bu sayede, prosesin işlem parametrelerindeki değişime verdiği yanıt en az sayıda deneme yapılarak en iyi şekilde tanımlanabilmektedir.

Yanıt yüzey yöntemi, “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile 1951 yılında Box ve Wilson tarafından geliştirilmiş ve tanımlanmıştır. İlk olarak kimya endüstrisine uygulanmıştır. Son 50 yılda fiziksel bilimler ve mühendislik, sosyal bilimler, biyoteknoloji ve gıda endüstrisini de içeren çeşitli dallarda da uygulama alanı bulmuştur. Ürün ve proses tasarımı, tanımlanmasında, geliştirilmesinde ve optimizasyonunda, belirsizlik (uncertainty) analizlerinde, kalitenin iyileştirilmesinde sıkça kullanılan bir yöntemdir. Yanıt yüzey yöntemi, gıda bilimi ve teknolojisi alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fırında pişirme, osmotik dehidrasyon, kurutma, fırında kavurma, ekstraksiyon, ekstrüzyon, pastörizasyon ve biyoteknolojik işlemler, enzim üretimi, fermantasyon, püskürtmeli kurutma, mikroenkapsülasyon gibi çeşitli alanlarda pek çok araştırmacı tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Cui et al., 1994; Ambati and Ayyanna 2001; Sacchetti et al., 2001; Eren and Kaymak Ertekin 2007; Gao et al., 2007; Mundra et al., 2007, Koç et al., 2010, Koç et al., 2011, Koç et al., 2015).

Khuri and Cornell (1996), yanıt yüzey yöntemini, bir işletim sisteminde problemlerin analiz edilmesi ve modellenmesi için, deneysel faktörlerle bunların ölçülen yanıtları arasında bağlantılar kuran matematiksel ve istatistiksel teknikler olarak tanımlamaktadır. Myers and Montgomery, (1995) ve Montgomery (2001) ise yanıt yüzey yöntemini, proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir arada kullanıldığı bir yöntem olarak tanımlamıştır. Box and Draper (2007) yanıt yüzey yöntemini tanımlarken; empirik model geliştirmek ve bu modeli değerlendirmek için kullanılan bir grup istatistiksel



teknikleri kapsadığını belirtmişlerdir. Dikkatlice dizayn ve analiz edilmiş denemelerle, bağımlı bir değişken veya yanıt ile bu yanıtı etkileyen bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır, ifadelerine yer vermiştir.

Yanıt yüzey yöntemi, deneysel tasarımı, empririk model geliştirmeyi ve bu modeli değerlendirmeyi içeren iteratif bir süreçtir. Yanıt yüzey yönteminin ilkesini, bir dizi istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birbiri ardına uygulanması ve her bir aşamada elde edilen verilerin bir sonraki aşamada kullanılması oluşturmaktadır. Genel olarak yanıt yüzey yöntemi 3 aşamadan (eleme denemeleri, bölge araştırması ve işlemin veya ürünün optimizasyonu) oluşmaktadır. Sistemi karakterize eden performans ölçülerinin (yanıtların) ve bu yanıtlar üzerinde etkili olabilecek faktörlerin veya kontrol edilebilir değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Genellikle bu faktörler oldukça uzun bir liste oluşturmaktadır. Bu durumda, eleme (screening) denemeleri yapılarak bu faktörler arasından istatistiksel olarak en önemli olanlar seçilebilir. Eleme denemeleri, daha az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca maliyet ve zaman açısından da önemli avantajlar sağlamaktadır.

İkinci aşama olan bölge araştırmasında amaç, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediğini belirlemektir. Optimum noktaya yaklaştıkça yanıt yüzeydeki eğrilik daha belirgin hale gelmektedir. Yanıt yüzey yönteminin bu aşamasında birinci dereceden modeller kullanılır. Birinci dereceden modeller sistemin yanıtını belirlemede yeterli ise seçilen deneme bölgesinin optimum noktadan uzakta olduğu anlaşılır ve yeni bir deneme bölgesi seçilir. Bu işlem, oluşturulan yanıt yüzeydeki eğriliğin önemli olduğu bölgeler bulununcaya kadar devam eder.

Yanıt yüzey yönteminin üçüncü aşaması, işlem optimum noktaya yaklaşıldığında başlar. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında önemli bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahminlenmesinde lineer olmayan modeller, genellikle ikinci dereceden polinomial modeller kullanılır. Uygun bir model elde edildikten sonra, bu model optimum noktanın araştırılmasında kullanılır.

Görüldüğü gibi, yanıt yüzey yöntemi, proses değişkenlerinin deneysel uzayını araştırmak için deneysel stratejileri, sistemin yanıtı ve üzerinde etkili olan

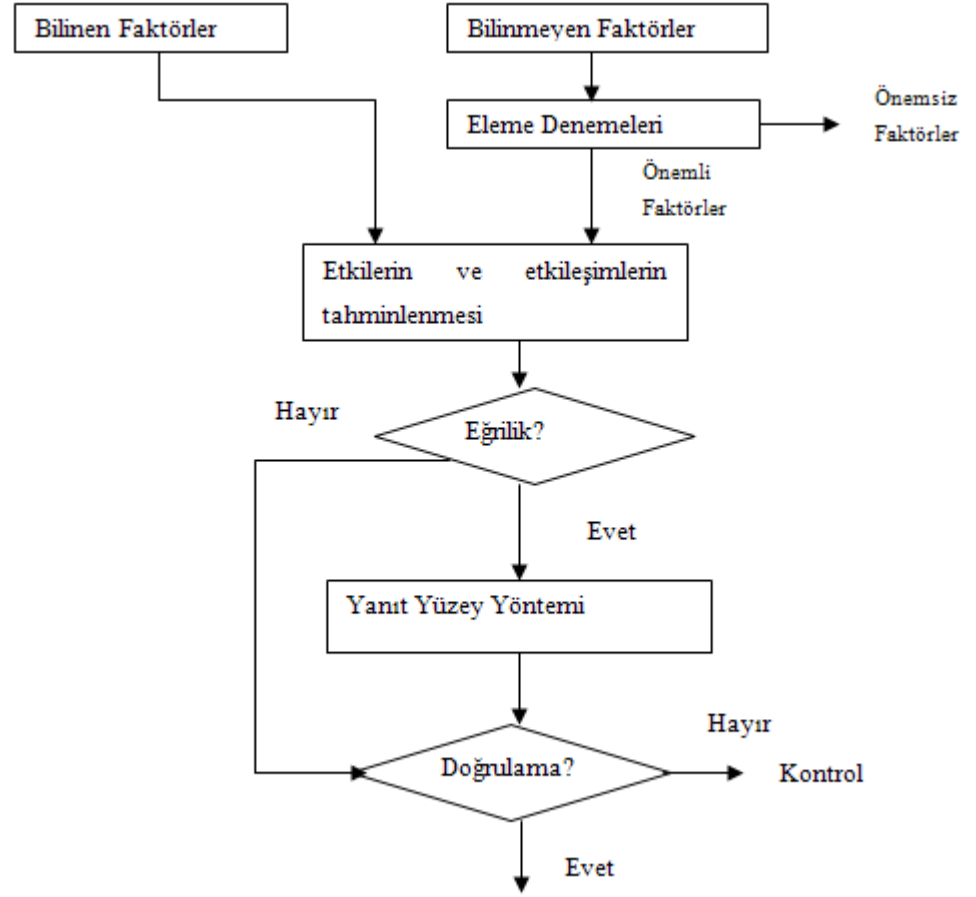
bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan empirik modelleme tekniklerini ve proses değişkenlerinin sistemin yanıtında arzu edilen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon tekniklerini içermektedir (Eren, 2004).

Denemelerin dizayn edilmesi, modelin seçimi ve geliştirilmesi, modelin istatistiksel olarak doğrulanması ve optimizasyon, yanıt yüzey yönteminin başlıca kısımlarını oluşturmaktadır. Yanıt yüzey yönteminin akış şeması Şekil 2.5'de gösterilmiştir.

Yanıt yüzey yönteminin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntemin avantajlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Daha az deney yaparak, daha fazla bilgi sahibi olma imkânı vermektedir.
- Bağımsız değişkenlerin etkilerinin birlikte incelenmesini mümkün kılmaktadır.
- Sistemin matematiksel bir model ile tanımlanması, dolayısıyla bağımlı değişken ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bu model ile ifade edilmesini sağlamaktadır.

Yanıt yüzey yönteminin dezavantajı ise, elde edilen modelin doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde başarılı olamamasıdır. Hiperbolik ya da çan eğrisi şeklinde simetrik olmayan fonksiyonlar, polinomial modeller ile modellenememektedir (Myers and Montgomery 1995).



Şekil 2. 5 Yanıt Yüzey Yönteminin Akış Şeması

## 2.6 Merkezi Tümeleşik Tasarım (Central Composite Rotatable Design)

Merkezi tümeleşik dizayn çoğunlukla ikinci dereceden yanıt yüzey problemlerinin tahminlenmesinde kullanılmaktadır. Merkezi tümeleşik dizayn iki seviyeli tam ya da kısmi faktöriyel dizaynlar ile aksenal veya yıldız noktalarının en az bir merkez noktayı da bünyesinde barındıracak şekilde birleştirmektedir (Box et al., 2005; Montgomery, 2001; Bruns et al., 2006; Box and Wilson, 1951). Bunun yanı sıra merkezi tümeleşik dizayn lineer ve kuadratik modellerin bir arada değerlendirilmesine de olanak tanımaktadır.

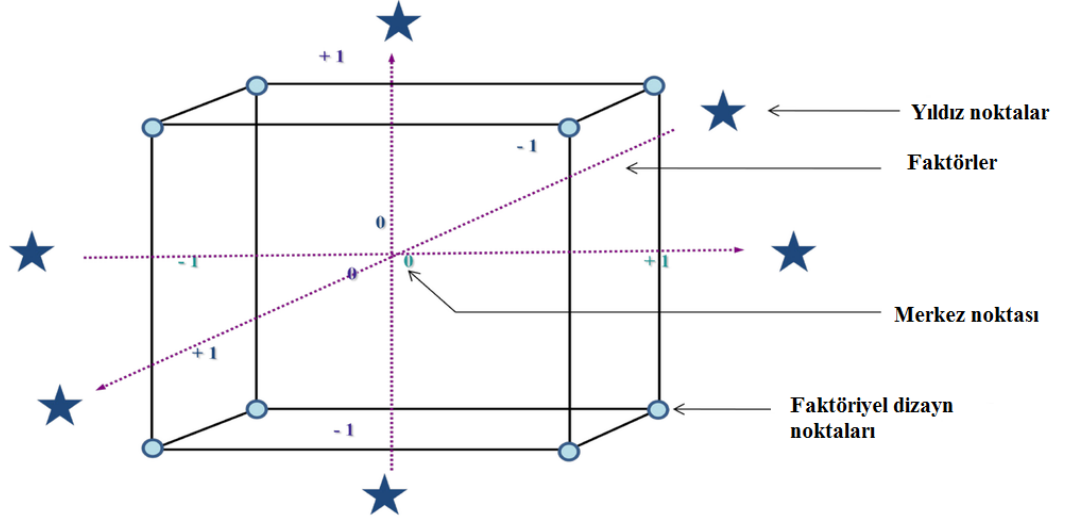
Çoğunlukla, merkezi tümeleşik bir dizayn  $k$  sayıda ve  $x_1, \dots, x_k$  olacak şekilde kodlanan faktörler için 3 kısımdan meydana gelmektedir:

1. Bir faktöriyel veya kübik dizayn,  $x_i = -1$  veya  $x_i = +1$  ( $i=1, \dots, k$ ) koordinatlarında toplamda  $n$  sayıda nokta içerir;

2. Bir aksenel veya yıldız kısmı, merkez nokta hariç bütün koordinatlarda  $n_{ax}=2*k$  nokta sayısı kadar sabit bir değere sahip  $+\alpha$  veya  $-\alpha$ ;
3.  $x_i = \dots x_k = 0$  ( $i=1, \dots, k$ ) kordinatlarında  $n_c$  deneme sayısı kadar merkez nokta denemesidir.

Merkez noktası tüm bağımsız değişkenlerin orta (0) değerini aldığı deneme noktasıdır. Bu noktada yapılan tekrar denemeleri, uygun serbestlik derecesi sağlayarak, kalıntı hatanın, saf deneysel hata ve “lack of fit” olarak ayrılmasını sağlar. Böylece bağımlı değişkenlerin üzerine bağımsız değişkenlerin etkisinin ortaya konduğu matematiksel model test edilebilir. “Lack of fit” model uygunsuzluğu olarak bilinmekte olup, modelin matematiksel formundan kaynaklanan hatayı ifade etmektedir. Aksenel veya yıldız noktaları ise bağımsız değişkenlerin en yüksek ( $+\alpha$ ) ve en düşük ( $-\alpha$ ) değerleri aldıkları noktalardır ve modeldeki eğrilerin geniş bir aralıkta tahminlenmesine olanak sağlamaktadırlar.

Merkezi tümleşik dizayn  $2^2$  faktöriyel bir tasarıma 4 ( $n_c$ ) adet merkez ve 4 ( $\alpha = (2^k)^{1/4}$ ,  $\alpha=1.414$ ) adet aksenel noktanın eklenmesi ile oluşmakta ve toplam 12 denemeyi içermektedir. Merkezi tümleşik dizayn  $2^3$  faktöriyel bir tasarım için ise 6 ( $n_c$ ) adet merkez ve 6 ( $\alpha = (2^k)^{1/4}$ ,  $\alpha=1.683$ ) adet aksenel noktanın eklenmesi sonucunda toplam 20 denemeyi kapsamaktadır. Örnek bir 3 değişkenli CCRD modelinin deneysel tasarım noktaları ile birlikte görünümü Şekil 2.6’da verilmektedir (Turan ve Altundoğan, 2011).



Şekil 2. 6 Örnek bir CCRD modeli

Şekil 2.6'dan da görülebileceği üzere merkezi tümleşik tasarımın en büyük avantajı, ana tasarım noktaları dışında (faktöriyel dizayn noktaları) da deneysel tasarıma olanak vermesidir. Bu model genellikle bir araştırmada matematiksel açıdan doğrusal modellerin yeterli olmadığı durumlarda, ikinci dereceden model denklemlerinin oluşturulması ve açıklanmasında kullanılmaktadır. Bu durumda, matematiksel model ikinci dereceden bir polinom formuna dönüşmektedir. Yanıt değerleri ise, doğrusal ve ikinci dereceden modeller tarafından seçilmiş olan faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir (Turan ve Altundoğan, 2011). Yanıt değerleri aşağıda Eşitlik 2.1'de verilen şekilde hesaplanmaktadır:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j^2 + \sum_{i < j=2}^k \sum_{i=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + e \quad (2.1)$$

Burada;  $\eta$  tahmini yanıt,  $x_i$  ve  $x_j$  yanıt değerleri,  $\beta_0$  sabit katsayı,  $\beta_j$ ,  $\beta_{jj}$  ve  $\beta_{ij}$  sırayla lineer, ikinci dereceden ve iki terimli etkileşim katsayıları olup,  $e$  ise hata değerleridir.

## 2.7 Optimizasyon

Optimizasyon, prosesin belirlenen hedefler (yanıtlar) doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu bağımsız değişkenlerin hedefe (yanıta) olan etkileri de göz önünde bulundurularak bir araya getirilip uygulanması işlemidir. Optimizasyonun birçok avantajı bulunmaktadır:

- Prosesin daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlamaktadır.
- Enerji tasarrufu sağlayarak prosesin ekonomik yükünü azaltmaktadır.
- İstenilen kalitede ürün elde edilmesini sağlamaktadır.
- Bir ekipman veya bir proses için gerekli ve doğru bilgileri elde etme imkanı sağlamaktadır.
- Yeni bir ekipman tasarımı için, girdi bilgilerinin elde edilmesini sağlayıp, proseslerde bu ekipman ile daha kısa sürede ve daha etkin çalışmayı sağlamaktadır.

Proseslerin optimizasyonunda genellikle sistemin performansını veya ürünün kalite kriterlerini belirleyen çok sayıda yanıtla eş zamanlı olarak çalıştırılır. Bu yanıtların bazılarının maksimum seviyede tutulması, bazılarının minimum seviyede tutulması, bazılarının da kabul edilebilir değerler veya hedef değer alması arzu edilebilir. Birçok durumda, yanıtlar birbirleri ile rekabet halindedir, diğer bir ifadeyle bir yanıtın geliştirilmesi diğer bir yanıt üzerinde olumsuz bir etki oluşturabilir. Bu yüzden, optimizasyon çalışmalarında sistemi karakterize eden tüm yanıtların hep birlikte ele alınması gerekmektedir. Ancak bu durumda, optimizasyon oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Bu problemi çözmek için farklı yaklaşımlar öne sürülmüştür. Çok yanıtli optimizasyon problemlerinin çözümünde:

- Lineer olmayan programlama,
- Yanıtların izohips eğrileri çizilerek üst üste yerleştirilmesi (superimposing),
- Desirability fonksiyonu gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır.

### 3 MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Tez çalışmasında kullanılan donmuş parmak patates (French fries) ve ayçiçek yağı İzmir'de yerel bir marketten temin edilmiştir. Donmuş parmak patates örneklerinin homojen olması için 2.5 kg olarak alınan paketler birbiri ile karıştırılarak yaklaşık aynı boyutlarda (1x1x8 cm) parmak patatesler seçilmiş, her üretim için gerekli olan yaklaşık 250 g tartılarak paketlenmiştir. Kızartma işlemine kadar -24°C'ta depolanmıştır. Donmuş parmak patateslerin nem içeriği %71.7±1.7 tespit edilirken, yağ içeriği ise %3.9±0.5 olarak belirlenmiştir. Kızartma üretimlerinde kullanılan ayçiçek yağı ise yerel bir firmadan 5 litrelik tenekelerde temin edilip, kızartma işlemine kadar 4°C'ta muhafaza edilmiştir.

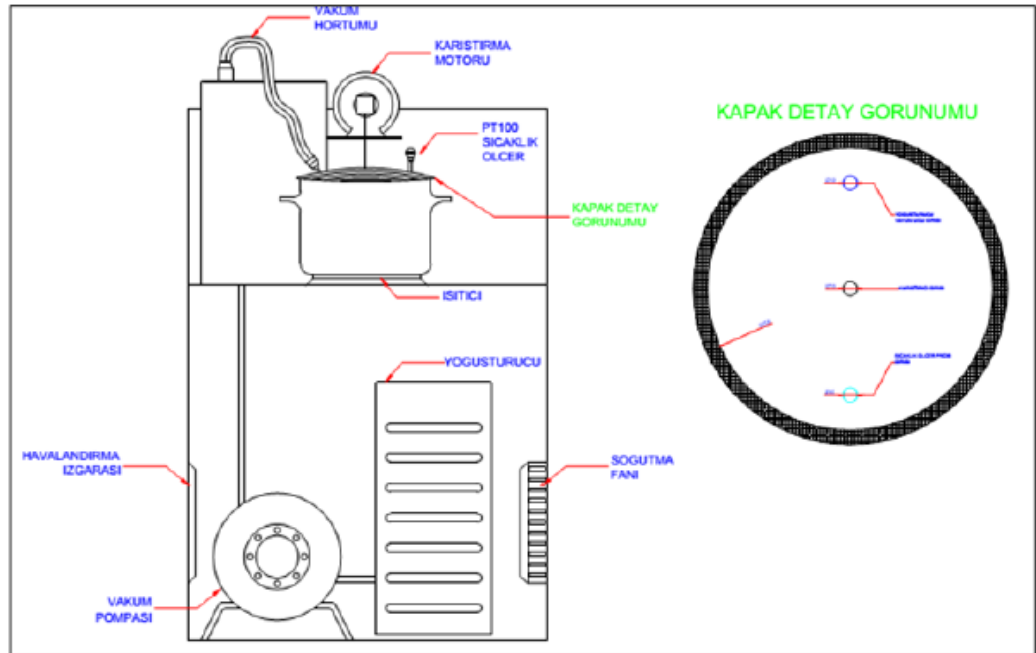
#### 3.2 Ekipman

##### 3.2.1 Vakum kızartma düzeneği tasarımı

Tez çalışması kapsamında vakum kızartma işleminin düşük basınç altında farklı sıcaklıklarda pişirilmesine olanak sağlayacak bir vakum kızartma düzeneği ARÇELİK A.Ş. tarafından geliştirilmiştir. Düzeneğin sistem tasarımı, çalışma şartları ve buna bağlı komponent teknik özellikleri ARÇELİK A.Ş., tez danışmanı Prof.Dr. Figen ERTEKİN ve yüksek lisans tez öğrencisi Esra DEVSEREN'in ortak çalışması ile belirlenmiştir. Vakum altında pişirme düzeneğinin montajı ise ARÇELİK AR-GE laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen düzenek Şekil 3.1'de görülmektedir. Düzeneğin geniş bir vakum aralığında ve hassas sıcaklık kontrolü ile çalışması hedeflenmiştir.



Şekil 3. 1 Vakum kızartma düzeniği



Şekil 3. 2 Vakum pişirme cihazı teknik çizimi



Geliştirilen düzeneğin teknik çizimi Şekil 3.2’de verilmiş olup genel olarak üç kısımdan oluşmaktadır;

- Vakumlu kızartma kazanı: Kullanılan tüm malzemeler paslanmaz özellikte olup gövde 1.4301 kalite krom malzemedan üretilmiş ve montaj eleman ve ekipmanları için DİN 4301 kalite malzeme kullanılmıştır. Kazan 6 litre iç kapasitede ve 200 mm çap ve 260 mm yüksekliğinde dikey silindirik şekildedir. Kazanın iç kısmına, aşağı yukarı hareket ettirilebilen sepet ilave edilebilmektedir ve bu sepet Şekil 3.3’te görülmektedir. Kazanın ısıtılması için kazanın tabanı ile boyutları aynı olan 1.5 kW gücünde elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Kazanın iç sıcaklığı kapağa yerleştirilebilen sıcaklık probu (PT 100) ile ölçülmektedir.



Şekil 3. 3 Sepet

- Yoğuşturucu: Kazandan uzaklaşan su buharını yoğuşturmak için kullanılan yoğuşturucunun içerdiği kompresör 1 kW gücündedir. R404 gaz ile çalışan yoğuşturucunun çıkışında yoğunlaştırılan suyun sıcaklığını ölçmek için sıcaklık probu (PT 100) bulunmaktadır. Yoğuşan suyun sıcaklığının aşırı yükselerek oluşan su buharının vakum pompasına kaçışını engellemek için yoğuşturucu kısmında yer alan probun sıcaklığı maksimum 43°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu sıcaklığın daha üst seviyelerine ulaşıldığı

durumda ise sistem güvenliği için ısıtıcı kapanmaktadır. Yoğuşturucu ve vakum pompası arasında yoğuşan su buharının depolanması için bir adet hazne bulunmaktadır. Haznenin yaklaşık hacmi 1500 ml'dir.

- Vakum pompası: Yağlı tip pompa tercih edilmiş olup geniş bir vakum aralığında çalışmak için 0.55 Hp güce sahiptir. En az 0.1 bar vakum oluşturabilmektedir.

Düzenegin basınç, karıştırıcı hızı ve çalışma süresi PLC kontrol sistemi ile programlanmıştır. Vakum kazanı içerisindeki probun (PT 100) ölçtüğü sıcaklığa bağlı olarak ısıtıcı ise PID kontrol sistemi ile kontrol edilmektedir. PID sistemde kazanın iç sıcaklığı istenilen değere ulaşıncaya kadar ısıtıcı sürekli çalışmakta, istenilen değere ulaşıldıktan sonra ise ısıtıcı belirlenen süre kadar açılıp kapanmaktadır. Isıtıcı % 60 güç ile çalışacak şekilde programlanmıştır.

Düzenekte ölçülen kazanın iç sıcaklığı, yoğuşturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve kazan iç basıncı değerleri 3 sn aralıklarla kaydedilmektedir. Ayrıca, Şekil 3.4'te düzenegin kontrol ekranının görüntüsü görülmektedir.



Şekil 3. 4 Düzenegin Kontrol Ekranı Görüntüsü

### 3.3 Yöntem

#### 3.3.1 Atmosferik basınçta patates kızartması üretimi

Geliştirilen vakum kızartma düzeneğinde gerçekleştirilmiş olan atmosferik basınçtaki üretimlerde, vakum pompası çalıştırılmamış, yalnızca ısıtıcı çalışır duruma getirilmiştir. Ürünün daldırılması ile oluşabilecek yağ sıçramalarının önlenmesi için yerel bir marketten temin edilen delikli bir kızartma teli yerleştirilerek üretimler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan ön denemeler sonucunda atmosferik basınçta kızartma işlemi için çalışma aralığı 5-15 dak olarak belirlenmiş ve üretimler 165°C ve 180°C sıcaklıklarda 5, 7.5, 10 ve 15 dak olmak üzere iki farklı sıcaklık dört farklı sürede yapılmıştır. Her üretimde istenilen sıcaklığa gelen 1.5 litre ayçiçek yağına, düzeneğin sepet kısmına yerleştirilmiş yaklaşık 250 g dondurulmuş parmak patates daldırılarak belirlenen süre boyunca kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kızartma işlemi tamamlandıktan sonra sepet yağın içinden çıkarılarak kızarmış patatesler yüzeyindeki fazla yağdan uzaklaştırılmak için oda sıcaklığına gelinceye kadar kağıt havlu üzerinde bekletilmiştir. Üretimler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

#### 3.3.2 Vakum altında patates kızartması üretimi

Geliştirilen cihazda, vakum altında patates kızartması işlemi için alt ve üst sınır sıcaklık ve süre aralığının belirlenmesinde renk ve tekstür (sertlik) değerlerinden yararlanılmıştır. İstenilen renk (altın sarısı) ve tekstür (sertlik) değerini sağlayan çalışma koşullarının 120-150°C sıcaklık ve 5-15 dakika süre aralığı olduğu görülmüştür. Sürenin 5 dakikadan kısa olması durumunda üründe pişmemiş lezzet algılanmasına, 15 dakikadan uzun olması da bir takım yanmalara ve aşırı sertleşmeye sebep olduğu gözlemlenmiştir.

Vakum kızartma uygulamalarında, uygulanan vakum değerinin sıcaklıktan ayrı bir değişken olması nedeniyle geliştirilen vakum pişirme cihazında oluşturulabilen en düşük basınç değeri olan 13.3 kPa mutlak basınç uygulanmıştır. Tüm vakum kızartma işlemleri 13.3 kPa'da gerçekleştirilmiştir.

Vakum kızartma işlemi için öncelikle yaklaşık 250 g donmuş parmak patates (French Fries) sepete yerleştirilirken kazana ise 1500 g ayçiçek yağı koyulmuş ve sepet kazana yerleştirilerek kapak kapatılmıştır. Ardından ısıtıcı ve vakum pompası çalıştırılarak yağın ısıtılması ve basıncın istenilen düzeye düşmesi sağlanmıştır. Yağ istenilen sıcaklık değerine ulaştığında sepet yağın içine daldırılmış ve belirlenen süre boyunca kızartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kızartma süresinin dolması ile sepet yağdan çıkarılmış ve 30 s boyunca yüzeyindeki fazla yağın uzaklaşması için bekletilmiştir. Daha sonra basınç yükseltip atmosferik basınç düzeyine ulaştığında kapak açılarak alınan kızarmış patateslerin yüzeyindeki fazla yağdan uzaklaştırılmak için oda sıcaklığına gelinceye kadar kağıt havlu üzerinde bekletilmiştir. Üretimler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Üretim anında düzenekte ölçülen kazanın iç sıcaklığı, yoğurturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve kazan iç basıncı değerleri DOP E-Server programı ile 3 sn aralıklarla kaydedilerek, anlık olarak cihazdan ethernet bağlantısı aracılığıyla bir bilgisayara aktarılmış olup, Microsoft Excel paket programı ile görüntülenmiştir. Üretim anında kaydedilmiş kazan iç sıcaklığı, yoğurturucu çıkışındaki buharın sıcaklığı ve iç basınç değerlerine ait örnek bir çizelge, Ek Çizelge 1’de verilmiştir.

### **3.3.3 Vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresine etkisinin belirlenmesi**

Vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresine etkisini belirlemek için, Design Expert paket programı ile vakum kızartma için belirlenen optimum noktada aynı yağ kullanılarak 20 defa kızartma işlemi tekrarlanırken, atmosferik basınçta ise aynı yağ 7 defa kullanılarak 180°C’ta 10 dakika kızartma işlemi uygulanmıştır. Kızartma işlemleri sırasında patates/yağ oranının 1/6 olmasına dikkat edilmiştir. Yağ kalitesindeki değişimi belirlemek için her kızartma işlemi sonrası toplam polar madde içeriği (%), serbest yağ asitliği (% oleik asit), peroksit sayısı (meq O<sub>2</sub> /kg yağ), konjuge dien ve trien içeriği ve yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk (L\*, a\*, b\* ve BI) değerleri ve sertliği analiz edilmiştir. Üretimler 2 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.4 Vakum altında kızartma işlem değişkenlerinin optimizasyonu

Vakum altında kızartma yöntemi ile farklı işlem koşullarında patates kızartması üretimi gerçekleştirilmiş ve patates kızartması üretimi için vakum altında kızartma işlem koşulları CCRD (Merkezi Tümlleşik Dizayn, Central Composite Rotatable Design) deneme desenine göre saptanmıştır. Vakum altında pişirme işlem koşulları ürün sıcaklığı 120-150°C ve işlem süresi 5-15 dak aralığında olacak şekilde CCRD deneme planına göre ayarlanmıştır. Bu sıcaklıkların alt ve üst sınırları literatüre ve ürünün duyuşal özelliklerine göre seçilmiştir. CCRD deneme desenine göre vakum altında pişirme işlem değişkenlerinin aralıkları Çizelge 3.1' de ve deneme deseni ise Çizelge 3.2' de görölmektedir.

Çizelge 3. 1 Merkezi Tümlleşik Tasarım için değişkenler ve seviyeleri

Bağımsız değişkenler	Kodlanmış Seviyeler				
	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$
<b>X<sub>1</sub>; Sıcaklık (°C)</b>	120	124.4	135	145.6	150
<b>X<sub>2</sub>; Süre (dak)</b>	5	6.5	10	13.5	15

Yapılan literatür taramasında sıcaklık (X<sub>1</sub>) ve süre (X<sub>2</sub>) nin patates kızartmasının tekstürü, akrilamid miktarı, yağ içeriği ve duyuşal kalitesi üzerine önemli etkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Bu sebeple, bu iki faktör bağımsız değişkenler olarak; tekstür, TK(Y<sub>1</sub>), akrilamid miktarı, AK(Y<sub>2</sub>), yağ içeriği, Yİ(Y<sub>3</sub>) ve duyuşal kalite açısından genel kabul edilebilirlik, GK(Y<sub>4</sub>) ise sistemin yanıtı (bağımlı değişkenler) olarak seçilmiştir.

Farklı işlem koşullarında üretilen patates kızartmalarının nem miktarı, tekstürü (sertlik), CIE L\*, a\* ve b\* renk değerleri ve esmerleşme indeksi (BI) ve renk yoğunluğu (C\*) değerleri, yağ içeriği, akrilamid içeriği, mikro yapısı ve duyuşal özellikleri analiz edilmiştir. Ayrıca kızartma işleminin yağ kalitesine etkisini belirlemek için kızartma yağında toplam polar madde içeriği (%), serbest yağ asitliği (% oleik asit), asit sayısı (mg KOH/g yağ) ve peroksit sayısı (meq O<sub>2</sub> /kg yağ) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. 2 Merkezi Tümlleşik Tasarım deneme planı

Deneme No	Sıcaklık, X <sub>1</sub> (°C)	Süre, X <sub>2</sub> (dak)
1	124.4 (-1)	6.5 (-1)
2	145.6 (+1)	6.5 (-1)
3	124.4 (-1)	13.5 (+1)
4	145.6 (+1)	13.5 (+1)
5	120.0 (-α)	10.0 (0)
6	150.0 (+α)	10.0 (0)
7	135.0 (0)	5.0 (-α)
8	135.0 (0)	15.0 (+α)
9	135.0 (0)	10.0 (0)
10	135.0 (0)	10.0 (0)
11	135.0 (0)	10.0 (0)
12	135.0 (0)	10.0 (0)
13	135.0 (0)	10.0 (0)

Yanıtlar (Y<sub>1</sub>, Y<sub>2</sub>, Y<sub>3</sub>, Y<sub>4</sub>) ile bağımsız değişkenler (X<sub>1</sub> ve X<sub>2</sub>) arasındaki ilişki bilinmediğinden ikinci dereceden polinomial bir modelle (Eşitlik 3.1, 3.2, 3.3, 3.4) gerçek yanıt fonksiyonuna yaklaşılaçağı varsayılır. Böyle bir modelin fit edilebilmesi için gerekli deneysel veriler CCRD deneme planı izlenerek belirlenmiştir.

$$Y_1 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1,2,3) \quad (3.1)$$

$$Y_2 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1,2,3) \quad (3.2)$$

$$Y_3 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1,2,3) \quad (3.3)$$

$$Y_4 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_{ji} \quad k = (1,2,3) \quad (3.4)$$

Oluşturulan bu modellerin deneysel verilerle ne derece örtüştüğü varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. % 95 güvenlik düzeyindeki Fischer (F-testi) testi uygulanarak her bir faktörün lineer, quadratik ve interaksiyon etkilerinin yanıtlar üzerindeki istatistiksel önemlilikleri bulunmuştur. Her bir etki için hesaplanan  $F_{cal}$  ile tablo  $F_{tab}$  değerleri karşılaştırılmış ve istatistiksel olarak önemli olmayan etkiler modelden çıkarılmıştır. Bir modelin sistemin gerçek yanıtına uygun bir yaklaşım olup olmadığına, “lack of fit”den kaynaklanan hatanın önemsiz ve regresyondan kaynaklanan varyasyonun %95 güvenlik seviyesinde önemli olması koşuluyla karar verilmiştir. Bunun yanı sıra, modelin uygunluğu regresyon katsayısı ( $R^2$ ), düzeltilmiş regresyon katsayısı ( $Adj-R^2$ ), tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı (PRESS) ve tahminlenmiş çoklu belirleme katsayısı ( $Pre-R^2$ ) kullanılarak test edilmiştir.

Ayrıca, regresyon ve varyans analizinde yapılmış olan varsayımların geçerliliğini belirlemek için her bir modele ait diagnostik durum istatistikleri olan kalıntıya karşı normal % olasılık grafiği ve tahminlenen değerlere karşı kalıntı hata grafiği değerlendirilmiştir.

Yapılan bu değerlendirmeler sonunda elde edilen modeller kullanılarak çalışılan deneysel bölge içerisinde kabul edilebilir tekstür değerlerini, minimum yağ içeriğini, minimum akrilamid içeriğini ve maksimum duyuşsal beğeniyi sağlayan optimum işlem koşulları “desirability fonksiyonu” metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bunun dışında, regresyon analizi sonucu elde edilen modeller ile, optimum noktanın belirlenmesine yardımcı olan izohips ve yanıt yüzey eğrileri çizilmiştir.

Optimizasyon için sayısal yöntemler (desirability function) (Derringer and Suich, 1980) kullanılmıştır. Modele göre belirlenmiş olan optimum noktada (optimum işlem koşullarında) da en az beş deneme yapılmış ve optimum nokta deneysel olarak da doğrulanmıştır.

Elde edilen her yanıt için, modelden tahminlenen ve optimum noktanın doğrulanması denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olup olmadığı tek örnek t–testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek t–testi SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı yardımıyla uygulanmış olup, regresyon analizi, istatistiksel analizler, izohips ve yanıt yüzey

grafikleri ve optimizasyon Design Expert Version 7.0 (Statease Inc.) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.5 Analiz yöntemleri

#### Patateste gerçekleştirilen analizler

##### *Nem*

Patates için hammaddede ve pişmiş örneklerde nem tayini vakum etüvde örneklerin kum ile ezilip 65°C' de 24-48 saat bekletilerek sabit tartıma getirilmesiyle gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1990). Sonuçlar, % nem (ağırlıkça) olarak hesaplanmıştır.

##### *Renk*

Patates için, hammadde ve pişmiş örneklerde renk, yüzeyden L\*, a\*, b\* değerleri ölçülerek belirlenmiştir. Pişme sırasındaki renk değişimi, Chroma (C\*) (Eşitlik 3.5) ve kahverengileşme indeksi (BI) (Eşitlik 3.6) ile hesaplanmıştır. Bu analiz, renk tayin cihazı (Konica Minolta, CR-300) ile gerçekleştirilmiş olup ölçümler 10 paralel olacak şekilde yapılmıştır.

Renk yoğunluğu, Chroma (C\*);

$$C * = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (3.5)$$

Kahverengileşme indeksi (BI);

$$BI = \frac{100 * \left( \frac{a + 1.75L}{5.645L + a - 3.012b} - 0.31 \right)}{0.17} \quad (3.6)$$

##### *Tekstür*

Belirlenen süre ve sıcaklıklarda kızartılan patateslerin doku analizi, doku analiz cihazı (Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Patateste sertlik analizi uygulanmış ve bu analiz için delme testi "multiple chip test rig" başlık kullanılarak yapılmıştır. Bu başlık ile 10 patates örneğine aynı anda delme testi yapılarak, uygulanan maksimum güç (N) kaydedilmiştir. Gerçekleştirilen tekstür analizi için uygulama parametreleri aşağıda belirtildiği gibidir.



Test öncesi hız: 2.0 mm/s

Test hızı: 1.0 mm/s

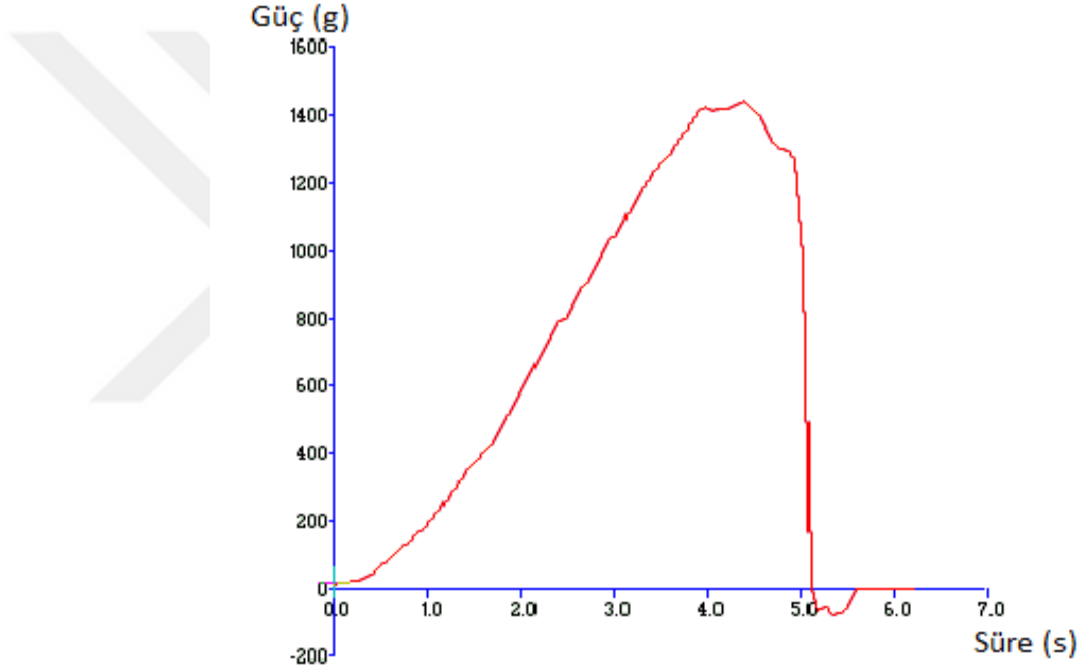
Test sonrası hız: 10.0 mm/s

Mesafe: 5 mm

Tetikleme kuvveti: 20g

Ölçüm başlığı: Multiple chip test rig

Sertlik analizine ait bir örnek grafik Şekil 3.5’de verilmiştir.



Şekil 3. 5 Örnek sertlik grafiği

### ***Akrilamid analizi***

Geliştirilen vakum kızartma cihazı kullanılarak üretilen kızartılmış patateslerin akrilamid içeriği LC/MS-MS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu yöntem akrilamid standartlarının hazırlanması, örnek hazırlama ve saflaştırma olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

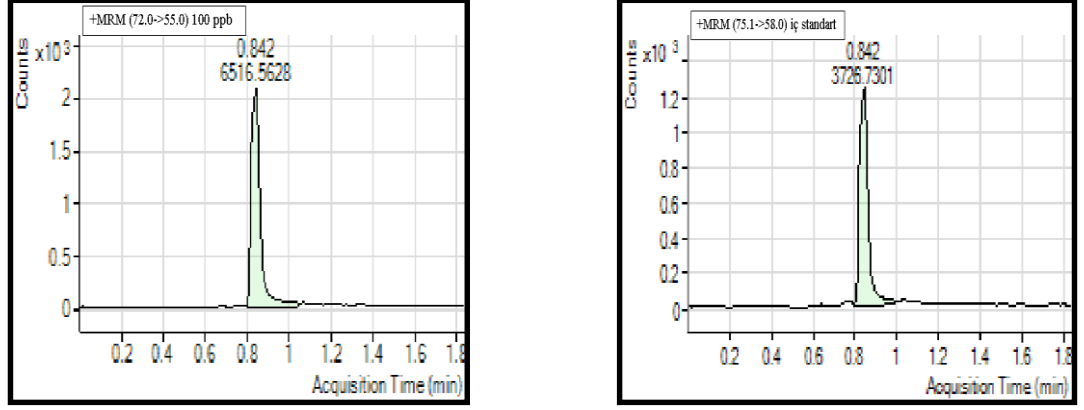
### Akrilamid standartlarının hazırlanması

Akrilamid analizinde kullanılmak üzere akrilamid ve D<sub>3</sub> akrilamid çözeltileri stok çözelti olarak hazırlanmıştır. Bu amaçla, 25 mg standart ve iç standart tartılıp, asetonitril ile 100 ml'ye tamamlanarak, 250 mg/l'lik ana stok çözeltiler hazırlanmıştır ve -18°C'da muhafaza edilmiştir. Böylelikle stok çözeltilerin dayanıklılığı arttırılmıştır. Bu stok çözeltilerden 0.4 ml alınarak saf su ile 100 ml'ye tamamlanarak, 1 mg/l'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır. 1 mg/l'lik stok akrilamid çözeltisinden Çizelge 3.3'te belirtilen hacimlerde alınıp, üzerine 1 mg/l'lik stok iç standarttan 2 ml ilave edilip, standardın pH'sı 2.3 civarında olacak şekilde 3-4 damla derişik hidroklorik asit damlatılarak, saf suyla 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Çizelge 3. 3 Akrilamid standartlarının (25 ml suda) hazırlanmasında kullanılan stok standart çözelti miktarları ve standartların konsantrasyonları

<b>Akrilamid Standardının Konsantrasyonu</b>	<b>Alınan Stok Akrilamid (1 mg/l) Hacmi (ml)</b>	<b>Alınan Stok İç Standart (1 mg/l) Hacmi (ml)</b>	<b>İç Standart Konsantrasyonu</b>
1 ppb	0.025	2	80 ppb
2 ppb	0.050	2	80 ppb
5 ppb	0.125	2	80 ppb
10 ppb	0.250	2	80 ppb
25 ppb	0.625	2	80 ppb
50 ppb	1.250	2	80 ppb
100 ppb	2.500	2	80 ppb

250 mg/l'lik stok standart çözeltiler -18°C'da, 1 mg/l'lik stok çözeltiler ise +4°C'da bekletilmiştir. 1 mg/l'lik standart çözeltiler 2 günden fazla kullanılmamıştır. Şekil 3.6'de solda I. quadrupolde elde edilen 72.0 kütleli parçacığın II. quadrupolde verdiği 55,0 kütleli parçalanma ürününün (CH<sub>2</sub>=CH-C=O) piki, sağda ise D<sub>3</sub> akrilamid için 75.1 kütleli ana parçacıktan oluşan 58.0 kütleli parçacığın (CD<sub>2</sub>=CD-C=O) piki görülmektedir



Şekil 3. 6 Akrilamid standardı ve D3 Akrilamide ait LC-MS/MS kromatogramı

### Akrilamid analizi için örnek hazırlama

Akrilamid analizinde Palazoğlu et al. (2010) tarafından kullanılan yöntem üzerinde çeşitli modifikasyonların yapıldığı Alpözen (2012) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, GC-MS yöntemine göre daha hızlı, daha az kimyasalın kullanıldığı, güvenilir ve tekrarlanabilirliği yüksek bir yöntem olduğu için tercih edilmiştir.

Örnekler öğütüldükten sonra analize kadar -18°C’da saklanmıştır. Öğütülen örneklerden 6 gram bir behere tartılıp, üzerine 30 ml HPLC saflığında su ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcıda 30 dakika karıştırılmıştır. Karıştırma işleminin 25. dakikasında büyük moleküllü bileşikleri çöktürmek için 1.5 ml Carez I (10.6 g potasyum hexasiyanoferrat trihidrat/100 ml su) ve 1,5 ml Carez II (24 g çinko asetat dihidrat/100 ml su) çözeltisi ilave edilmiştir. Beher 3 ml su ile yıkanarak, çözelti santrifüj tüpüne alınıp, 10000 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında sıvı faz ayırma hunisine alınıp, 20 ml hekzan ile çalkalanarak, örnekteki apolar maddeler uzaklaştırılmıştır. Sulu fazdan alınan 20 ml, 25 ml’lik balon jojoye alınıp, üzerine 1 mg/l’lik iç standart çözeltisinden 2 ml ilave edilerek, derişik HCl damlatılarak pH’sı 2.3 civarına ayarlanmış ve 25 ml’ye saf su ile tamamlanmıştır.

### Saflaştırma

Elde edilen ekstrakt kartuştan geçirmek suretiyle saflaştırılmıştır. Waters Oasis MCX kartuş şartlandırılmıştır. Bunun için önce 1 ml metanol saniyede bir damla akacak şekilde kartuştan geçirilip, sonrasında HPLC saflıkta 1 ml su aynı şekilde kartuştan geçirilmiştir. Bundan sonra kartuşta fiziksel olarak tutunmuş olan sıvı fazı uzaklaştırmak için enjektör boş basılarak hava geçirilmiştir. Böylelikle örnekte veya standartta seyrelmeye yol açacak sıvı uzaklaştırılmıştır. Bu aşamada kartuş kullanıma hazırdır ve 1 ml örnek ekstraktı saniyede bir damla olacak şekilde kartuştan geçirilip, damlalar vialer alınmıştır. LC/MS-MS cihazına enjeksiyon yapılmıştır.

### ***Yağ içeriği***

Farklı süre ve sıcaklıklarda kızartılmış patateslerin yağ içerikleri, Soxhlet sistemi ile çözügen olarak hekzan kullanılarak gravimetrik olarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2010). Bu amaçla 10 g örnek kartuşa tartılarak, hekzan yardımıyla Soxhlet aparatında yağın ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilen yağ-hekzan karışımı vakumlu evaporatöre konularak, hekzan buharlaştırılmış, kalan yağ iz miktarda hekzanın buharlaştırılması için etüvde 105°C 'de bekletilmiş, daha sonra analitik terazide tartımı alınmıştır. Başlangıçta sabit tartıma getirilmiş balonun darası bilindiğinden, son tartım başlangıç darasından çıkarılarak, sonuçlar %, w/w olarak hesaplanmıştır.

### ***Mikroyapı***

Çiğ ve belirli süre ve sıcaklık değerlerinde kızartılan patatesin mikroyapısı Bilgisayarlı Mikro Tomografi (Micro-CT) ile Ege MATA Labrotuarından hizmet satın alımı ile gerçekleştirilmiştir. Örnekler kızartma işleminin ardından hemen -24°C'de dondurularak mikroyapıda olabilecek değişiklikler önlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin analize hazırlanması için parmak patateslerin orta kısmından yaklaşık 3 mm kalınlığında kesitler alınarak tekrar -24°C'deki soğuk hava deposunda 1 gün süreyle bekletilmiştir. Daha sonra dondurulmuş örnekler 10°C plaka sıcaklığına sahip laboratuvar ölçekli dondurarak kurutucuda (liyofilizatör) (Armfield Limited-FT33 Vacuum Freeze Drier) 10 saat süresince kurutulmuştur. Bu işlem sırasında kondenser sıcaklığı -48 ile -52°C arasında değişim göstermiştir. Daha sonra dondurarak kurutulmuş parmak patates

kesitleri Bilgisayarlı Mikro Tomografi (Micro-CT) cihazına yerleştirilmiş ve cihaz ile X- ışınları kullanılarak malzemenin kesitlerinden aldığı görüntülerle üç boyutlu (3D) model oluşturulmuştur. Ayrıca ortalama gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) değerleri belirlenmiştir.

### ***Duyusal analiz***

Geliştirilen vakum kızartma cihazı kullanılarak üretilmiş kızartılmış patateslerin; görünüş, renk, doku, lezzet (tat ve koku) ve genel tercih özellikleri duysal analize tabi tutulmuştur.

Duyusal analiz 10 kişilik yarı-egitilmiş panel grubu tarafından, panel grubu ve ilgili literatür (Holtz et al., 1984; Altuğ ve Elmacı, 2005) yardımıyla hazırlanmış olan duysal değerlendirme formlarında yer alan 5 puanlık skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnek duysal değerlendirme formu Ek Çizelge 2’de verilmiştir.

### **Kızartma yağında gerçekleştirilen analizler**

#### ***Serbest yağ asitliği tayini***

Patateslerin farklı süre ve sıcaklık değerlerinde kızartılması işleminde kullanılan yağdaki serbest yağ asidi içeriği ayarlı bir alkali çözelti kullanılarak titrimetrik yöntem ile belirlenmiştir (AOAC, 1990).

Yağ örneği içindeki suyu uzaklaştırmak için örnek ısıtılır. Filtre kâğıdından süzülür. Süzüntüden 10 g alınarak 50 ml 1/1 V/V oranındaki etanol (%95’lik, 100ml’inde 5 damla fenolftalein çözeltisi bulunmalı ve kullanılmadan hemen önce 0.1 N etanollü KOH ile nötrleştirilmiş olmalı)- dietil eter (fenolftalein e karşı nötrleştirilmiş) karışımında çözülür. Birkaç damla %1’lik fenolftalein çözeltisi damlatılır ve ayarlı 0.1 N etanollü KOH ile fenaofalein kalıcı renk verinceye kadar titre edilir. Aynı şartlar altında yağ örneği katılmamış kör deneme yapılır (Göğüş ve ark., 2009). Serbest yağ asitliği Eşitlik 3.7 ve asit sayısı Eşitlik 3.8 ile hesaplanmıştır.

$$\text{Serbest yağ asitliği} = \frac{(V-V_0)}{m} * 2.82 \quad (\% \text{ oleik asit cinsinden}) \quad (3.7)$$

$$\text{Asit sayısı} = \frac{(V-V_0)}{m} * 5.61 \quad (\text{mg KOH/gram yağ}) \quad (3.8)$$

Burada;

V: Örnek için harcanan 0.1 N KOH, ml

V<sub>0</sub>: Kör için harcanan 0.1 N KOH, ml

m: Örnek miktarı, g

### ***Peroksit sayısı***

Patateslerin farklı süre ve sıcaklık değerlerinde kızartılması işleminde kullanılan yağın peroksit içeriği; titrimetrik yöntem ile tespit edilmiştir.

Peroksit değeri için 5 g yağ asetik asit/kloroform (25 ml 3:2 v:v) ve doymuş KI çözeltisi (1 ml) eklenerek 1 dak karıştırılır. 5 dak karanlıkta bekletilir. Süre sonunda 75 ml su eklenir ve 1 ml nişasta çözeltisi (1 g/100ml) eklenir. İyot sebebiyle oluşan mavi renk kaybolana kadar 0,01N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile titre edilir. Kör deneme de yapılır. Eşitlik 3.9 kullanılarak peroksit sayısı belirlenmiştir (AOAC, 1990).

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{10*(T-T_0)*F}{g} \quad (\text{meq O}_2 / \text{kg yağ}) \quad (3.9)$$

Burada;

T = Titrasyonda harcanan 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

T<sub>0</sub> = Kör denemede harcanan 0,01 N sodyum tiyosülfat çözeltisi, ml

F = 0,01 N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> çözeltisinin ayar faktörü

g = Alınan örneğin ağırlığı, g.

### ***Toplam polar madde tayini***

Vakum altında ve atmosferik basınçta kızartma işlemi için kullanılan yağların toplam polar madde içeriği Kızartma Yağı Test Cihazı (Testo 270, Almanya) ile belirlenmiştir. Ölçümler 3 paraleli yapılmış ve kızartma yağının sıcaklığının yaklaşık  $80(\pm 5)^{\circ}\text{C}$  olmasına dikkat edilmiştir.

### ***Konjuge dien ve trien tayini***

Kızartma yağının kullanım süresinin belirlenmesi için yapılan üretimlerde kullanılan yağın konjuge dien ve trien içeriği UV spektrofotometre ile belirlenmiş ve E değeri olarak verilmiştir (Anonymous, 1989). Oluşan oksidasyon ürünleri 232 nm ve 270 nm'de okunmuştur. Konjuge dien oluşumu 232 nm'deki özgül soğuma değeri ile, konjuge trienlerin oluşumu ise 270 nm'deki özgül soğuma değeri ile tespit edilmiştir.

### **İstatistiksel analiz**

Vakum altında pişirme işlem koşullarının optimizasyonunda kullanılacak olan kalite özellikleri (tekstür, akrilamid içeriği, yağ içeriği ve duyuusal beğeni) haricinde incelenen diğer kalite parametreleri üzerine bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve sürenin etkisini istatistiksel olarak değerlendirmek için tek değişkenli (Univariate) bir test yöntemi olan Tek Değişkenli Varyans Analizi (Univariate Analysis of Variance) yöntemi uygulanmıştır.

Ayrıca atmosferik koşulda farklı kızartma sürelerinin ve sıcaklığının patates kızartmasının kalite parametreleri (nem, tekstür, CIE L\*, a\* ve b\* değerleri ve renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri, akrilamid içeriği, yağ içeriği, ortalama gözenek çapı ve duyuusal beğeni) üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) yapılarak değerlendirilmiştir.

Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma süresi ve sıcaklığın, kızartma yağının kalite göstergesi olan toplam polar madde (TPM), serbest yağ asidi içeriği, asit sayısı, peroksit sayısı, konjuge dien ve trien değerleri üzerine etkisini belirlemek için yine varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır.

Ayrıca kızartılmış patatesten analiz edilen nem, tekstür, yağ içeriği, CIE L\*, a\* ve b\* değerleri ve renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI)

değerleri, akrilamid içeriği, ortalama gözenek çapı ve duyuusal beğeni sonuçlarının birbirleri ile ilişkisi korelasyon analizi yapılarak ortaya konulmuştur.

İstatistiksel analizler SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



## **4 SONUÇLAR VE TARTIŞMA**

### **4.1 Atmosferik Basınçta Parmak Patates Kızartılması Koşullarının Kızartılmış Parmak Patates ve Kızartma Yağı Kalitesi Üzerine Etkisi**

Vakum altında gerçekleştirilen denemeler sonucu elde edilen parmak patates kızartmasının kalitesini, atmosferik basınçta üretilen parmak patates kızartması ile karşılaştırmak amacıyla, aynı sistemde vakum çalıştırılmadan



atmosferik basınçta 2 farklı sıcaklıkta (165°C ve 180°C) ve 4 farklı sürede (5, 7.5, 10 ve 15 dak) parmak patates kızartması üretimi gerçekleştirilmiştir.

Atmosferik basınçta üretilen kızartılmış parmak patateslerin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), renk yoğunluğu ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri Çizelge 4.1'de ve nem içeriği (%), sertlik değeri (N), yağ içeriği (%), akrilamid içeriği (ppb) ve ortalama gözenek çapına ( $\mu\text{m}$ ) ait sonuçlar, ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

$L^*$  değeri 0-100 aralığında değişmektedir ve  $L^*$  değerinin 0 olması siyahı, 100 olması ise beyazı temsil etmektedir. Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin renginin açıklık-koyuluğunu gösteren  $L^*$  değerleri incelendiğinde, uygulanan sıcaklık ve sürenin artması ile  $L^*$  değerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.  $L^*$  değerindeki azalma renkteki koyulaşmanın göstergesidir. 165°C'ta gerçekleştirilen kızartma işlemiyle elde edilen parmak patateslerin  $L^*$  değeri 66.37-61.11 arasında değişirken, 180 °C'ta ise 66.23-58.92 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.1'de verilen  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine bakıldığında ise, atmosferik basınçta kızartma işleminde sıcaklığın ve sürenin artması ile parmak patatesin kırmızılık/yeşillik değerinin göstergesi olan  $a^*$  değerlerinde ve sarılık/mavilik değerinin göstergesi olan  $b^*$  değerlerinde artış olduğu belirlenmiştir. İki sıcaklıkta da 15 dakika kızartma uygulanması sonucunda pozitif  $a^*$  değerleri elde edilmiştir. Bunun nedeninin ilerleyen Maillard reaksiyonu olduğu düşünülmüş ve kırmızı rengin oluşmaya başladığı görülmüştür. Sıcaklığın daha yüksek olması nedeniyle, 180°C'ta 15 dak kızartılmış parmak patatesin  $a^*$  değerinin (6.85) 165°C'ta 15 dak kızartılmış parmak patatesin  $a^*$  değerinden (0.17) oldukça yüksek olduğu tespit edilmiş ve bunun nedeni olarak yüksek sıcaklıkta Maillard reaksiyonunun daha hızlı gerçekleşmiş olduğu düşünülmüştür.  $b^*$  değerlerindeki artış ise kızartılmış parmak patatesin sarılığında artış olduğunun göstergesidir. En yüksek  $b^*$  değeri (35.72) 180°C'ta 15 dakika kızartma işlemi uygulanması ile elde edilmiştir.

Çizelge 4. 1 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri

Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	BI
165	5	66.37±0.20	-5.57±0.09	24.27±0.18	24.99±0.25	26.72±0.03
	7.5	65.52±0.14	-3.83±0.18	31.11±0.37	31.34±0.19	37.27±0.12
	10	63.09±0.05	-3.25±0.21	33.20±0.16	33.39±0.22	42.17±0.23
	15	61.11±0.26	0.17±0.02	33.23±0.04	33.27±0.04	46.99±0.04
180	5	66.23±0.12	-4.51±0.15	27.79±0.23	28.20±0.08	31.82±0.08
	7.5	64.65±0.08	-3.35±0.11	29.89±0.03	30.08±0.05	36.74±0.11
	10	62.39±0.05	-1.95±0.07	32.39±0.12	32.54±0.14	41.99±0.13
	15	58.92±0.10	6.85±0.01	35.72±0.25	36.48±0.13	61.23±0.03

Renk doygunluğunun ve rengin canlılığının bir göstergesi olan Chroma ( $C^*$ ) değerleri incelendiğinde de, genellikle artan süre ile kızartılan parmak patatesin renk doygunluğunda artış olduğu ve daha canlı bir sarı renge doğru değişimin olduğu gözlenmiştir.

Yüzeyde gerçekleşen Maillard reaksiyonunun en önemli göstergelerinden olan kahverengileşme indeksi (BI) değerleri ise atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerde 165°C'ta 26.72 ile 46.99 arasında iken, 180°C'ta ise 31.82 ile 61.23 arasında değişmektedir. Kızartma süresinin artması ile BI değerinin arttığı, sıcaklığın artması ile 5. ve 15. dakikalarda belirgin farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 2 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin kalite analizleri sonuçları

Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Nem içeriği (%)	Sertlik (N)	Yağ içeriği (%)	Akrilamid miktarı (ppb)	Gözenek çapı (µm)
165	5	49.05±0.66	16.49±0.52	14.12±0.31	525.5±6.4	148.1
	7.5	41.18±0.39	20.71±0.20	16.18±0.09	660.0±14.1	157.0
	10	38.56±0.50	26.93±0.18	18.96±0.33	813.5±17.7	161.9
	15	21.55±0.05	45.05±0.38	20.86±0.20	1180.4±27.8	686.1
180	5	47.55±0.15	23.47±0.24	13.37±0.11	716.1±22.5	123.7
	7.5	40.98±0.19	28.66±0.08	14.73±0.15	950.0±37.0	148.5
	10	28.90±0.39	33.81±0.11	17.30±0.23	1205.0±38.2	189.2
	15	19.71±0.20	51.74±0.09	18.97±0.09	1563.5±4.9	423.9

Kızartılmış gıdaların, nem içeriğindeki değişim gıdanın tekstürünü ve yağ absorpsiyonunu belirleyen önemli parametrelerdendir. İstenilen tekstür özelliklerinin sağlanması ve yağ absorpsiyonunun sınırlandırılması için nem içeriğindeki değişime dikkat edilmelidir. Nem içeriğinin fazla azalması durumunda sertlik artacak ve gıdadaki suyun uzaklaşması ile oluşan boşluklar yağ tarafından doldurulacaktır. Bu nedenle nem değerindeki azalma sınırlı tutulmaya çalışılmaktadır. Pedreschi (2012), kızartılmış parmak patatesin nem içeriğinin %38 ve yağ içeriğinin ise %15 olması gerektiğini bildirmiştir. Saguy and Dana (2003) ise yağ içeriğinin %14.8 ve nem içeriğinin %39.5 olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Gerçekleştirilen çalışmada, atmosferik basınçta kızartma işleminde uygulanan sıcaklık ve sürenin artması ile nem içeriğinde önemli düzeyde azalma gerçekleşmiştir. Başlangıç nem içeriği %71.7 olan parmak patateslerin, 165°C'ta 15 dakika kızartılması ile nem içeriği %21.55'e düşerken, 180°C'ta 15 dakika kızartılması ile ise nem içeriği %19.71'e düşmektedir.

Atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslerin sertlik değerlerinin 16.49 – 51.74 N arasında değiştiği belirlenmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi sertlik değerlerinde, kızartma süresinin ve sıcaklığının artmasıyla birlikte bir miktar artış görülmektedir. Ayrıca, yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, sertlik ve nem içeriği değerleri arasında zıt yönde korelasyon ( $r = -0.955$ ) olduğu saptanmıştır. Nem ve yağ içeriği değerleri arasında da zıt yönlü korelasyon ( $r = -0.858$ ) olduğu bulgulanmıştır.

Kızartılmış parmak patateslerin yağ içeriğinin kızartma süresinin artması ile arttığı, sıcaklığın yükselmesi ile ise azaldığı tespit edilmiştir. Pedreschi and Moyano (2005) yaptıkları çalışmada kızartma yağı sıcaklığının artması ile yağ emiliminin azaldığını belirlemişlerdir. Bunun nedeni olarak; yüksek sıcaklıkta gıdanın yüzeyinde daha hızlı kuruma gerçekleşerek kabuk oluşmakta ve bu kabuk yağ emilimi için bariyer görevi görmektedir.

Yüksek sıcaklık uygulamasının göstergesi olan akrilamid değerleri incelendiğinde ise, farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin akrilamid içeriğinin 525.5 ppb ile 1563.5 ppb arasında değiştiği gözlenmiştir. Atmosferik basınçta kızartma sıcaklığı ve süresi arttıkça parmak patateslerin akrilamid içeriğinde yüksek oranda artış meydana geldiği saptanmıştır.

Pedreschi et al. (2005) patatesin kızartılması için sıcaklığın 120°C’tan 150°C’ta yükseltilmesi ile akrilamid içeriğinin yaklaşık 58 kat arttığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise 10 dakikalık kızartma süresi için sıcaklığın 165°C’tan 180°C’a artması ile akrilamid içeriğinin yaklaşık %48 arttığı bulgulanmıştır. Patates ürünlerinin kızartılmasında sıcaklığın artırılması ile daha yüksek akrilamid içeriğine sahip ürünlerin elde edileceğini gösteren birçok çalışma mevcuttur (Palazoğlu et al.,2010; Pedreschi et al.,2005).

Yapılan korelasyon analizi sonucunda atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patatesin akrilamid içeriği ile BI ve nem içeriği değerleri arasında oldukça yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiş olup BI değeri için korelasyon katsayısı ( $r$ ), 0.918 iken nem içeriği değeri ile zıt yönlü korelasyon olduğu ve korelasyon katsayısının -0.929 olduğu belirlenmiştir.

Mikroyapıdaki değişimin önemli göstergelerinden biri olan ortalama gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) değerleri kızartma süresinin artması ile artarken, kızartma sıcaklığının artmasından düzenli şekilde etkilenmediği görölmektedir (Çizelge 4.2). Gözenek çaplarının 123.7 ile 686.1  $\mu\text{m}$  aralığında değiştii gözlenmiştir.

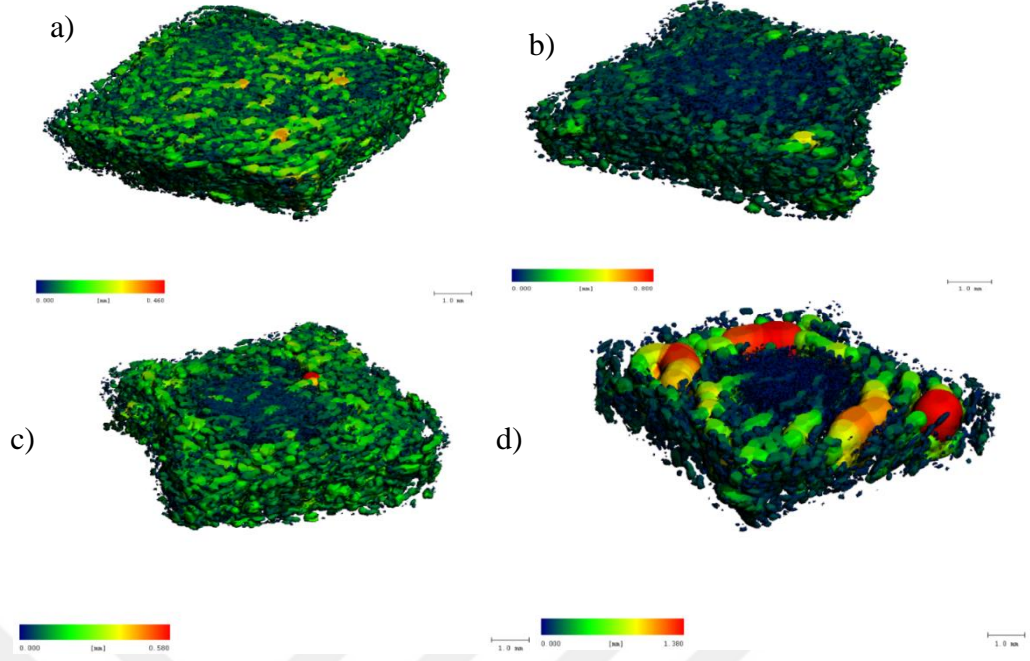
Gıdaların kızartma esnasında geçirdii kompleks değişimlerin anlaşılabilmesi için gözenek boyutları ve gıdanın yapısına etkisinin tespit edilmesi kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca, yağ emiliminin anlaşılmasına da olanak oluşturmaktadır (Bouchon et al., 2003).

Kalogianni and Papastergiadis (2014), parmak patatesin kabuk kısmındaki gözeneklerin çaplarını SEM ile incelemişler ve ortalama gözenek çaplarını 180°C'ta 3 dak kızartma ile 2.4-2.6  $\mu\text{m}$ , 12 dak kızartma ile 1.58-0.68  $\mu\text{m}$  olarak belirlemişlerdir. Kalogianni and Papastergiadis (2014) tarafından elde edilen değerler ile bu çalışmada elde edilen sonuçların birbirinden farklı olmasının nedeninin ise çalışmada sadece kabuk kısmı incelenirken, bizim çalışmamızda iç ve kabuk kısmının beraber incelenmesi olduğu düşünölmektedir.

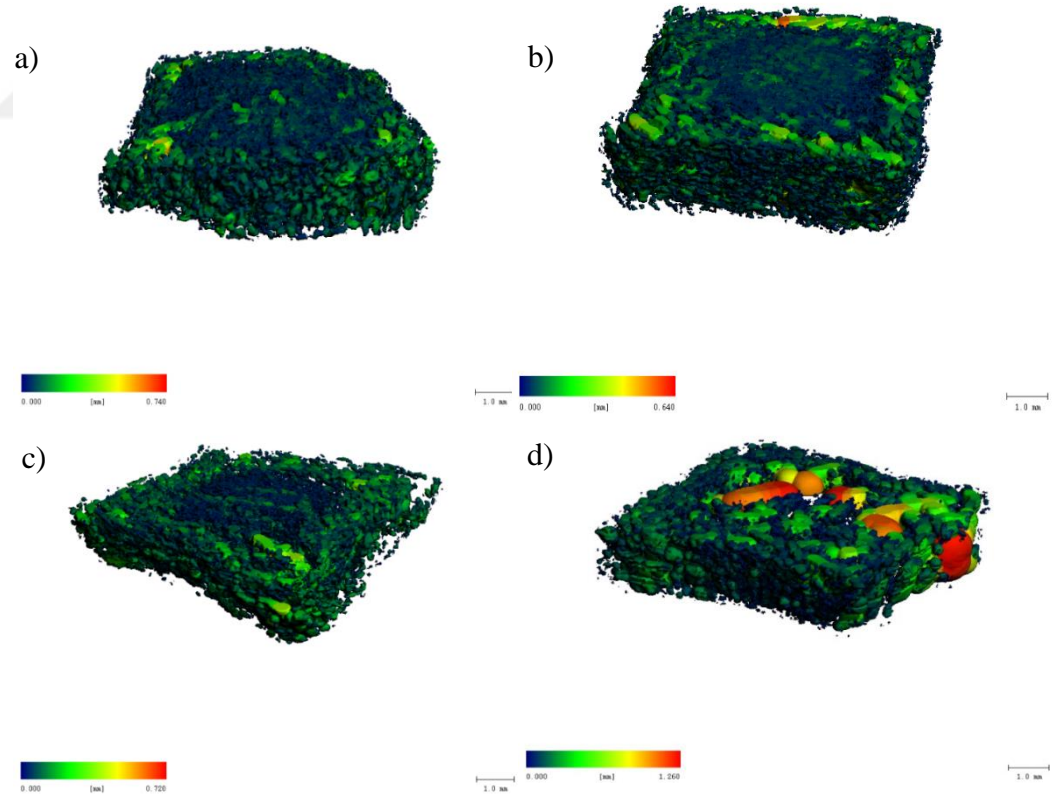
Alam and Takhar (2016) ise patates cipsinin mikroyapısını tomografi ile belirlemişlerdir. Gözenek çapının kızartma süresinin artması ile artığını (6-22  $\mu\text{m}$ ), toplam gözenek sayısının ise azaldığını tespit etmişlerdir.

Yapılan korelasyon analizi sonuçlarına göre, atmosferik basınçta farklı sürelerde kızartılan parmak patateslerin gözenek çapı değerleri ile sertlik ve yağ içeriği değerleri arasında korelasyon tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı değerleri (r) sertlik için 0.802 ve yağ içeriği için 0.781 olarak belirlenmiştir.

Gıdaların mikroyapısının incelenmesi için mikroskop ya da tomografiden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada kızartılmış parmak patateslerin mikroyapısının belirlenmesi için tomografi kullanılmıştır. Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Bilgisayarlı Mikro Tomografi (Micro-CT) fotoğrafları Şekil 4.1'de ve Şekil 4.2'de görölmektedir.



Şekil 4. 1 Atmosferik basınçta 165°C'ta 5 (a), 7.5 (b), 10 (c) ve 15 (d) dak sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT fotoğrafları



Şekil 4. 2 Atmosferik basınçta 180°C'ta 5 (a), 7.5 (b), 10 (c) ve 15 (d) dak sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT fotoğrafları

Micro-CT görüntülerinde kesitlerin renklerinin maviden kırmızıya doğru değişmesi gözenek çapının büyümesini göstermektedir. 5, 7.5 ve 10 dak kızartma işlemi uygulanan parmak patateslerin kabuk kısmında gözenekliliğin daha fazla olduğu tespit edilebilirken, özellikle 180°C'ta 15 dak kızartma uygulanan parmak patateslerin iç kısmında oldukça büyük gözeneklerin olduğu gözlenmiştir. Bunun sürenin uzun olması nedeniyle gerçekleşen fazla nem kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Atmosferik basınçta uygulanan farklı kızartma sürelerinin ve sıcaklıklarının parmak patatesin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), renk yoğunluğu ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI), nem içeriği (%), sertlik değeri (N), yağ içeriği (%), akrilamid içeriği (ppb) ve ortalama gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) değerleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak belirlenmiştir. Kızartılmış parmak patateslerin renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), Chroma ( $C^*$ ), kahverengileşme indeksi (BI) değerleri üzerine kızartma sıcaklığı ve sürelerinin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.3'te ve kızartılmış parmak patatesin kalite parametreleri üzerine kızartma süresi ve sıcaklığının % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu ise Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 3 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin renk, Chroma ve BI değerleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	L*		a*		b*		C*		BI	
		Karelerin ortalaması	p- değeri	Karelerin ortalaması	p- değeri	Karelerin ortalaması	p- değeri	Karelerin ortalaması	p- değeri	Karelerin ortalaması	p- değeri
Model	7	14.050	0.972	31.092	0.001*	25.950	0.963	25.015	0.964	218.907	0.224
Kesişim	1	64588.410	0.000*	59.598	0.001*	15327.678	0.000*	15661.897	0.000*	26395.689	0.000*
X <sub>1</sub>	1	3.793	0.817	22.610	0.016*	3.940	0.854	4.676	0.839	86.630	0.429
X <sub>2</sub>	3	30.763	0.715	56.684	0.000*	53.657	0.699	50.725	0.706	434.509	0.070
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3	0.757	0.998	8.326	0.073	5.580	0.984	6.084	0.981	47.399	0.770
Hata	8	66.159		2.428		109.674		106.121		124.89	

\*  $p < 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemliX<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)



Çizelge 4. 4 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin kalite parametreleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Nem içeriği		Sertlik		Yağ içeriği		Akrilamid miktarı		Gözenek çapı	
		Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri
Model	7	246.321	0.000*	297.465	0.000*	14.300	0.003*	237742.788	0.000*	79103.368	0.000*
Kesişim	1	21005.006	0.000*	14974.417	0.000*	4471.597	0.000*	14492677.96	0.000*	1038921.526	0.000*
X <sub>1</sub>	1	43.378	0.034*	173.712	0.002*	11.424	0.025*	393913.141	0.000*	17895.751	0.000*
X <sub>2</sub>	3	542.141	0.000*	635.468	0.000*	29.270	0.001*	414561.611	0.000*	161196.309	0.000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3	18.149	0.114	0.714	0.968	0.288	0.900	8867.182	0.001*	17412.967	0.000*
Hata	8	6.658		8.747		1.517		585.439		7.888	

\*  $p < 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Atmosferik basınçta kızartma sıcaklığının ve süresinin parmak patateslerin  $L^*$  ve  $b^*$ , Chroma ( $C^*$ ) ve BI değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) tespit edilirken, yalnızca  $a^*$  değerleri üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Kızartılmış parmak patateslerin  $a^*$  değerleri işlem değişkenleri olarak seçilen sıcaklık ve süreden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) etkilenmektedir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde ise, atmosferik basınçta farklı kızartma sıcaklıklarının ve sürelerinin parmak patateslerin nem içeriği (%), sertlik değeri (N), yağ içeriği (%), akrilamid miktarı (ppb) ve gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

Atmosferik basınçta üretilen kızartılmış parmak patateslerin duyuşal beğenisini gösteren görünüş, renk, doku, tat ve genel tercih değerlendirmelerine ait sonuçlar ise Çizelge 4.5'te görülmektedir.

Çizelge 4. 5 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait duyuşal değerlendirme sonuçları

Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Görünüş	Renk	Doku	Tat	Genel tercih
165	5	3.57±0.28	3.57±0.25	2.71±0.21	2.64±0.07	3.14±0.09
	7.5	4.29±0.46	4.50±0.12	4.07±0.03	4.29±0.15	4.43±0.01
	10	4.00±0.13	4.00±0.22	4.36±0.30	4.21±0.17	4.29±0.10
	15	2.64±0.05	2.36±0.20	3.00±0.12	2.71±0.26	2.71±0.25
180	5	3.86±0.01	4.00±0.08	3.14±0.10	3.14±0.35	3.29±0.17
	7.5	4.58±0.19	4.75±0.13	4.42±0.19	4.75±0.21	4.67±0.15
	10	4.50±0.05	4.33±0.14	4.17±0.08	4.17±0.09	4.00±0.00
	15	2.79±0.36	2.64±0.28	2.43±0.18	3.29±0.04	2.79±0.10

Çizelge 4.5'e göre, görünüş, renk, doku, tat ve genel tercih açısından en yüksek beğeni puanlarını, atmosferik basınçta 180°C'ta 7.5 dakika süre ile kızartılmış parmak patatesler almıştır. Uygulanılan iki sıcaklık değerinde de genel tercih açısından en yüksek değeri alan 7.5 dak kızartılmış parmak patatesler olmuştur. Kızartma süresinin artması ile renkte koyulaşma ve fazla nem kaybının gerçekleşmesi ile dokuda aşırı sertleşme meydana gelmekte bu da istenilmeyen renk ve dokunun oluşmasına sebep olmaktadır. Bu olumsuz özellikler, kızartılmış parmak patatesin beğeni özelliklerini etkilemiş ve panelistler tarafından düşük puanlar verilmesine sebep olmuştur.

Atmosferik basınçta uygulanan farklı kızartma sıcaklıklarının ve sürelerinin kızartılmış parmak patatesin duyuusal beğeni özellikleri üzerine etkisi varyans analizi (ANOVA) kullanılarak saptanmıştır. Kızartılmış parmak patatesin duyuusal beğenisi üzerine kızartma sıcaklıkları ve sürelerinin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Atmosferik basınçta kızartma işleminde uygulanan işlem değişkenleri olan sıcaklık ve sürenin parmak patateslerin duyuusal beğeni özelliklerinden görünüş, tat ve genel tercih değerleri üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilirken, renk ve doku değerleri üzerine etkilerinin ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ( $p>0.05$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ayrıca görünüş ve tat değerleri üzerine sıcaklık ve süre interaksiyonunun da önemli olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4. 6 Atmosferik basınçta kızartılmış parmak patatesin duyuusal beğeni özellikleri üzerine kızartma sıcaklığı ve süresinin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Görünüş		Renk		Doku		Tat		Genel tercih	
		Karelerin ortalaması	<i>p</i> -değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> -değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> -değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> -değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> -değeri
Model	7	1.085	0.000*	104.134	0.472	1.318	0.136	1.285	0.000*	1.202	0.000*
Kesişim	1	228.463	0.000*	628.756	0.036*	179.828	0.000*	213.160	0.000*	215.062	0.000*
X <sub>1</sub>	1	0.378	0.000*	113.316	0.318	0.533	0.365	0.562	0.000*	0.007	0.744
X <sub>2</sub>	3	2.384	0.000*	103.767	0.426	1.907	0.079	2.731	0.000*	2.750	0.000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3	0.021	0.016*	101.440	0.435	0.990	0.241	0.079	0.000*	0.053	0.509
Hata	8	0.003		99.917		0.578		0.001		0.063	

\*  $p < 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemliX<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Atmosferik basınçta kızartmada uygulanan farklı sıcaklık ve sürelerin kızartılmış patatesin kalitesi üzerine etkisinin yanı sıra kızartma yağına etkisi de incelenmiştir. Kızartma yağının kalitesine farklı sıcaklık ve sürelerde gerçekleştirilen kızartma işleminin etkisini belirlemek için toplam polar madde içeriği (%), serbest yağ asitliği (% oleik asit), asit sayısı (mg KOH/g yağ) ve peroksit sayısı (meq O<sub>2</sub> /kg yağ) değerleri belirlenmiştir ve bu değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4. 7 Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılma işlemi uygulanan yağın kalite analizleri sonuçları

Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Toplam polar madde (%)	Serbest yağ asitliği (% oleik asit)	Asit sayısı (mg KOH/g yağ)	Peroksit sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg yağ)
165	5	9.42±0.05	0.0313±0.0014	0.0615±0.0028	0.592±0.010
	7.5	9.50±0.07	0.0333±0.0013	0.0652±0.0026	0.624±0.015
	10	9.33±0.01	0.0331±0.0005	0.0652±0.0010	0.687±0.004
	15	9.25±0.12	0.0341±0.0003	0.0657±0.0006	0.758±0.002
180	5	9.00±0.04	0.0310±0.0005	0.0590±0.0010	0.653±0.017
	7.5	9.50±0.07	0.0324±0.0014	0.0650±0.0029	0.656±0.012
	10	9.75±0.09	0.0325±0.0001	0.0618±0.0002	0.771±0.008
	15	9.50±0.10	0.0349±0.0010	0.0692±0.0020	0.796±0.016

Çizelge 4.7’de verilen sonuçlar incelendiğinde, toplam polar madde içeriğinin 9.00 ile 9.75 arasında değiştiği görülmektedir. Atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerin uygulanması sonucunda yağın toplam polar madde içerikleri için elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu saptanmış, bu nedenle sıcaklık ve sürenin artması ile toplam polar madde içeriğinde belirli bir artış ya da azalış belirlenememiştir. Fakat, kızartma işlemi öncesi yağın toplam polar madde

içeriği  $8.08 \pm 0.20$  olarak belirlenmiş ve uygulanan atmosferik basınçta kızartma işleminin toplam polar madde içeriğinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

Serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerlerine bakıldığında, toplam polar madde içeriğine benzer şekilde dar bir aralıkta (0.0310-0.0349 % oleik asit) değiştiği gözlenmiştir. Kızartma sıcaklığı ve süresi ile belirgin bir değişim olmazken, en yüksek serbest yağ asitliği  $180^{\circ}\text{C}$ 'ta 15 dakikada hesaplanmıştır. Atmosferik basınçta kızartmada uygulanan sıcaklık ve süreden en belirgin düzeyde peroksit değeri etkilenmektedir. Kızartma sıcaklığı ve süresinin artması ile artış gösteren peroksit değeri 0.592 ile 0.796 (meq  $\text{O}_2$  /kg yağ) arasında değişmektedir.

Atmosferik basınçta uygulanan farklı sıcaklık ve sürenin, kızartma yağının toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit sayısı değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.8'te verilmiştir.

Atmosferik basınçta kızartma sıcaklığının ve süresinin kızartma yağının serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit sayısı değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p < 0.05$ ), TPM değerleri üzerine ise önemli olmadığı saptanmıştır ( $p > 0.05$ ).

Çizelge 4. 8 Kızartma yağının toplam polar madde içeriği (TPM), serbest yağ asitliği, asit sayısı ve peroksit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	TPM		Serbest yağ asitliği		Asit sayısı		Peroksit sayısı	
		Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri	Karelerin ortalaması	<i>p</i> - değeri
Model	7	0.097	0.841	3.479x10 <sup>-6</sup>	0.001*	0.108	0.020*	0.011	0.000*
X <sub>1</sub>	1	0.016	0.793	2.500x10 <sup>-7</sup>	0.337	0.217	0.014*	0.012	0.000*
X <sub>2</sub>	3	0.088	0.747	7.483x10 <sup>-6</sup>	0.000*	0.094	0.046*	0.022	0.000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	3	0.133	0.618	5.500x10 <sup>-7</sup>	0.155	0.087	0.055	0.001	0.000*
Hata	8	0.213		2.400x10 <sup>-7</sup>		0.022		1.550x10 <sup>-5</sup>	

\* *p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

## 4.2 Vakum Kızartma Optimum İşlem Koşullarının Parmak Patates Kızartılması İçin Belirlenmesi

CCRD deneme desenine göre (Çizelge 3.2) göre vakum kızartma yöntemi ile parmak patates kızartılmasında etkili bağımsız değişkenler olan sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve sürenin (dak) etkisi incelenmiştir. Vakum kızartma işlemi bağımsız değişkenleri olan sıcaklık  $120\text{-}150^{\circ}\text{C}$  aralığında ve süre 5-15 dak arasında değişmektedir. Ön denemeler ve literatür ışığında bağımsız değişkenlerin aralıkları belirlenmiştir. Bağımsız değişkenler olan sıcaklık ve sürenin vakum kızartma yöntemi ile parmak patatesin kızartılması sırasında sertlik (N), yağ içeriği (%), akrilamid miktarı (ppb) ve duyuşal olarak genel tercih değerleri üzerine etkileri optimizasyon çalışması ile incelenmiştir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin sertlik, yağ içeriği, akrilamid miktarı ve duyuşal olarak genel tercih değerlerinin yanı sıra renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), renk yoğunluğu ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) değeri, nem içeriği (%), ortalama gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) ve duyuşal özellikleri de analiz edilerek belirlenmiştir.

Model eşitliğindeki katsayıların belirlenmesi ve modelin oluşturulması için dizayn edilen deneme planına göre belirlenen deneysel yanıtlar Çizelge 4.9'da görülmektedir.



Çizelge 4. 9 Vakum altında parmak patates kızartması CCRD deneme planı izlenerek elde edilen deneysel sonuçlar

Deneme No	Sertlik (N)	Yağ içeriği (%, w/w)	Akrilamid miktarı (ppb)	Duyusal Genel tercih
1	31.57±0.86	12.88±1.05	44.0±1.4	3.12±0.20
2	32.77±1.05	18.39±0.29	314.5±9.2	3.80±0.45
3	66.49±2.12	18.40±1.20	96.0±5.7	4.06±0.56
4	68.77±3.49	21.00±0.54	412.1±5.8	3.25±0.46
5	33.47±2.12	19.00±1.41	42.0±2.8	4.19±0.37
6	46.35±2.92	23.10±1.26	516.9±5.5	4.40±0.70
7	26.27±1.25	12.15±0.71	116.0±5.7	2.57±0.69
8	66.15±3.57	18.96±1.89	373.5±9.2	2.86±0.29
9	43.15±2.55	19.86±0.45	320.0±8.5	4.75±0.16
10	37.18±0.08	19.00±1.50	280.0±11.3	4.57±0.46
11	37.51±1.78	18.94±1.19	322.0±9.9	4.58±0.23
12	36.36±0.07	19.06±0.86	268.0±11.3	4.58±0.49
13	36.79±1.56	18.00±1.20	300.0±4.9	4.75±0.42

Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak, işlem değişkenlerinin her bir yanıt üzerindeki etkisi varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Çizelge 4.10'da sertlik, yağ içeriği, akrilamid miktarı ve duyusal olarak genel tercih değerleri üzerine % 95 güven seviyesinde etkili olan bağımsız değişkenler görülmektedir.

Çizelge 4. 10 Her bir yanıt üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisinin önemini gösteren ANOVA tablosu

İşlem Değişkenleri	Hata Kareler Toplamı			
	Sertlik (N)	Yağ içeriği (%, w/w)	Akrilamid miktarı (ppb)	Duyusal Genel tercih
Sıcaklık (°C)	58.81	24.14*	1.98 x 10 <sup>5</sup> *	1.40 x 10 <sup>-4</sup>
Süre (dak)	2026.09*	39.45*	32993.67*	0.08*

\*  $p < 0.05$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli

ANOVA analizine göre sıcaklık parmak patates kızartmasının yalnızca yağ içeriği ve akrilamid miktarı üzerine önemli etkiye sahipken, sürenin sertlik, yağ

içeriği, akrilamid miktarı ve genel tercih değerleri üzerine önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Parmak patateslerin sertlik (N), yağ içeriği (%), akrilamid miktarı (ppb) ve duyuusal genel tercih değerlerinin yanı sıra renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$ ), renk yoğunluğu ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi (BI) değeri, nem içeriği (%), mikro yapısı ( $\mu\text{m}$ ) ve duyuusal özellikleri de Design-Expert paket programı kullanılarak bağımsız değişkenlerin (sıcaklık ve süre) etkilerini belirlemek amacıyla varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur.

#### 4.2.1 Modelin oluşturulması

Optimizasyon çalışmasında yer alan işlem değişkenleri ile her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel model quadratik regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bunun için modellere her bir değişkenin öncelikle lineer etki terimleri, daha sonra quadratik ve interaksiyon etki terimleri sırası ile toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir. Her bir yanıt için varyans analizi tablosu Ek 3'te verilmiştir.

Ek 3'te verilen sonuçlara göre, sertlik (N), yağ içeriği (N), akrilamid miktarı (ppb) ve duyuusal genel tercih değerlerinin değerlendirilmesi için quadratik terimlerin eklenmesinin modelleri önemli ölçüde geliştirdiği gözlenmiştir. Bu yanıtlar için en uygun model tipinin ikinci dereceden polinomiyal modeller olduğu varsayımı böylelikle ispat edilmiştir. Deneysel verilerin ikinci dereceden polinomiyal modele fit ettirilmesine ait varyans analizi Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4. 11 Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Sertlik (N)		Yağ içeriği (% , w/w)		Akrilamid miktarı (ppb)		Duyusal genel beğeni	
		HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri
Model	5	2335.85	0.0007*	98.87	<0.0001*	2.43x10 <sup>5</sup>	0.0002*	7.08	<0.0001*
X <sub>1</sub>	1	58.81	0.1727	24.14	0.0002*	1.98x10 <sup>5</sup>	<0.0001*	1.403x10 <sup>-4</sup>	0.8834
X <sub>2</sub>	1	2026.09	<0.0001*	39.45	<0.0001*	32993.6	0.0040*	0.079	0.0085*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	0.29	0.9177	2.11	0.0787	519.8	0.6141	0.56	<0.0001*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	45.77	0.2223	5.37	0.0134*	2962.8	0.2483	0.13	0.0024*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	227.24	0.0204*	24.25	0.0002*	10038.6	0.0535	6.44	<0.0001*
Kalıntı	7	178.55		3.49		13077.2		0.042	
Lack of Fit	3	147.21	0.0543	1.76	0.3776	10789.2	0.0539	7.399x10 <sup>-3</sup>	0.8370
Saf Hata	4	31.34		1.74		2288.0		0.035	
Toplam	12	2514.41		102.36		2.56x10 <sup>5</sup>		7.12	

\* *p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemliX<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Çizelge 4.11'den görüldüğü gibi, elde edilen tüm regresyon modelleri % 95 güven seviyesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca, Çizelge 4.11'de her bir bağımsız değişkenin yanıtlar üzerindeki lineer, interaksiyon ve kuadratik etkilerinin istatistiksel olarak önemliliği de verilmiştir. Bu etkilerin model açısından önemliliği istatistiksel olarak F ve *p*-değerlerinden belirlenmiş olup, *p*-değerinin 0.05'ten büyük olduğu etkiler önemsiz kabul edilerek bu terimler model düzenine zarar vermeden modelden çıkarılmıştır. Bunlara ilaveten, bu çizelgede kalıntı hata, deneysel dizaynın merkez noktasında yapılan gözlemlerin tekrarlanmasıyla saf deneysel hata ve model uygunsuzluğu (lack of fit) olarak ayrılmıştır. İdeal bir modelin, matematiksel formunun uygunsuzluğu (lack of fit) için önemsiz ve regresyon modeli için önemli olması gerekmektedir. İncelenen tüm yanıtlar için ikinci dereceden polinomial model, % 95 güven seviyesinde önemli bulunurken, model uygunsuzluğu (lack of fit), %95 güven seviyesinde önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.11).

Geliştirilen modellerin deneysel verileri ne derecede karşıladığı regresyon katsayısı  $R^2$ , düzeltilmiş regresyon katsayısı  $R^2_{adj}$  ve varyasyon katsayısı (C.V.) hesaplanarak belirlenmiştir. Bir regresyon modelinin daha sonra yapılacak gözlemler için bir tahminleme modeli olarak kullanılabilmesi için ise Adequate Precision, PRESS ve Pred- $R^2$  değerleri kullanılmıştır. Modellerin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler ve değerleri Çizelge 4.12'de özetlenmiştir.

Çizelge 4. 12 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

	Sertlik (N)	Yağ içeriği (%, w/w)	Akrilamid miktarı (ppb)	Duyusal genel beğeni
$R^2$	0.9290	0.9659	0.9490	0.9940
$R^2_{adj}$	0.8783	0.9415	0.9125	0.9898
C.V. %	11.67	3.85	16.50	1.96
PRESS	1095.81	15.19	80298.50	0.11
Adeq Precision	13.119	23.115	15.320	39.039

Regresyon katsayısı  $R^2$ , deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı olarak tanımlanmıştır (Myers and Montgomery, 1995; Khuri and Cornell, 1996). Elde edilen modellerin tümünde

varyasyonun büyük bir kısmı ( $R^2 > 0.93$ ) modeller tarafından açıklanabilmektedir (Çizelge 4.12).

Ancak modele yeni terimlerin eklenmesi, bu terimler istatistiksel olarak önemsiz olsa da  $R^2$ 'yi her zaman arttırmaktadır. Bu nedenle düzeltilmiş regresyon katsayısı  $R^2_{adj}$  değerlerinin modelin uygunluğunun değerlendirilmesinde kullanılması önerilmektedir (Myers ve Montgomery, 1995). Tüm modeller için  $R^2_{adj}$  değeri sertlik için 0.8783, yağ içeriği için 0.9415, akrilamid miktarı için 0.9125 ve duyuusal genel tercih için 0.9898 olarak tespit edilmiş ve kabul edilen sınır içinde olduğu gözlemlenmiştir. Verilen tüm değerler için  $R^2$  ve  $R^2_{adj}$  değerlerinin birbirlerine yakın olması modellerin istatistiksel olarak önemsiz terimleri içermediğini göstermektedir.

Varyasyon katsayısı deneysel verilerdeki kalıntı varyasyonun ortalamaya bağlı bir ölçüsüdür. Büyük varyasyon katsayısı değerleri, verilerin ortalamadan çok fazla saptıklarını, küçük varyasyon katsayısı değerleri ise verilerin hemen hemen ortalamaya aynı değere sahip olduğunu göstermektedir (Lazić, 2004). Yanıtlar için varyasyon katsayısı (C.V.) değerleri sertlik, yağ içeriği, akrilamid miktarı ve duyuusal genel tercih değerleri için sırasıyla 11.67, 3.85, 16.50 ve 1.96 olarak bulunmuştur ve küçük varyasyon değerleri olması nedeniyle verilerin ortalamaya yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

Myers and Montgomery (1995) Adequate Precision ve PRESS istatistiklerinin daha sonra yapılacak gözlemlerin tahminlenmesi için kullanılabileceğini ve Adequate Precision değerinin 4'ten büyük olması gerektiğini belirtmişlerdir. Tüm modeller için Adequate Precision değeri 4'ten büyük bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Model parametreleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak, bu parametrelerin ve modelin önemliliğinin test edilmesi ise varyans analizi kullanılarak yapılmıştır. Kalıntılar, rastgele hata teriminin davranışını yansıttığı için bu varsayımların test edilmesinde ve modelin uygunluğunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Kalıntı analizi; kalıntıların normal olasılık grafiği, kalıntıların model tahminlerine karşı çizildiği grafik, kalıntıların deneme sırasına karşı çizildiği grafik gibi grafiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her

bir yanıt için, normal olasılık grafiği Ek 4’de (Ek Şekil 4.1(a) Sertlik için, 4.1(b) Yağ içeriği için, 4.1 (c) Akrilamid içeriği için ve 4.1 (d) Genel tercih için), kalıntıya karşı model tahminleri grafiği (Ek Şekil 4.2(a) Sertlik için, 4.2(b) Yağ içeriği için, 4.2(c) Akrilamid içeriği için ve 4.2(d) Genel tercih için) ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri Ek 4’da (Ek Şekil 4.3(a) Sertlik için, 4.3(b) Yağ içeriği için, 4.3(c) Akrilamid içeriği için ve 4.3(d) Genel tercih için) gösterilmiştir. Elde edilen grafiklerden bu varsayımların karşılandığı görülmektedir.

#### **4.2.1.1 Kızartılmış parmak patates sertliğinin modelin yanıtı olarak incelenmesi**

Tekstür kızartılmış ürünlerin kalitesini belirleyen en önemli özelliklerdendir (Lisinska et al., 2007). Kızartma sırasında çığ dokunun yapısında ısı ve kütle transferi ile fiziksel, kimyasal ve yapısal değişimler oluşmaktadır (Kita and Lisinska, 2005). Kızartma işlemi ile gelişen tekstürel yapı, hammaddenin kimyasal kompozisyonundan etkilendiği gibi işlem koşullarından da etkilenmektedir (Lisinska et al., 2007).

Kızartmanın uygulandığı en popüler ürünlerden olan parmak patatesten istenilen tekstürel yapı, gevrek dış yüzey ve unlu iç kısımdan oluşmaktadır. Dış yüzey, sert ya da yapışkan olmamalı, iç kısım ise sulu ya da lapa olmamalıdır. Ayrıca kabuk ve iç kısım birbirinden ayrılmamalıdır (Kita, 2014).

Kızartılmış patatesin tekstürel özellikleri üzerine, hammaddenin kompozisyonundan; kuru madde içeriği, nişasta içeriği, protein, içeriği nişasta olmayan polisakkaritler ve lignin, ürünün şekli, boyutu ve kalınlığı, ön işlemler, kızartma yağının serbest yağ asidi içeriği ve bozunma derecesi, kızartma işlem koşullarından sıcaklık, süre ve basınç değerleri etkili olmaktadır (Kita, 2014). Kızartma sıcaklığının artırılması iç kısmın pişmesini hızlandırırken, kabuğun daha sert olmasını sağlamaktadır. Ayrıca, kızartma süresinin artması ile sertlik artmaktadır (Kita and Lisinska, 2005).

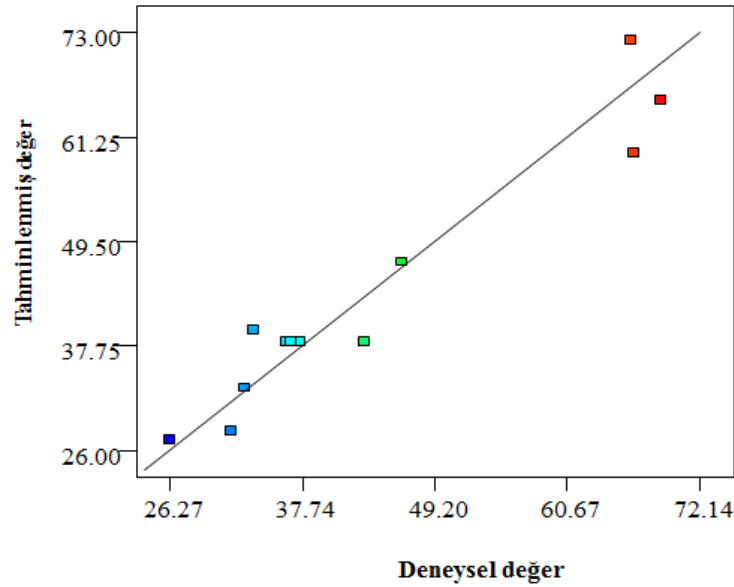
Kızartılmış parmak patates üretiminde kullanılacak patateslerin istenilen tekstürel özelliklere sahip olması için türünün iyi seçilmesi ve patatesin nişasta içeriği oldukça önemlidir. Nişastanın yanı sıra nişasta olmayan polisakkaritler ve lignin patatesin tekstürünü belirleyen bileşenlerdir (Andersson et al.,1994). Van

Marle et al. (1992) ve Van Marle et al., (1997), pişmiş patatesin yapısını incelemişler ve nişastadaki değişimin yanı sıra orta lamellerdeki ve hücre duvarındaki hasar sonucunda tekstürel yapının değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmada kızartılmış parmak patatesin tekstürel özelliği, sertlik değerlerinin ölçülmesi ile tespit edilmiştir. Sertlik değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.1’de gösterilmiştir.

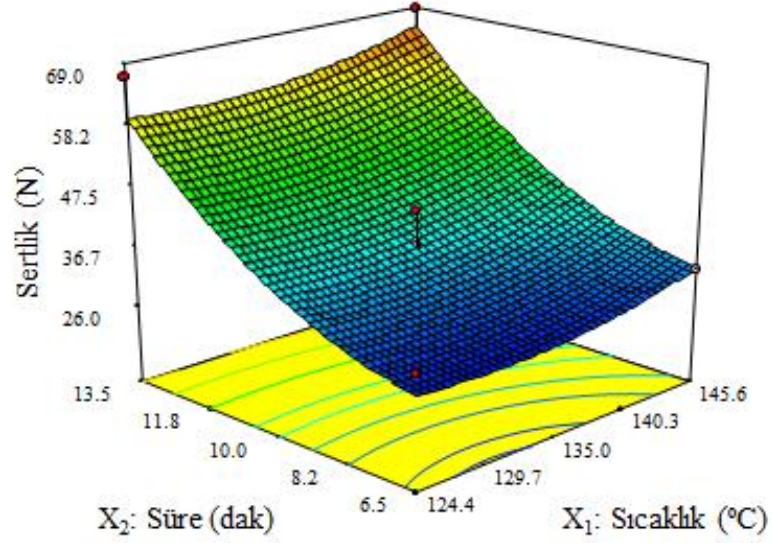
$$\text{Sertlik} = 38.20 + 15.91 * X_2 + 5.72 * X_2^2 \quad (4.1)$$

Sertlik değerleri için Eşitlik 4.1’den tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.3’te verilmiştir. Şekil 4.3’den sertlik değerleri için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 3 Sertlik değerleri için modelden (Eş. 4.1) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

İşlem değişkenlerinin kızartılmış parmak patatesin sertlik değerleri üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca tespit edilmesi için, elde edilen model (Eş. 4.1) kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4. 4 Parmak patates sertlik değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Şekil 4.4'ten görülebildiği gibi parmak patatesin sertlik değerleri, kızartma süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Parmak patatesin sertlik değerlerinde sıcaklığın artmasıyla birlikte de bir miktar artış görülmesine rağmen, sertlik değerleri üzerine etkili olan ana faktörün süre olduğu görülmektedir.

Sertlik değerindeki artış üzerine etkili olan en önemli faktörün nem içeriğindeki azalma olduğu düşünülmektedir. En yüksek sertlik değeri olan 68.77 N, 145.6°C'ta 13.5 dakikada elde edilmiştir ve bu örneğin oldukça düşük nem içeriğine (%20.1) sahip olduğu görülmüştür. Sertlik ve nem içeriği arasındaki korelasyon ise -0.827 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca vakum kızartma ile üretilen kızartılmış parmak patateslerin sertlik değeri aynı sürelerde atmosferik basınçta üretilen parmak patatesler ile kıyaslandığında ise, uygulanan vakum uygulanmasına bağlı olarak daha sert ürünler elde edildiği belirlenmiştir.

Romani et al (2009) yaptıkları çalışmada farklı sürelerde kızarttıkları parmak patateslerin tekstürünü kesme testi ile inceleyip, uygulanan maksimum güç belirlenmiştir. Genel olarak parmak patatesler kızartma süresi arttıkça sertleşmekte ve aşırı kızarmış ürünler en yüksek sertlik değerine ulaşmaktadırlar En büyük güç değerinin 16 dak kızartılmış üründe olup 27.7 N olduğu tespit edilmiştir. Lisinska and Golubowska (2005) ise tüketime uygun parmak patates sertlik



değerini yine kesme testi uygulayarak 13 N olarak belirlemişlerdir. Tarafımızdan yapılan çalışma ile karşılaştırıldığında elde edilen sertlik değerlerinin düşük olmasının nedeninin, tekstür analizi için kullanılan yöntemin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaptığımız çalışmada aynı anda 10 adet örneğe delme işlemi uygulanması için verilen maksimum kuvvet belirlenirken, bu çalışmada bir örneğin kesilmesi için verilen maksimum kuvvet değeri tespit edilmiş olması nedeniyle çalışmalar arası fark oluşmaktadır.

Literatürde vakum kızartmanın parmak patatesin tekstürü üzerine etkisini inceleyen çalışma bulunmamaktadır. Fakat, patates cipsi üzerine Troncoso et al. (2009) yaptıkları çalışmada cipsin sertlik ve gevreklik özelliklerine bakıp vakum kızartma ile bu değerlerin azaldığı belirlemişlerdir. Ayrıca, havuç cipsi (Dueik et al., 2010), tatlı patates, mango ve yeşil fasulyenin (Da Silva and Moreira, 2008) tekstüründe atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma ile fark oluşmadığı gözlenmiştir. Tavuk nugget üzerine yapılan bir çalışmada ise gevrekliğin vakum altında kızartma ile arttığı belirlenmiştir (Teruel et al., 2014).

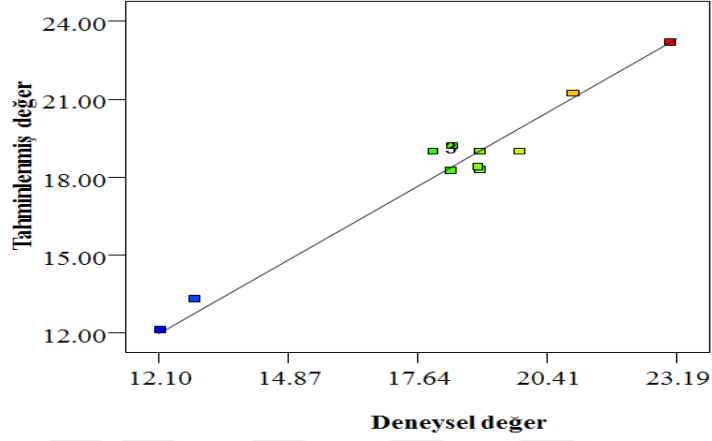
#### **4.2.1.2 Kızartılmış parmak patates yağ içeriğinin modelin yanıtı olarak incelenmesi**

Son yıllarda, gelişen tüketici bilinciyle birlikte düşük yağlı ya da yağsız ürünler tercih edilmekte, bu da hem istenilen tekstüre ve lezzete sahip hem de yağ içeriği azaltılmış kızartılmış ürünlerin üretilmesi için çalışmaların gerçekleştirilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle yağ içeriği, kızartılmış ürünlerin en önemli kalite özelliklerinden biri olmuştur. Kızartma yağının bozunma derecesi, kızartma süresi, sıcaklığı ve basıncı, gıdanın şekli, hammaddenin kimyasal kompozisyonu, ön işlemler ve porozite yağ emilimini etkileyen parametrelerdir (Saguy and Dana, 2003). Genellikle atmosferik kızartmada sıcaklığın yükselmesi yağ emilimini azaltmaktadır. Fakat düşük sıcaklıkta gerçekleşmesine rağmen, vakum kızartmanın yağ içeriğini azalttığını belirten çalışmalar bulunmaktadır (Garayo and Moreira, 2002; Granda, 2004; Mariscal and Bouchon, 2008).

Yağ içeriği değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.2'de belirtilmiştir. Yağ içeriği değerleri için Eşitlik 4.2'den tahminlenen değerler ile

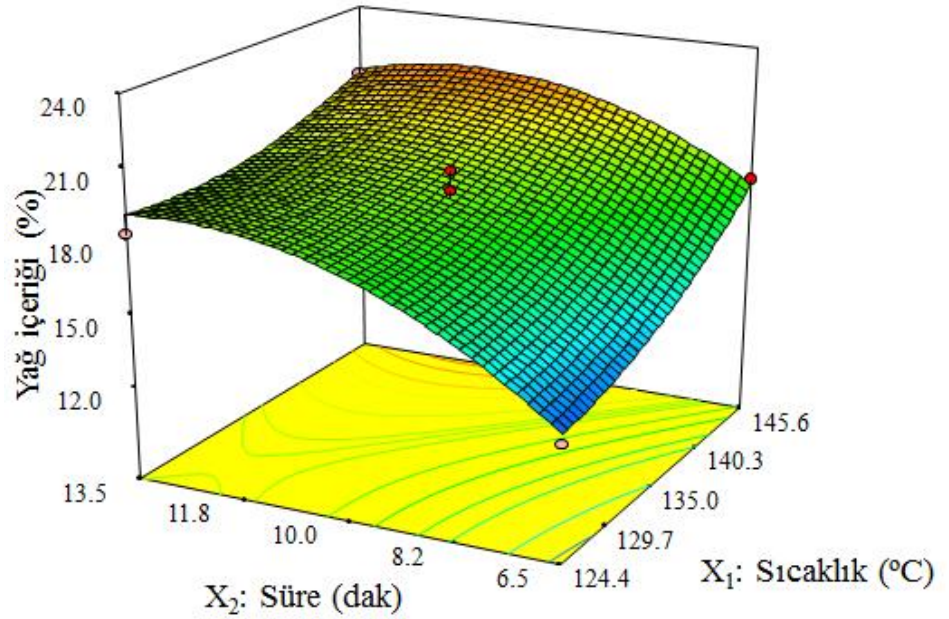
deneyel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Şekil 4.5'ten grldği gibi, yağ içeriği değerleri için model tahminleri deneyel verilerle uyum ierisindeedir.

$$\text{Yağ içeriği} = 18.97 + 1.74 \cdot X_1 + 2.22 \cdot X_2 + 0.88 \cdot X_1^2 - 1.87 \cdot X_2^2 \quad (4.2)$$



Şekil 4. 5 Yağ içeriği değerleri için modelden (EŞ. 4.2) tahminlenen değerlere karşı deneyel veriler

Kızartma sıcaklığı ve süresinin, kızartılmış parmak patatesin yağ içeriği değerleri üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için, elde edilen model (EŞ. 4.2) kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 6 Parmak patates yağ içeriği değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Parmak patatesin yağ içeriğinin kızartma süresi ve sıcaklığının artmasıyla birlikte arttığı Şekil 4.6'da görülmektedir. Parmak patatesin en düşük yağ içeriği değeri (%12.9), sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte artmış, fakat kızartma süresinin 10 dakikayı aşması yağ içeriğinde daha fazla artışa sebep olmamıştır. Bu nedenle maksimum yağ içeriği 10 dak'da en yüksek sıcaklıkta (150°C) belirlenmiştir.

Elde edilen değerler atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslerin yağ içeriği ile karşılaştırıldığında, aynı sürede gerçekleştirilen kızartmada vakum kızartma ile yağ içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni olarak kızartma sıcaklığının düşük olması ve sıcaklığın düşük olmasına bağlı olarak kabuk oluşumunun geç gerçekleşmesiyle yağın ürünün iç kısımlarına daha kolay ulaşabilmesidir.

Ayrıca, yaygın olarak piyasada bulunan üç ayrı fast food firmasından satın alınan örneklerde yapılan yağ analizi sonucunda, bu örneklerin yağ içeriklerinin %12.4-18.2 (w/w) aralığında olduğu belirlenmiştir. Vakum kızartma ile elde edilen kızartılmış parmak patateslerin yağ içeriği ile karşılaştırıldığında belirgin farkların olmadığı saptanmıştır.

Literatürde, parmak patatesin vakum altında kızartılmasının yağ içeriğine etkisini inceleyen çalışmaların mevcut olmadığı görülmüştür. Genellikle patates cipsi üzerine çalışmalar mevcuttur. Patates cipsinin yağ içeriğine vakum uygulamasının etkisi için Troncoso et al. (2009) yağ içeriğinin arttığını bildirirlerken, Garayo ve Moreira (2002), Da Silva and Moreira (2008) ve Dueik et al. (2012) vakum uygulaması ile atmosferik basınca oranla daha az yağ içeren ürünlerin elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar doğrultusunda vakum altında kızartılmış ürüne santrifüj uygulanması ile yağ içeriğinde %70-81 azalma gerçekleşeceği tespit edilmiştir (Moreira et al., 2009; Dueik and Bouchon, 2011; Pandey and Moreira, 2012).

#### **4.2.1.3 Kızartılmış parmak patates akrilamid miktarının modelin yanıtı olarak incelenmesi**

Akrilamid, karbonhidratça zengin gıdaların kızartma veya pişirme gibi ısı işlemler görmesi ile oluşan kimyasal maddedir. En yaygın oluşma yolu asparajin

amino asidiyle indirgen şekerler arasında oluşan Maillard reaksiyonudur (Karagöz, 2009; Doğan ve Meral, 2006).

Farklı gıda grupları için gerçekleştirilen araştırmada en yüksek akrilamid içeriğinin kızartılmış parmak patates ve patates cipsinde olduğu belirlenmiştir (Tareke et al., 2002). Kızartma sıcaklığı ve süresi akrilamid oluşumu üzerine oldukça etkilidir. Sıcaklığın 160°C'tan düşük olması akrilamid oluşumunu azaltmaktadır (Pedreschi and Zuniga, 2009zz; Romani et al., 2009).

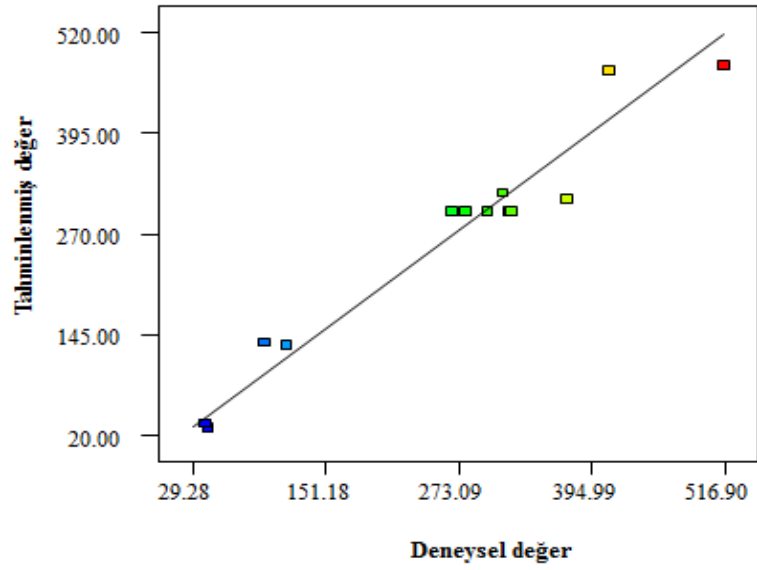
Diyetteki ortalama akrilamid alımı 0.001 mg akrilamid/kg vücut ağırlığı/gün iken, yüksek tüketimlerde ise 0.004 mg akrilamid/kg vücut ağırlığı/gün'dür (Ölmez et al., 2008).

Vakum kızartma işlemi sırasında uygulanan farklı işlem koşullarında kızartılmış parmak patatesin akrilamid miktarı yaklaşık olarak 42.0 ile 516.9 ppb arasında değişmektedir (Çizelge 4.9).

Akrilamid miktarı değerleri için regresyon analizi sonucunda elde edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.3'te gösterilmiştir.

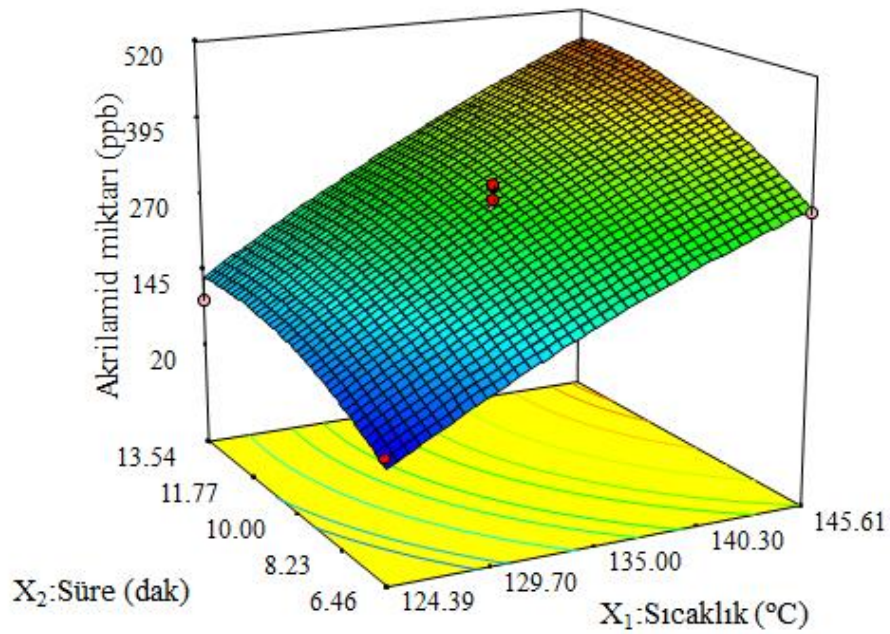
$$\text{Akrilamid miktarı} = 298.00 + 157.28 * X_1 + 64.22 * X_2 \quad (4.3)$$

Akrilamid miktarı değerleri için Eşitlik 4.3'ten tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Şekil 4.7'den akrilamid miktarı değerleri için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 7 Akrilamid miktarı değerleri için modelden (Eş. 4.3) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

İşlem değişkenlerinin kızartılmış parmak patatesin akrilamid miktarı üzerindeki etkilerinin görsel olarak belirlenebilmesi için, elde edilen model (Eş. 4.3) kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4. 8 Parmak patates akrilamid içeriği değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Şekil 4.8'den parmak patateslerin akrilamid miktarının kızartma sıcaklığı ve süresi ile artışı açıkça görülmektedir. Sıcaklığın süreye göre daha etkili bir faktör olduğu belirlenmiştir. En yüksek akrilamid içeriği (516.9 ppb) en yüksek sıcaklık olan 150°C'ta 10 dak'da tespit edilmiştir. Bu değer atmosferik kızartmada düşük sıcaklıkta (165°C) en kısa sürede elde edilen akrilamid içeriğinden bile daha düşüktür. Bu durum akrilamid oluşumunda sıcaklığın en etkin parametre olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, yaygın olarak piyasada bulunan üç ayrı fast food firmasından satın alınan örneklere uygulanan akrilamid tayini sonucunda, akrilamid miktarlarının 600-850 ppb aralığında olduğu belirlenmiştir. Vakum kızartma ile elde edilen kızartılmış parmak patateslerin akrilamid içeriğinin bu örnekler ile karşılaştırıldığında belirgin oranda az olduğu gözlenmiştir.

Ölmez et al. (2008)'nin Türkiye'deki gıdaların akrilamid içeriği üzerine yaptıkları araştırmada, en yüksek akrilamid içeriği patates cipsinde 59-2336 ppb, ikinci olarak da parmak patatesinde 355-436 ppb olarak tespit edilmiştir. Granda et al. (2004) ise patates cipsini atmosferik basınçta (150, 165 ve 180°C) ve vakum altında (118, 125 ve 140°C; 1.3 kPa) kızartarak akrilamid içeriğini incelemiştir. Atmosferik basınçta 165°C'ta 4 dakika kızartılan örneklerde akrilamid 358-5021 ppb arasında iken vakum altında 118°C'ta 8 dakika kızartılan örneklerde 25-437 ppb arasında bulunmuştur. Böylece kızartma işlemi ile akrilamid miktarının yaklaşık %94 azaldığı gözlenmiştir. Karidesinin vakum altında kızartılması ile ise akrilamid miktarında %39-60 arasında azalma bulgulanmıştır (Pan et al., 2015).

#### **4.2.1.4 Duyusal değerlendirme kriterlerinden genel beğenin modelin yanıtı olarak incelenmesi**

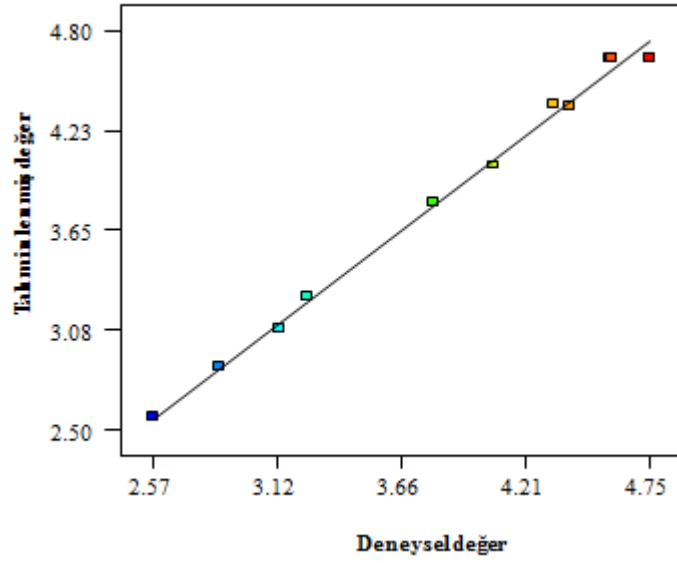
Duyusal kalite, tüketici tarafından gıda kalitesi olarak algılanmaktadır. Duyu organları ile tespit edilen duyusal kalite hem ham maddenin hem de son ürünün kalitesini belirlemek için kullanılmaktadır (Anonim, 2010).

Çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin duyusal değerlendirmesinde, ürünlerin tüketici beğenisini test etmek amacıyla genel beğeni kriteri kullanılmıştır. Genel beğeni değerleri için regresyon analizi sonucunda elde

edilen ikinci dereceden polinomial model, kodlanmış değişkenler cinsinden Eşitlik 4.4'de gösterilmiştir.

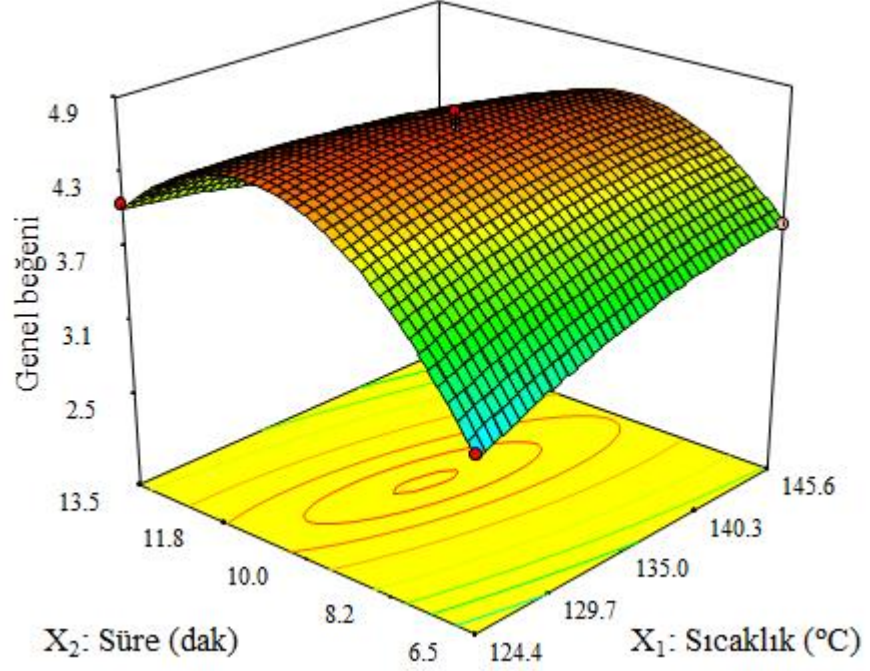
$$\text{Duyusal genel beğeni} = 4.65 + 0.100 \cdot X_2 - 0.37 \cdot X_1 X_2 - 0.14 \cdot X_1^2 - 0.96 \cdot X_2^2 \quad (4.4)$$

Duyusal genel beğeni değerleri için Eşitlik 4.4'ten tahminlenen değerler ile deneysel değerler arasındaki ilişki Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Şekil 4.9'dan duyusal genel beğeni değerleri için model tahminlerinin deneysel verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 9 Duyusal genel beğeni değerleri için modelden (Eş. 4.4) tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

İşlem değişkenlerinin kızartılmış parmak patatesin duyusal genel beğeni değerleri üzerindeki etkilerinin görsel olarak kolayca belirlenebilmesi için, elde edilen model (Eş. 4.4) kullanılarak yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri oluşturulmuş olup, Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4. 10 Parmak patates genel beğeni değerleri için yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri

Kızartılmış parmak patatesin genel beğeni değerleri üzerine en etkili bağımsız değişkenin süre olduğu, orta nokta olan 10 dakikaya kadar sürenin yükselmesiyle birlikte genel beğeni değerinin arttığı, bu değerden sonra genel beğenin azaldığı tespit edilmiştir. İzohips eğrileri göz önünde bulundurulduğunda sıcaklığın, kızartılmış parmak patatesin duyusal olarak genel beğeni değerlendirmesinde süreye kıyasla belirgin bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Fakat sürenin orta noktadan maksimuma doğru uzamasıyla birlikte üründe gerçekleşen nem kaybına bağlı olarak sert bir yapının oluşması nedeniyle genel beğeni değerlendirmesinin olumsuz etkilenecek beğeni puanlarının azaldığı düşünülmektedir.

İzohips eğrilerinin dairesel şekil aldığı bölge, genel beğeni değerlendirmesinin en yüksek puan aldığı koşul 135°C – 10 dak olarak belirlenmiş olup, bu değer 4.75 olarak Çizelge 4.9’da görülmektedir.

Vakum altında kızartılan parmak patatesin genel beğeni değerleri ile atmosferik basınçta kızartılan parmak patatesin genel beğeni değerleri karşılaştırıldığında, vakum altında kızartılan parmak patateslerin yaklaşık olarak eşit değerler alarak vakum kızartma ile duyusal kalitede kayıp olmadığı tespit



edilmiştir. Troncoso et al. (2009) patates cipsinin vakum kızartma ile duyu kalitesinin daha iyi olduğu, muz cipsi (Yamsaengsung et al., 2011) ve nugget için vakum kızartma ile (Teruel et al., 2014) duyu özelliğinin korunduğu belirtilmiştir.

#### 4.2.2 Kızartılmış parmak patatesin özellikleri

##### 4.2.2.1 CIE L\*, a\*, b\* değerleri, renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri

Renk, kızartılmış ürünün kalitesini gösteren en önemli indikatörlerden biri olup kızartma koşulları hakkında bilgi vermektedir. Kızartılmış üründe renk gelişimi, kütle ve ısı transfer hızına bağlıdır ve kızartma sıcaklığı ve süresi ve yüzeydeki indirgen şeker içeriğine bağlı olarak gelişen Maillard reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır (Marquez and Anon, 1986; Pedreschi, 2012).

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılmış parmak patateslerin CIE L\*, a\* ve b\* değerleri ölçülmüş ve hesaplanan renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri ile birlikte Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4. 13 Vakum altında kızartılmış parmak patatesin CIE L\*, a\*, b\*, renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI) değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	L*	a*	b*	C*	BI
1	124.4	6.5	65.61±0.36	-5.40±0.02	27.96±0.55	28.44±0.49	28.65±0.79
2	145.6	6.5	63.50±0.73	-5.65±0.33	27.03±0.22	31.54±0.45	35.91±0.08
3	124.4	13.5	65.30±0.89	-4.15±0.09	35.69±1.27	35.93±1.01	43.72±0.82
4	145.6	13.5	65.78±1.13	1.59±0.10	42.46±1.64	42.50±1.64	58.26±1.07
5	120.0	10.0	64.47±0.74	-4.59±0.31	34.08±0.90	34.40±0.03	41.40±1.21
6	150.0	10.0	66.85±0.27	-5.46±0.25	42.34±0.99	42.39±0.98	50.39±0.84
7	135.0	5.0	67.45±0.97	-4.72±0.36	23.96±1.79	24.54±1.06	25.32±0.81
8	135.0	15.0	62.90±0.19	-2.84±0.14	33.05±0.31	33.17±0.22	43.86±0.75
9	135.0	10.0	65.91±0.51	-4.30±0.32	30.33±0.97	30.67±0.90	38.11±0.16
10	135.0	10.0	64.74±0.36	-4.36±0.28	34.99±1.60	35.28±0.71	43.40±0.66
11	135.0	10.0	66.27±0.12	-4.13±0.17	33.97±0.87	34.21±0.52	41.35±0.65
12	135.0	10.0	65.37±0.68	-3.53±0.02	34.40±0.58	34.58±0.59	42.70±0.07
13	135.0	10.0	64.30±0.10	-3.98±0.48	33.44±0.68	34.43±0.50	40.41±0.14

Kızartma işlem değişkenlerinin  $L^*$  üzerine etkisi incelendiğinde 62.90-66.85 arasında değiştiği ve değişimin az olması nedeniyle sıcaklık ve süre ile önemli bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. Benzer şekilde kırmızı rengi gösteren  $a^*$  değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiş, pozitif  $a$  değeri sadece  $145.6^{\circ}\text{C}$  13.5 dakikada sıcaklığın ve sürenin yüksek olmasına bağlı olarak elde edilmiştir. Elde edilen  $a^*$  değerleri -5.65-1.59 arasında değişmiş ve benzer sonuçlar Pedreschi et al. (2005) tarafından da elde edilmiştir.

Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patates  $b^*$  değerleri incelendiğinde, sıcaklık ve sürenin artmasıyla birlikte ürünlerin renginde meydana gelen koyulaşmalara bağlı olarak  $b^*$  değerlerinde bir miktar artış tespit edilmiştir. En yüksek  $b^*$  değeri  $145.6^{\circ}\text{C}$  13.5 dak ve  $150^{\circ}\text{C}$  10 dak süre ile kızartılan parmak patateslerde gözlenmiş olup, bu değer 42.46 ve 42.36 olarak belirlenmiştir.  $b^*$  değerleri üzerine düşük sürelerde sıcaklığın etkisi düşük iken sürenin artması ile sıcaklığın etkisi de artmıştır.

Kızartma işleminin değişkenleri olan sıcaklık ve süreden en belirgin olarak etkilenen parametre kahverengileşme indeksi (BI)'dir. 28.65 ile 58.26 arasında değişen BI değerinin sıcaklık ve süre ile arttığı, fakat asıl etkili faktörün süre olduğu görülmüştür. Renk yoğunluğunun göstergesi olan Chroma ( $C^*$ ) değerleri incelendiğinde ise, sıcaklık ve sürenin artmasına bağlı olarak  $b^*$  değerinde meydana gelen artış ile birlikte  $C^*$  değerlerinin de artış gösterdiği gözlenmiştir.

Ayrıca, atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslerin renk değerleri ile vakum altında kızartılanlar karşılaştırıldığında, aynı süre ile kızartma uygulanan örneklerden elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Buradan vakum uygulamasının önemli kalite kriterlerinden olan renkte kayba neden olmadığı belirlenmiştir.

Kızartma işlem değişkenlerinin kızartılmış parmak patatesin CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve BI değerleri üzerinde % 95 güven seviyesinde etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4. 14 Vakum altında kızartılmış parmak patatesin L\*, a\*, b\*, C\* ve BI değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon		L*		a*		b*		C*		BI	
Kaynağı	SD	HKT	p- değeri	HKT	p- değeri	HKT	p- değeri	HKT	p- değeri	HKT	p- değeri
Model	5	4.81	0.7993	28.35	0.0799	309.65	0.0016*	266.71	0.0007*	811.95	0.0001*
X <sub>1</sub>	1	0.38	0.6855	2.27	0.2944	38.39	0.0214*	55.00	0.0033*	149.15	0.0013*
X <sub>2</sub>	1	2.50	0.3139	15.51	0.0210*	162.20	0.0005*	117.46	0.0004*	545.63	<0.0001*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	1.68	0.4027	8.94	0.0591	14.83	0.1095	3.01	0.3416	15.12	0.1430
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	0.042	0.8917	0.38	0.6568	39.22	0.0205*	44.32	0.0058*	42.62	0.0277*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	0.18	0.7766	1.0	0.4646	42.73	0.0170*	35.08	0.0102*	46.13	0.0236*
Kalıntı	7	14.84		12.35		30.89		20.24		38.88	
Lack of Fit	3	12.21	0.0553	11.91	0.0023*	17.61	0.2921	7.12	0.5884	21.61	0.3094
Saf Hata	4	2.63		0.44		13.29		13.12		17.27	
Toplam	12	19.66		40.70		340.54		286.96		850.83	

\*p&lt;0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Kızartılmış parmak patateslerin  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri model ile uygunluk göstermemektedir.  $L^*$  değerlerinin seçilen sıcaklık ve süreden ve bunların karelerinden istatistiksel olarak önemli seviyede ( $p>0.05$ ) etkilenmediği,  $a^*$  değerlerinin ise yalnızca süreden önemli seviyede etkilendiği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Kızartılmış parmak patateslerin  $b^*$  değerlerinin ise quadratik model ile istatistiksel olarak uyumluluk gösterdiği ve  $b^*$  değeri üzerine sürenin ve sıcaklığın ve bunların karesinin etkili olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Kızartılmış parmak patateslerin  $C^*$  ve  $BI$  değerleri üzerine vakum kızartma işlem değişkenlerinin ( $X_1$  ve  $X_2$ ) etkisi seçilen quadratik model ile anlamlı ( $p<0.05$ ) bir şekilde açıklanabilmektedir. Kızartılmış parmak patateslerin  $C^*$  ve  $BI$  değerleri işlem değişkenleri olarak seçilen sıcaklık ve süreden ve bunların karelerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) etkilenmektedir.

#### **4.2.2.2 Nem içeriği**

Kızartılması sırasında, yüksek sıcaklık nedeniyle patatesin içerdiği nem buharlaşıp gıdadan uzaklaşarak yağa geçmektedir. Nem içeriği kızartılmış ürün kalitesini belirleyen önemli etkenlerdendir (Moreira et al., 1999). Çiğ patatesin nem içeriği yaklaşık olarak %79 olarak belirlenirken, dondurulmuş parmak patatesin üretim aşamalarından sonra nem içeriğinin yaklaşık %75'e düştüğü belirtilmiştir. Kızartma işleminden sonra ise %44.7'ye düştüğü belirlenmiştir (Lisinska and Golubowska, 2005).

Vakum kızartma işlem değişkenlerinin kızartılmış parmak patateslerin nem içeriği üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek elde edilen ortalama nem içeriği Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4. 15 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin ortalama nem içerikleri (% w/w)

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Nem içeriği (%)
1	124.4	6.5	41.65±0.36
2	145.6	6.5	35.51±0.86
3	124.4	13.5	25.78±0.81
4	145.6	13.5	20.06±0.45
5	120.0	10.0	32.22±0.21
6	150.0	10.0	25.40±0.28
7	135.0	5.0	43.50±0.32
8	135.0	15.0	16.28±0.01
9	135.0	10.0	34.04±0.34
10	135.0	10.0	26.26±0.01
11	135.0	10.0	31.93±0.22
12	135.0	10.0	29.69±0.42
13	135.0	10.0	29.07±0.68

Çizelge 4.15'e göre, vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin nem içeriği değerleri %16.28 ile 43.50 arasında değişmektedir.

Kızartılmış ürünün nem içeriği başlangıç nem içeriğine, ürünün boyutlarına, kızartma süresi ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Lisinska and Golubowska (2005), parmak patatesin 180°C'ta 7 dak kızartılması sonucunda nem içeriğinin %44.7 olduğunu belirtmişlerdir. Romani et al. (2009) ise 180°C'ta 10 dak kızartılmış parmak patatesin nem içeriğinin %43.38 ile %29.37 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Ayrıca bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, kızartılmış parmak patateslerin ortalama nem içeriği değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4. 16 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin nem içeriği değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> - Değeri
Model	5	668.02	0.0005*
X <sub>1</sub>	1	57.76	0.0207*
X <sub>2</sub>	1	609.00	<0.0001*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	0.043	0.9377
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	0.81	0.7357
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	0.27	0.8448
Kalıntı	7	45.73	
Lack of Fit	3	10.96	0.7489
Saf Hata	4	34.77	
Toplam	12	713.75	

\**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

ANOVA analizine göre kızartılmış parmak patateslerin nem içeriği değerleri üzerine vakum kızartma işlem koşullarının etkisi seçilen quadratik model ile anlamlı bir şekilde açıklanabilmektedir (*p*<0.05).

Bunun yanı sıra, vakum altında kızartılan parmak patateslerin % nem içeriği değerleri atmosferik basınçta farklı sürelerde kızartılan parmak patateslerin % nem içeriği değerleri ile karşılaştırıldığında, 10 dak kızartma işlemi sonrasında vakum altında 135°C'ta ortalama %30.20 nem içerirken, atmosferik basınçta ise 165 °C'ta %38.56 ve 180 °C'ta %28.90 olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulanan vakumun etkisi sıcaklık yüksek olsa dahi (165 °C) daha fazla nemin uzaklaşmasına sebep olmuştur.

#### **4.2.2.3 Mikroyapı**

Kızartma sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transferi sonucunda gıdanın mikroyapısı değişmekte ve bu değişim yağ emiliminde ve tekstürel yapının oluşumunda anahtar rol oynamaktadır (Pedreschi et al., 2008; Bouchon et al.,

2003). Yağ emiliminde önemli etkiye sahip olan kapiler kuvveti belirlediği için gözeneklerin boyutunun belirlenmesi önem taşımaktadır (Dueik et al. 2012).

Kızartma işlemi değişkenlerinin kızartılmış parmak patateslerin ortalama gözenek çapı değeri üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek elde edilen gözenek çapı değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Hizmet alımı ile Micro-CT yönteminden yararlanılarak gerçekleştirilen analizde CCRD deneme deseninin merkez noktasındaki üretimlerden sadece iki tanesine bu analiz uygulanmıştır. Analiz tek paralel olarak gerçekleştirildiğinden standart sapma verilememiştir.

Çizelge 4. 17 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin gözenek çapı değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Gözenek çapı (µm)
1	124.4	6.5	116.8
2	145.6	6.5	185.6
3	124.4	13.5	207.3
4	145.6	13.5	342.2
5	120.0	10.0	171.4
6	150.0	10.0	290.6
7	135.0	5.0	143.6
8	135.0	15.0	296.3
9	135.0	10.0	232.0
10	135.0	10.0	206.7

Çizelge 4.17 incelendiğinde, gözenek çapı değerlerinin 116.8 ile 342.2 µm arasında değiştiği, sıcaklık ve sürenin artması ile gözenek çapı değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Ayrıca bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, kızartılmış parmak patateslerin gözenek çapı değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4. 18 Vakum altında kızartılmış parmak patateslerin gözenek çapı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Hata Kareler	
		Toplamı	<i>p</i> - Değeri
Model	5	45339.91	0.0017*
X <sub>1</sub>	1	17323.52	0.0009*
X <sub>2</sub>	1	26801.96	0.0004*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	1092.30	0.0933
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	33.33	0.7211
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	36.48	0.7090
Kalıntı	4	908.06	
Lack of Fit	3	588.01	0.7088
Saf Hata	1	320.05	
Toplam	9	46247.97	

\**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

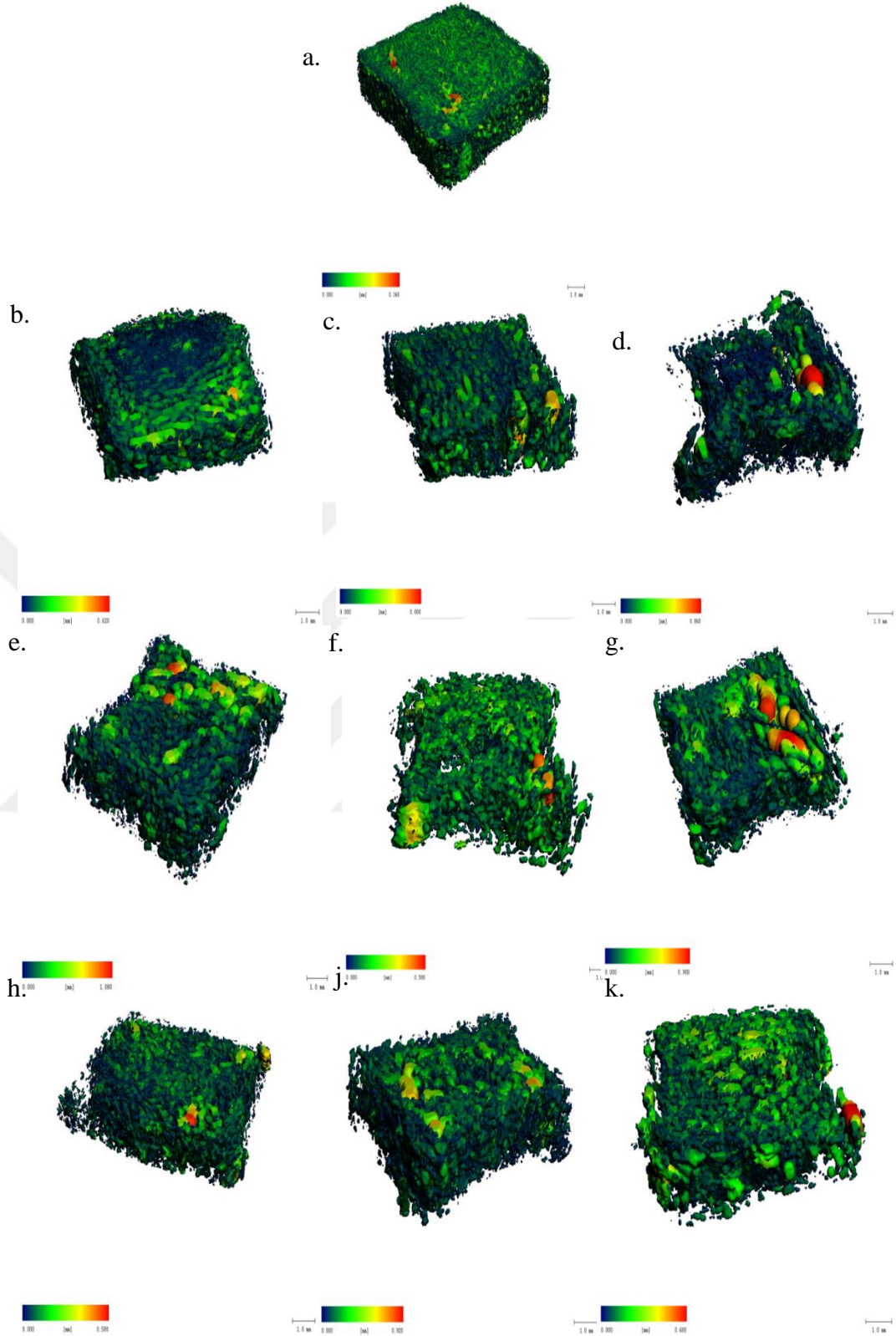
X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Gerçekleştirilen ANOVA analizine göre kızartılmış parmak patateslerin gözenek çapı değerleri üzerine vakum kızartma işlem koşullarının etkisinin seçilen quadratik model ile anlamlı bir şekilde açıklanabildiği gözlemlenmiştir (*p*<0.05).

Vakum altında kızartılan parmak patateslerin gözenek çapı değerlerinin atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin gözenek çapı değerleri ile (Çizelge 4.2) karşılaştırıldığında, 10 dak kızartma işlemi ile sonrasında vakum altında 150°C'ta gözenek çapı 290.6 µm ve 135 °C'ta ortalama 219.4 µm iken, atmosferik basınçta bu değer 165 °C'ta 161.9 µm ve 180 °C'ta 189.2 µm olduğu tespit edilmiştir. Buna göre uygulanan vakumun etkisi ile gözenek çapında artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Çiğ dondurulmuş parmak patates ve vakum altında farklı kızartma sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Bilgisayarlı Mikro Tomografi (Micro-CT) fotoğrafları Şekil 4.11'de görülmektedir.





Şekil 4. 11 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslere ait Micro-CT görüntüleri (a. Çiğ dondurulmuş parmak patates; b. 124.4°C 6.5 dak; c. 145.6°C 6.5 dak; d. 124.4°C 13.5 dak; e. 145.6°C 13.5 dak; f. 120°C 10 dak; g. 150°C 10 dak; h. 135°C 5 dak; j. 135°C 15 dak; k. 135°C 10 dak)

#### **4.2.2.4 Duyusal değerlendirme**

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin tüketici beğenisini test etmek amacıyla yapılan duyusal değerlendirmede, parmak patatesler görünüş, renk, doku, tat ve genel tercih açısından analiz edilmiştir. Genel tercih, ürünün tüm duyusal özelliklerinin genelini kapsadığı için, modelin oluşturulması ve optimizasyon çalışmasında değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu grupta tekrar değinilmemiştir.

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin duyusal beğenisini gösteren görünüş, renk, doku ve tat değerlendirmelerine ait sonuçlar ise Çizelge 4.19’da görülmektedir.

Çizelge 4. 19 Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin duyusal değerlendirme sonuçları

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Görünüş	Renk	Doku	Tat
1	124.4	6.5	3.92±0.16	3.75±0.18	3.17±0.04	3.00±0.13
2	145.6	6.5	4.30±0.45	4.00±0.11	3.80±0.34	3.80±0.15
3	124.4	13.5	4.56±0.20	4.63±0.44	3.75±0.46	4.25±0.01
4	145.6	13.5	3.42±0.02	3.08±0.26	3.25±0.36	3.67±0.34
5	120.0	10.0	4.13±0.34	4.00±0.29	4.19±0.09	4.19±0.39
6	150.0	10.0	4.60±0.15	4.10±0.19	3.80±0.24	4.40±0.25
7	135.0	5.0	2.71±0.39	2.86±0.02	2.71±0.20	2.29±0.18
8	135.0	15.0	3.29±0.19	3.57±0.48	2.43±0.15	2.86±0.05
9	135.0	10.0	4.69±0.26	4.50±0.46	4.75±0.08	4.63±0.15
10	135.0	10.0	4.71±0.09	4.57±0.13	4.29±0.01	4.57±0.28
11	135.0	10.0	4.58±0.12	4.50±0.25	4.58±0.21	4.50±0.31
12	135.0	10.0	4.67±0.01	4.33±0.31	4.08±0.32	4.42±0.26
13	135.0	10.0	4.50±0.28	4.58±0.36	4.67±0.22	4.42±0.17

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılmış parmak patatesler arasında görünüş, renk, doku ve tat açısından en yüksek puanları merkez noktalarında (135°C – 10 dak) yapılan üretimler almıştır. Tüm duyusal değerlendirme parametrelerinde en düşük değerler 135°C’ta 5 dak kızartılmış

üründe elde edilmiştir. Bu sonucun sürenin çok düşük olması nedeniyle pişme işleminin tam gerçekleşmemesine bağlı olduğu düşünülmektedir. 135°C'ta 15 dakikada üretilen parmak patates kızartmalarında ise sürenin uzun olması nedeniyle fazla nem kaybı gerçekleşmekte ve böylece tekstürel yapı sert olmakta, buda duyuşsal özelliklerden dokuyu etkileyerek panelistler tarafından düşük puanlar verilmesine neden olmaktadır.

Vakum altında farklı kızartma sıcaklığı ve sürelerinin üretilen kızartılmış parmak patateslerin duyuşsal kalitesi üzerine etkisi varyans analizi ile belirlenmiş olup, kızartma koşullarının % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu ise Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına, vakum altında kızartma koşullarının (sıcaklık ve süre) kızartılmış parmak patatesinin duyuşsal beğenisini oluşturan görünüş, renk, doku ve tat değerleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir. Görünüş ve renk değerleri üzerine sürenin karesi, ve sıcaklık ve sürenin çarpımı etkiliyken, elde edilen sonuçların birbirine yakın olması nedeniyle Lack of Fit'de önemli düzeydedir. Tat değerleri üzerine süre, sürenin karesi ve sıcaklık ve sürenin çarpımı model üzerine etkili iken, doku değerleri üzerine sadece sürenin karesi etkili bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4. 20 Kızartılmış parmak patatesin duyuusal beğenisi üzerine farklı sıcaklık ve sürelerin etkilerini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Görünüş		Renk		Doku		Tat	
		HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri	HKT	<i>p</i> - değeri
Model	5	4.28	0.0066*	3.51	0.0058*	6.02	0.0008*	6.72	<0.0001*
X <sub>1</sub>	1	1.029x10 <sup>-3</sup>	0.9218	0.17	0.1876	0.021	0.5940	0.033	0.2775
X <sub>2</sub>	1	0.041	0.5424	0.12	0.2586	0.017	0.6330	0.46	0.0032*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	0.58	0.0457*	0.80	0.0147*	0.32	0.0678	0.48	0.0030*
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	0.012	0.7355	0.19	0.1606	0.25	0.1013	0.014	0.4749
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	3.64	0.0005*	2.37	0.0009*	5.62	<0.0001*	5.71	<0.0001*
Kalıntı	7	0.70		0.54		0.48		0.17	
Lack of Fit	3	0.66	0.0036*	0.50	0.0098*	0.17	0.5898	0.13	0.0725
Saf Hata	4	0.031		0.040		0.31		0.034	
Toplam	12	4.98		4.05		6.50		6.89	

\**p*<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli; X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

### 4.2.3 Kızartma yağının özellikleri

#### 4.2.3.1 Toplam polar madde (TPM) içeriği

Kızartma sırasında yağın kalitesini ve stabilitesini belirlemek için polar madde içeriğinden yararlanılması en güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir. Polar bileşikler, kızartma esnasındaki atmosferik oksijen, gıda maddesinin su içeriği ve yüksek ısı etkisine bağlı olarak oluşmaktadır (Farhoosh and Tavassoli-Kafrani, 2010).

Belirlenmesinin pratik olması ve yağda gerçekleşen bozunmayı temsil edebilmesi nedeniyle, birçok ülkenin kızartma yağı ile ilgili yasal düzenlemesinde toplam polar madde için sınır değerler belirtilmiştir. Fransa, Belçika, İtalya, İspanya ve Güney Afrika'da kızartma yağının polar madde içeriği için sınır %25 iken, Avusturya ve Almanya için ise %27'dir (Tarmizi et al., 2013).

Türkiye'de kızartma yağları ile ilgili yasal düzenleme ilk olarak 2007'de yayınlanmış ve son düzenleme ise 2012 yılında yapılmıştır. Son düzenleme ile yönetmelikte polar madde miktarı ( $\leq$  %25), kızartma yağı sıcaklığı ( $\leq$  180°C) ve asit sayısının (2.5 mg KOH/g yağ) limitleri belirtilmiştir (Anonim, 2012).

Kızartma işlem değişkenleri olan sıcaklık ve sürenin kızartma yağının toplam polar madde içeriği üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek kullanılan kızartma yağlarının toplam polar madde içerikleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4. 21 Vakum altında kullanılan kızartma yağının toplam polar madde içerikleri (% w/w)

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	TPM (%)
1	124.4	6.5	8.33±0.14
2	145.6	6.5	8.42±0.12
3	124.4	13.5	8.08±0.12
4	145.6	13.5	8.33±0.04
5	120.0	10.0	8.83±0.24
6	150.0	10.0	8.28±0.12
7	135.0	5.0	8.25±0.08
8	135.0	15.0	8.25±0.10
9	135.0	10.0	8.83±0.14
10	135.0	10.0	8.58±0.12
11	135.0	10.0	8.25±0.16
12	135.0	10.0	8.58±0.11
13	135.0	10.0	8.25±0.12

Çizelge 4.21'e göre, kızartma işlemi sonunda elde edilen kızartma yağlarının toplam polar madde içerikleri %8.25 ile %8.83 arasında değişmektedir. Böylece farklı kızartma süresi ve sıcaklığı uygulanmasına rağmen kızartma yağlarının toplam polar madde içeriklerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca, kızartma işlemi öncesi yağın polar madde içeriğinin %8.08±0.20 olması, uygulanan vakum kızartma işleminin toplam polar madde içeriğinde belirgin farklar yaratmadığını göstermektedir. Çalışmamızda elde edilen toplam polar madde içeriği sonuçlarının, ülkemizde geçerli olan kızartma yağı yönetmeliğine uygun olduğu görülmüştür.

Bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, kızartma yağının toplam polar madde içeriği üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4. 22 Vakum altında kullanılan kızartma yağının toplam polar madde içeriği değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Hata Kareler Toplamı	<i>p</i> - Değeri
Model	5	0.23	0.6923
X <sub>1</sub>	1	0.066	0.3745
X <sub>2</sub>	1	0.014	0.6769
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	6.944x10 <sup>-3</sup>	0.7675
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	9.247x10 <sup>-3</sup>	0.7333
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	0.14	0.2136
Kalıntı	7	0.51	
Lack of Fit	3	0.26	0.3626
Saf Hata	4	0.25	
Toplam	12	0.74	

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

ANOVA analizine göre kızartma yağlarının toplam polar madde içerikleri üzerine vakum kızartma işlem koşullarının etkisi seçilen quadratik model ile açıklanamamaktadır ( $p > 0.05$ ). Bunun nedeni olarak, kızartma yağlarının toplam polar madde içeriklerinin birbiri ile oldukça yakın olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca, vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma uygulanan yağların toplam polar madde içeriklerinin, atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma uygulanan yağlarının toplam polar madde içeriklerine (Çizelge 4.7) göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeninin atmosferik basınçta kızartma işlemi sırasında yağın daha yüksek sıcaklığa maruz kalması ve ortamdaki oksijen varlığının olduğu düşünülmektedir.

#### **4.2.3.2 Serbest yağ asidi içeriği**

Kızartma yağının serbest yağ asidi içeriği yaygın olarak yağ bozunmalarının göstergesi olarak kullanılmaktadır. Toplam polar madde içeriği gibi serbest yağ asitliği de kızartma sırasında hızlı ve güvenilir şekilde takip edilebilmektedir (Ahmad Tarmizi and İsmail, 2008). Genellikle yüksek sıcaklıkta havanın ve nemin

etkisi ile yağda gerçekleşen hidroliz sonucunda trigliseridlerin parçalanması ile oluşmaktadır (Bensmira et al., 2007).

Ülkemizdeki kızartma yağı tebliğine göre asit sayısı maksimum 2.5 mg KOH/g yağ olabilmektedir (Anonim, 2012). Bu sınır değeri ülkeler arasında değişiklik gösterebilmektedir. Bazı ülkelerde izin verilen maksimum serbest asit değerleri şöyledir; Avusturya %1.25, Belçika %2.5, Almanya %1, Japonya %1.25 ve Hollanda %2.25'dir (Rossell, 2001). Ayrıca, endüstride serbest yağ asidi içeriğine bakılarak kızartma yağı değiştirilmekte ve yağın değiştirilmesi için belirlenen nokta ürüne bağlı olarak değişmektedir. Bu değer patates cipsi için %0.5 iken, parmak patates için %1'dir.

Vakum kızartma işlem değişkenlerinin kızartma yağı serbest yağ asidi içeriği ve asit sayısı değeri üzerine etkileri incelenmiş ve CCRD deneme planı izlenerek kullanılan kızartma yağı serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri Çizelge 4.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. 23 Vakum altında kullanılan kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Serbest yağ asitliği (% oleik asit)	Asit sayısı (mg KOH/g yağ)
1	124.4	6.5	0.0383±0.0024	0.0767±0.0048
2	145.6	6.5	0.0377±0.0012	0.0756±0.0024
3	124.4	13.5	0.0413±0.0034	0.0828±0.0067
4	145.6	13.5	0.0486±0.0008	0.0974±0.0016
5	120.0	10.0	0.0412±0.0025	0.0826±0.0050
6	150.0	10.0	0.0341±0.0006	0.0683±0.0012
7	135.0	5.0	0.0323±0.0022	0.0647±0.0043
8	135.0	15.0	0.0348±0.0001	0.0698±0.0002
9	135.0	10.0	0.0428±0.0012	0.0858±0.0024
10	135.0	10.0	0.0375±0.0036	0.0751±0.0071
11	135.0	10.0	0.0384±0.0014	0.0769±0.0028
12	135.0	10.0	0.0441±0.0002	0.0883±0.0004
13	135.0	10.0	0.0413±0.0010	0.0828±0.0020



Belirlenen CCRD deneme desenine göre, vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan yağların serbest yağ asitliği %0.0323 ile %0.0486 arasında, asit sayısı ise 0.0647 ile 0.0974 mg KOH/g yağ arasında değişmektedir. Serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Kullanılan yağın kızartma öncesi serbest yağ asidi içeriği %0.0310±0.0019 olarak, asit sayısı ise 0.0622±0.0039 mg KOH/g yağ olarak belirlenmiştir. Uygulanan kızartma işlemleri ile yağın serbest yağ asidi içeriğinde artma gerçekleştiği, fakat kızartma yağının ülkemizdeki tebliğe göre tekrar kullanıma uygun olduğu görülmüştür.

Ayrıca bağımsız değişkenler olarak seçilen sıcaklık ve sürenin, kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4. 24 Vakum altında kullanılan kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Serbest yağ asitliği (% oleik asit)		Asit sayısı (mg KOH/g yağ)	
		Hata Kareler	<i>p</i> -	Hata Kareler	<i>p</i> -
		Toplamı	Değeri	Toplamı	Değeri
Model	5	8.809x10 <sup>-5</sup>	0.5710	3.536x10 <sup>-4</sup>	0.5710
X <sub>1</sub>	1	1.396x10 <sup>-6</sup>	0.8059	5.604x10 <sup>-6</sup>	0.8059
X <sub>2</sub>	1	3.858x10 <sup>-5</sup>	0.2216	1.549 x10 <sup>-4</sup>	0.2216
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	1.530x10 <sup>-5</sup>	0.4262	6.141x10 <sup>-5</sup>	0.4262
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	7.490x10 <sup>-8</sup>	0.9545	3.007x10 <sup>-7</sup>	0.9545
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	3.259x10 <sup>-5</sup>	0.2574	1.308x10 <sup>-4</sup>	0.2574
Kalıntı	7	1.501x10 <sup>-4</sup>		6.024x10 <sup>-4</sup>	
Lack of Fit	3	1.182x10 <sup>-4</sup>	0.0782	4.745x10 <sup>-4</sup>	0.0782
Saf Hata	4	3.185x10 <sup>-5</sup>		1.278x10 <sup>-4</sup>	
Toplam	12	2.381x10 <sup>-4</sup>		9.560x10 <sup>-4</sup>	

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

ANOVA analizine göre kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri üzerine vakum kızartma işlem koşullarının etkisi seçilen quadratik model

ile açıklanamamaktadır ( $p>0.05$ ). Bu durum, kızartma yağlarının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerlerinin birbiri ile oldukça yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

Bunun yanı sıra, vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan yağların serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerlerinin atmosferik basınçta farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan yağların serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerleri (Çizelge 4.7) ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

#### **4.2.3.3 Peroksit sayısı**

Peroksit değeri, yağdaki birincil oksidasyonun ilerlemesi ile artış gösterir. Oksidasyonun ilerlemesi ile birincil oksidasyon ürünleri (hidroperoksit) parçalanarak ikincil oksidasyon ürünleri (aldehit ve ketonlar) oluşmaya başlamaktadır (Crosa et al., 2014). Bu nedenle yağın kalitesi hakkında bilgi verirken, yağın kullanım süresinin belirlenmesinde peroksit sayısı yetersiz kalmaktadır.

Vakum altında farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanmış yağın peroksit sayısı değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25'te verilen peroksit sayısı değerleri incelendiğinde sıcaklık ve sürenin artması ile peroksit sayısının arttığı, fakat sürenin etkisinin oldukça düşük olduğu esas etkili faktörün sıcaklık olduğu tespit edilmiştir. Peroksit sayısı değerlerinin 0.113 ile 0.481 meq O<sub>2</sub> /kg yağ arasında değiştiği ve en yüksek değere en yüksek sıcaklık (150°C) uygulanan koşulda ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 25 Vakum altında kullanılan kızartma yağının peroksit sayısı değerleri

Deney No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Peroksit sayısı (meq
			O <sub>2</sub> /kg yağ)

1	124.4	6.5	0.116±0.004
2	145.6	6.5	0.401±0.049
3	124.4	13.5	0.232±0.004
4	145.6	13.5	0.459±0.015
5	120.0	10.0	0.115±0.035
6	150.0	10.0	0.481±0.013
7	135.0	5.0	0.113±0.007
8	135.0	15.0	0.246±0.028
9	135.0	10.0	0.206±0.052
10	135.0	10.0	0.226±0.005
11	135.0	10.0	0.206±0.012
12	135.0	10.0	0.283±0.007
13	135.0	10.0	0.236±0.001

Ayrıca sıcaklık ve sürenin, kızartma yağının peroksit sayısı değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak varyans (ANOVA) analizi ile değerlendirilmiş olup, farklı sıcaklık ve sürelerin % 95 güven aralığında etkilerini gösteren ANOVA tablosu Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, sıcaklık ve sürenin ve sıcaklığın karesinin kızartma yağının peroksit sayısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4. 26 Vakum altında kullanılan kızartma yağının peroksit sayısı değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon Kaynağı	SD	Hata Kareler Toplamı	$p$ - Değeri
-------------------	----	-------------------------	--------------

Model	5	0.17	0.0005*
X <sub>1</sub>	1	0.13	<0.0001*
X <sub>2</sub>	1	0.016	0.0176*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	8.485x10 <sup>-4</sup>	0.5051
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	0.017	0.0168*
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	7.146x10 <sup>-4</sup>	0.5397
Kalıntı	7	0.012	
Lack of Fit	3	8.068x10 <sup>-3</sup>	0.1799
Saf Hata	4	3.969x10 <sup>-3</sup>	
Toplam	12	0.18	

\*p<0.05 seviyesinde istatistiksel olarak önemli

X<sub>1</sub>: Sıcaklık (°C), X<sub>2</sub>: Süre (dak)

Atmosferik basınçta gerçekleştirilen kızartma işlemi ile vakum altında gerçekleştirilen kızartma işlemi sonucunda elde edilen kızartma yağlarının peroksit sayıları karşılaştırıldığında atmosferik koşulda daha yüksek sıcaklığın uygulanmasına bağlı olarak daha yüksek peroksit sayıları tespit edilmiştir.

#### 4.2.4 Optimizasyon ve sonuçların deneysel doğrulanması

Vakum altında kızartma yöntemi ile kızartılmış parmak patates eldesi için işlem koşulları olarak seçilen kızartma sıcaklığı (°C) ve süresi (dak); minimum yağ içeriği, 30-45 N aralığında sertliği, minimum akrilamid miktarı ve maksimum duyuşsal genel beğeni değerlerini sağlayacak şekilde Desirability fonksiyonu yaklaşımı yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Tekstürel özelliği gösteren sertlik değeri için duyuşsal olarak en çok tercih edilen ve literatürle uyumlu olan aralık seçilmiştir. CCRD deneme desenine göre üretilen kızartılmış parmak patateslerin diğer parametreleri ise optimizasyon çalışmasına dahil edilmemiştir. Ayrıca kızartma yağının parametreleri de, önemli bir değişim olmadığı için optimizasyona dahil edilmemiştir.

Bu çalışmada kızartma işlemine, kızartılmış gıdanın kalitesini koruyarak daha sağlıklı bir form kazandırmak hedeflenmiş ve bu nedenle minimum yağ içeriği ve akrilamid hedeflenirken, duyuşsal beğeni gösteren genel tercih ve sertliğin arzu

edilen değerlerde tutulmasını sağlayan işlem koşulları optimum nokta olarak seçilmiştir.

Optimizasyon çalışmasında, vakum altında kızartma işlem koşulları olan kızartma sıcaklığı 120-150°C ve kızartma süresi 5-15 dak aralığında seçilmiştir. Optimum noktanın belirlenmesi aşamasında her bir yanıt için elde edilen ikinci dereceden polinomial modeller kullanılmıştır. Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanıldığında optimum nokta için birbirine yakın 5 çözüm bulunmuştur. Bu çözümler Çizelge 4.27’de verilmiştir. Optimum nokta olarak, programın belirlediği bu çözümlerden, birinci çözüm seçilmiştir. Bu noktada, kızartma sıcaklığı 124.39°C ve kızartma süresi 8.36 dak olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4. 27 Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak elde edilen optimum nokta çözümleri

No	Sıcaklık (°C)	Süre (dak)	Sertlik (N)	Genel tercih	Akrilamid miktarı (ppb)	Yağ içeriği (%)	Desirability
1	124.39	8.36	32.03	4.09	87.4	16.35	0.730
2	124.39	8.33	31.93	4.08	86.6	16.30	0.730
3	124.39	8.43	32.22	4.11	89.1	16.43	0.730
4	124.39	8.26	31.74	4.05	84.9	16.21	0.729
5	124.39	8.18	31.51	4.02	82.8	16.10	0.729

Optimum noktada kızartılmış parmak patatesten sertlik değeri 32.03 N, genel tercih 4.09, akrilamid miktarı 87.4 ppb ve yağ içeriği %16.35 olarak hesaplanmıştır.

Optimum nokta sonuçlarının doğrulanması, kızartma sıcaklığı 124.39 °C ve kızartma süresi 8.36 dak olarak belirlenen matematiksel optimum noktada; geliştirilen vakum kızartma cihazında kızartılmış parmak patates üretimi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen 5 doğrulama denemesinin sonuçları, sonuçların ortalaması ve modelden tahmin edilen değerler Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama denemelerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığı tek örnek *T* - testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek *T* – testi SPSS, 2006 (15.0 for Windows) paket programı kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Her bir yanıt için tek örnek *T* – testi sonuçları Çizelge 4.29’da belirtilmiştir.

Çizelge 4. 28 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları

Deneme No	Sertlik (N)	Duyusal genel tercih	Akrilamid miktarı (ppb)	Yağ içeriği (%)
1	35.81	4.50	62.5	14.60
2	37.38	4.43	61.4	11.84
3	38.95	4.71	64.8	13.29
4	39.21	4.29	65.6	14.24
5	38.38	4.64	71.4	11.94
Ortalama	37.95	4.51	65.1	13.18
Modelden Tahminlenen	32.03	4.09	87.4	16.35

Çizelge 4. 29 Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması

Yanıtlar	Tahminlenen değer	Deneysel değer <sup>a</sup>	SH <sup>b</sup>	Fark	% Hata <sup>c</sup>	<i>p</i> -değeri
Sertlik (N)	32.03	37.95±1.38	0.619	5.92	15.60	0.001
Duyusal genel tercih	4.09	4.51±0.17	0.076	0.42	9.41	0.005
Akrilamid miktarı (ppb)	87.4	65.1±3.9	1.739	- 22.32	34.28	0.000
Yağ içeriği (%)	16.35	13.18±1.27	0.569	-3.16	24.01	0.005

a Deneysel sonuçlar standart sapma ile birlikte verilmiştir

b Ortalama standart hata

c % Hata =  $(|y_{den} - y_{tah}| / y_{den}) * 100$

Doğrulama denemeleri sonucunda elde edilen kıvartılmış parmak patateslerin analiz sonuçlarına göre tüm yanıtlar ile modelden tahminlenen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Sertlik değerinin

belirlenen sınırlar (30-45 N) içinde olduğu, fakat modelden hesaplanan değere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Genel tercih değerinde optimum noktada üretilen örneklerde daha yüksek duyuusal beğeni puanları elde edilmiş, daha düşük yağ içeriği ve daha düşük akrilamid değerleri belirlenmiş olup, pozitif yönde bir değer artışı olduğu görülmektedir.

Optimum noktada üretilen kızartılmış parmak patatesin renk değerleri (L\*, a\* ve b\*), renk yoğunluğu (C\*) ve kahverengileşme indeksi (BI), nem içeriği (%) ve gözenek çapına ( $\mu\text{m}$ ) ait sonuçlar, ise Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4. 30 Vakum altında optimum noktada 5 farklı denemede üretilen kızartılmış parmak patatesin L\*, a\*, b\*, C\*, BI, nem içeriği ve gözenek çapı değerleri

Deneme No	L*	a*	b*	C*	BI	Nem içeriği (%)	Gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ )
1	69.07	-6.23	37.58	35.06	42.57	33.45	113.7
2	70.06	-5.69	36.69	37.13	40.04	30.50	160.5
3	66.05	-6.00	38.51	38.97	44.49	32.21	-
4	67.69	-4.34	34.37	34.65	40.67	35.15	-
5	68.33	-5.12	34.23	34.61	40.60	32.58	-
Ortalama	68.24	-5.48	36.28	36.08	41.67	32.78	137.1

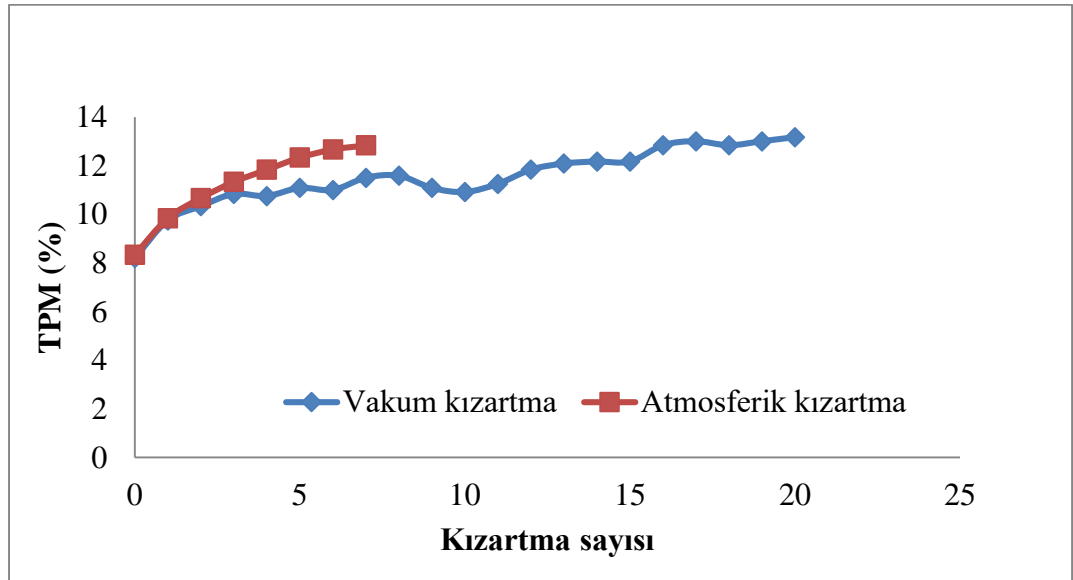
#### 4.3 Vakum Kızartmanın Kızartma Yağı Kullanım Süresine Etkisi ve Atmosferik Basıncıdaki Kızartma ile Karşılaştırılması

Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen reaksiyonlar ile yağın kalitesinde kayıplar oluşmaktadır. Yüksek sıcaklık, oksijen ve nem bozunma reaksiyonlarını doğrudan etkilemektedir. Vakum kızartma ile yağa, daha düşük sıcaklık uygulanması ve düşük oksijen içeriğine maruz kalması nedeniyle yağın kalitesinin korunduğu belirtilmiştir (Crosa et al., 2014).

Kızartma yağları özellikle restoranlarda ve fast-food zincirlerinde maliyetin düşürülmesi için, uzun süre kullanılmaktadır. Kullanım süresinin artması ile yağda gerçekleşen bozunma reaksiyonları sonucunda mutajenik bileşikler oluşmakta ve tüketicilerin sağlığını tehdit etmektedir (Debnath et al., 2012; Sebastian et al., 2014).

Vakum kızartmanın, kızartma işleminde kullanılan yağın kalitesine etkisini belirlemek için vakum kızartma için belirlenen optimum noktada (124.4°C, 8.4 dak) 13.3 kPa mutlak basınçta ve patates/yağ oranı 1/6 olacak şekilde kızartma işlemi aynı yağ kullanılarak 20 defa tekrarlanmıştır. Atmosferik basınçta gerçekleştirilen kızartma işlemi ile karşılaştırılması için 180°C'ta aynı yağ kullanılarak 7 defa 10 dak süreyle kızartma işlemi uygulanmıştır. Yağ kalitesinin belirlenmesi için toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien ve trien içeriği değişimleri analizlenmiştir. Aynı zamanda yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelenmiştir.

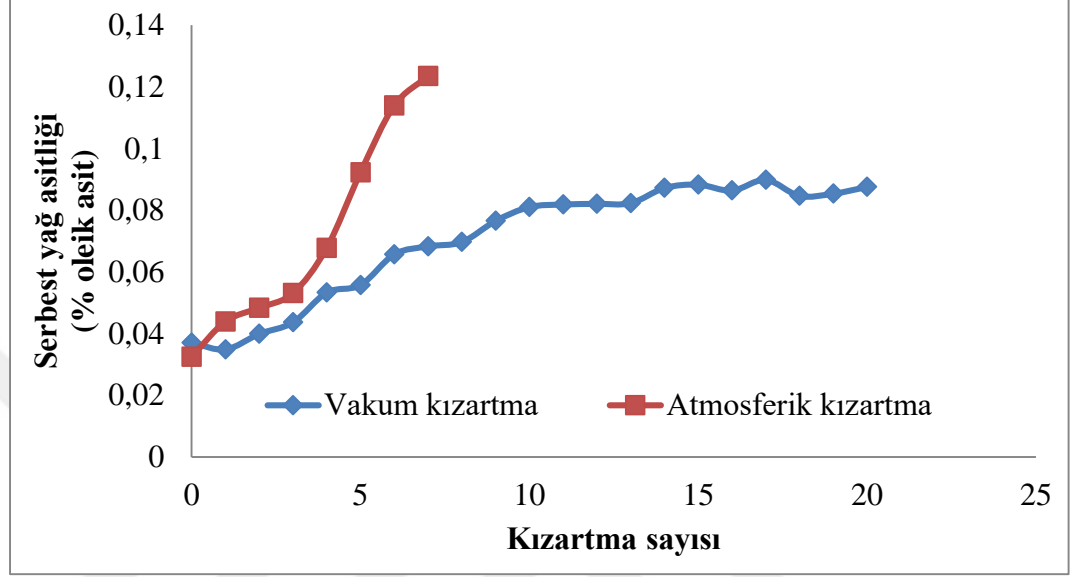
Kızartma yağının kalitesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan ve oldukça pratik bir yöntem olan toplam polar maddenin vakum altında ve atmosferik basınçta kızartma süresi ile değişimi Şekil 4.12 verilmiştir. Kızartma sayısının artması ile TPM içeriğinde artış belirlenmiştir. Atmosferik koşullarda TPM içeriğinin daha hızlı yükseldiği, vakumda ise artışın oldukça yavaş olduğu gözlemlenmiştir. Atmosferik basınçta gerçekleştirilen 7 kızartma işlemi sonrası TPM içeriğinin %12.83 olduğu, vakum kızartmada ise aynı TPM içeriğine 16. kızartma işlemi sonucunda ulaşıldığı saptanmıştır.



Şekil 4. 12 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağın toplam polar madde değişimi

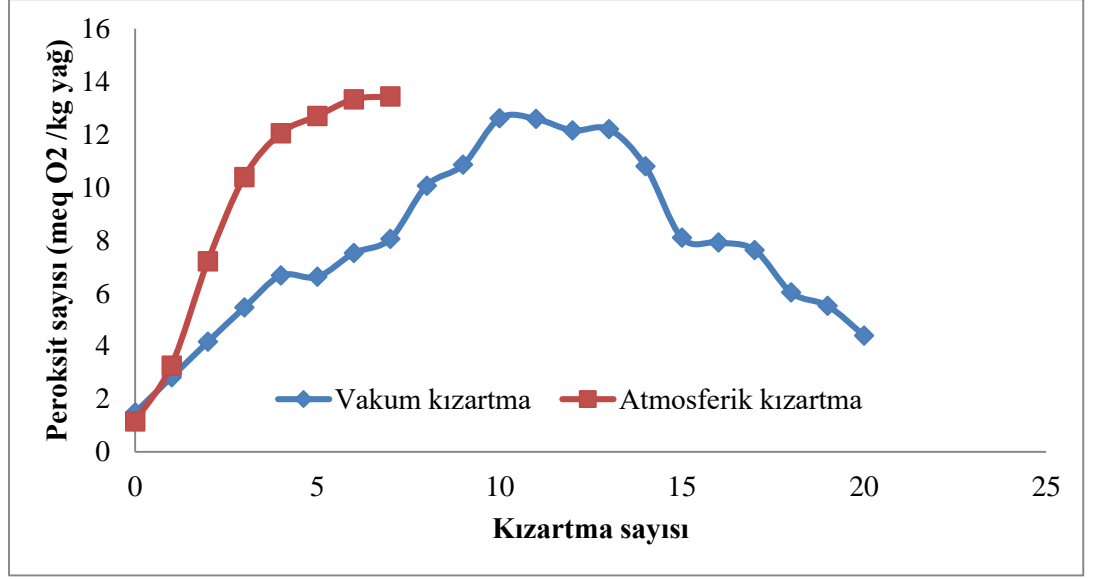


Kızartma yağının önemli kalite kriterlerinden olan serbest yağ asitliğinin, kızartma sayısına göre değişimi Şekil 4.13’de verilmiştir. Atmosferik kızartma ile serbest yağ asitliğinin çok hızlı arttığı 7. üretimin sonunda %0.1370’e ulaştığı tespit edilmiştir. Vakum kızartma ile ise 20 kızartma sonrası serbest yağ asitliğinin %0.0865 değerinde olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4. 13** Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağın serbest yağ asitliğinin değişimi

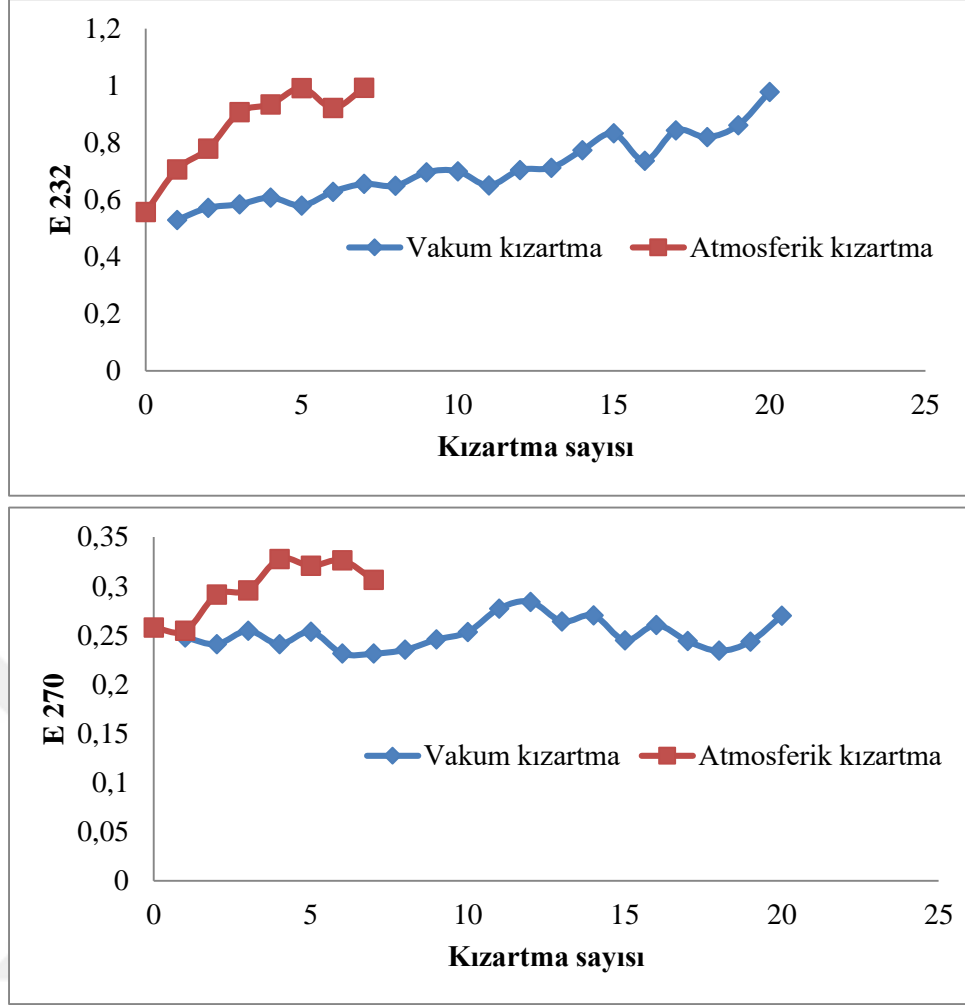
Kızartma yağının oksidasyon derecesini gösteren peroksit sayısının kızartma sayısı ile değişimi Şekil 4.14’te verilmiştir. Peroksit sayısı, birincil oksidasyon ürünü olması nedeniyle oksidasyonun ilerlemesi ile ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşmesine bağlı olarak azalmaktadır. Vakum altında gerçekleştirilen denemelerde 10. kızartma işleminden sonra peroksit sayısının azalmaya başladığı görülmektedir. 10. üretimle maksimum seviyeye (12.61 meq O<sub>2</sub> /kg yağ) ulaşan peroksit sayısının 20. üretim sonunda ise 3.77 meq O<sub>2</sub> /kg yağ düştüğü tespit edilmiştir. Atmosferik kızartma ile sadece 7 üretim yapılması nedeniyle peroksit içeriğindeki azalma gözlemlenememiş, sadece başlangıçta atmosferik kızartma ile vakum kızartmaya göre daha hızlı bir artış olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 14 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanılan yağın peroksit sayısının değişimi

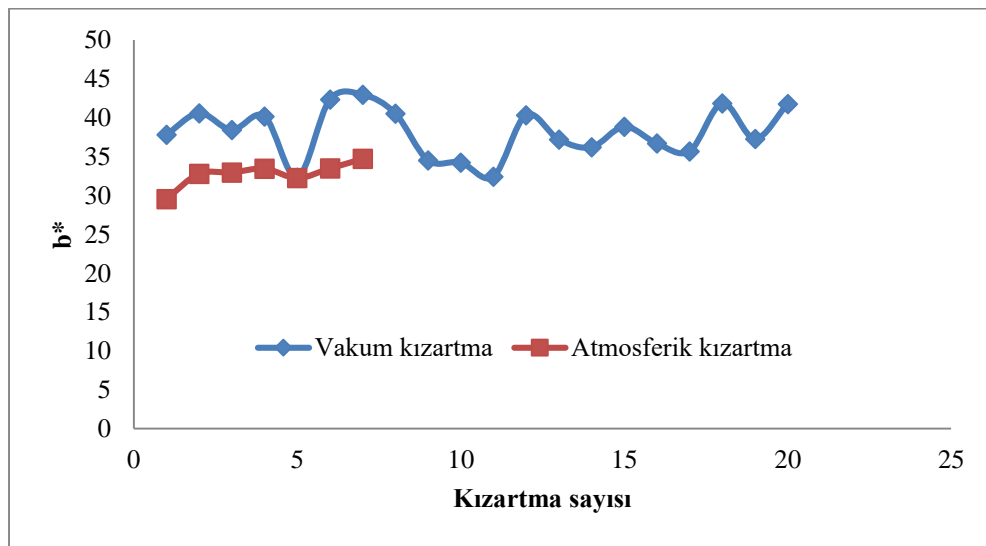
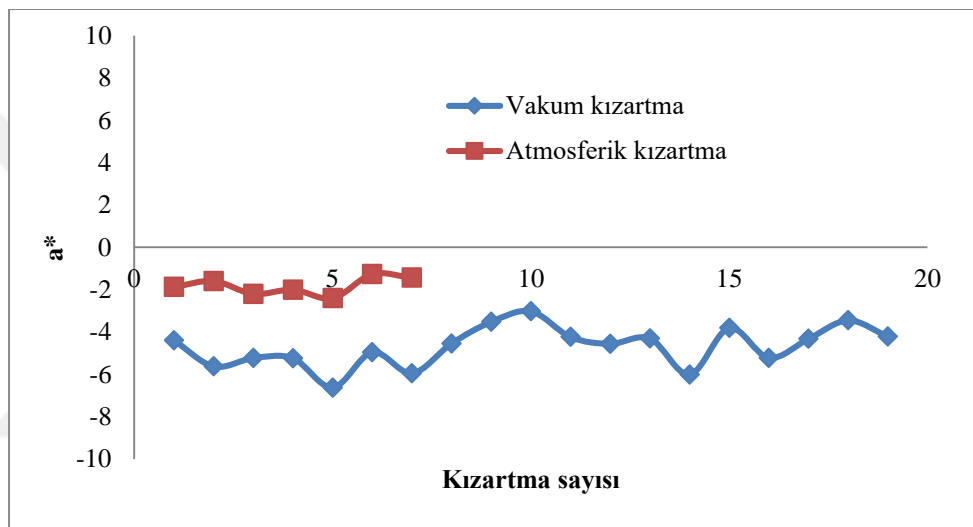
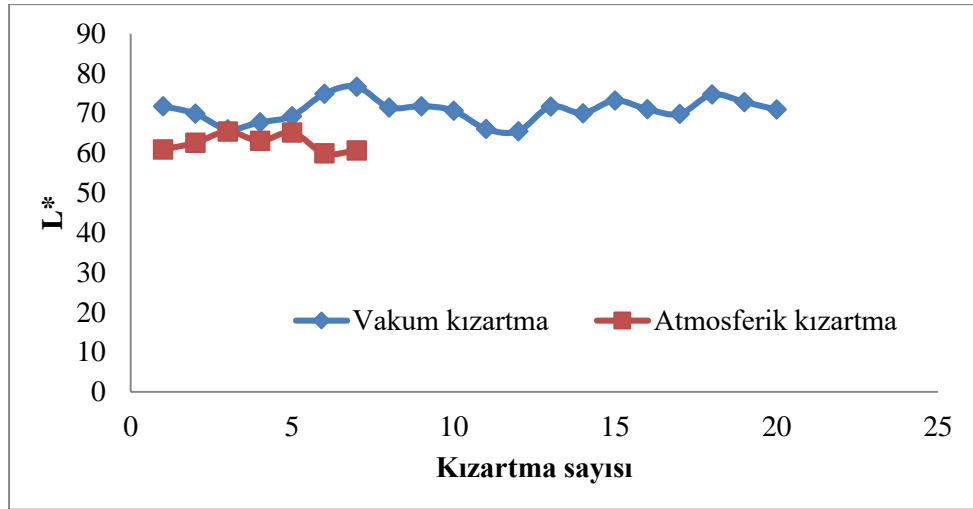
Çoklu doymamış yağ asitlerinden hidroperoksitlerin oluşması konjugasyonun oluşmasına yol açmaktadır. Bu oluşum, UV spektrumunda belirlenir. Oluşan birincil ve ikincil oksidasyon ürünleri 232 nm ve 270 nm’de okunmaktadır. Kojuge dien oluşumu arttıkça 232 nm’deki özgül soğurma değeri artış göstermekte iken 270 nm’de özgül soğurma değeri ise aldehit ve ketonların oluşumuna (acılık, istenmeyen lezzet bileşikleri) paralel olarak artış göstermektedir.

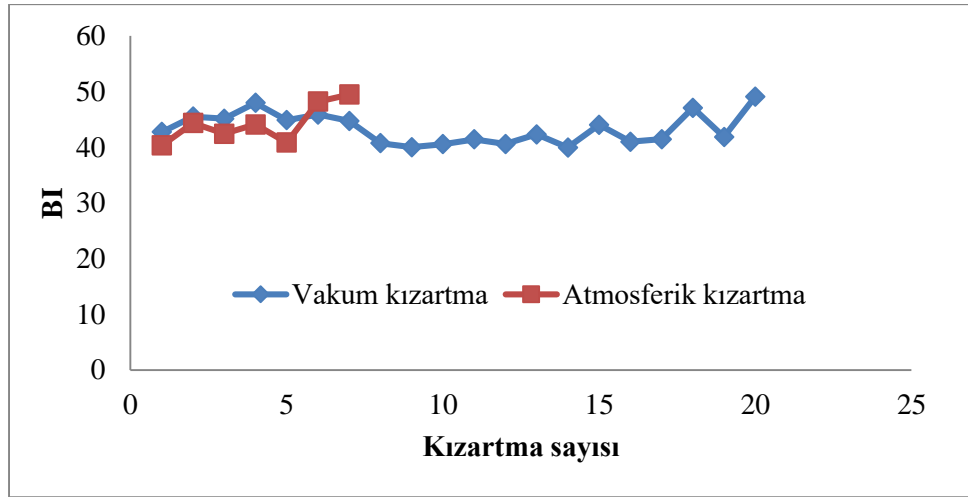
Vakum kızartma ve atmosferik kızartma ile konjuge dien ve trien içeriğindeki değişim Şekil 4.15 gösterilmiştir. Konjuge dieni temsil eden E232’nin atmosferik kızartmada hızla arttığı gözlemlenirken, vakum altında kızartma ile değişim oldukça yavaştır. Buradan konjuge dienlerin oluşum hızının uygulanan iki yöntemde birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Konjuge trienleri temsil eden E270 için ise birbirine oldukça yakın değerler elde edilmiş ve belirgin bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Bu da, uygulanan kızartma işleminin sayısının konjuge trien değişimini gözlemlemek için yetersiz kaldığını göstermektedir.



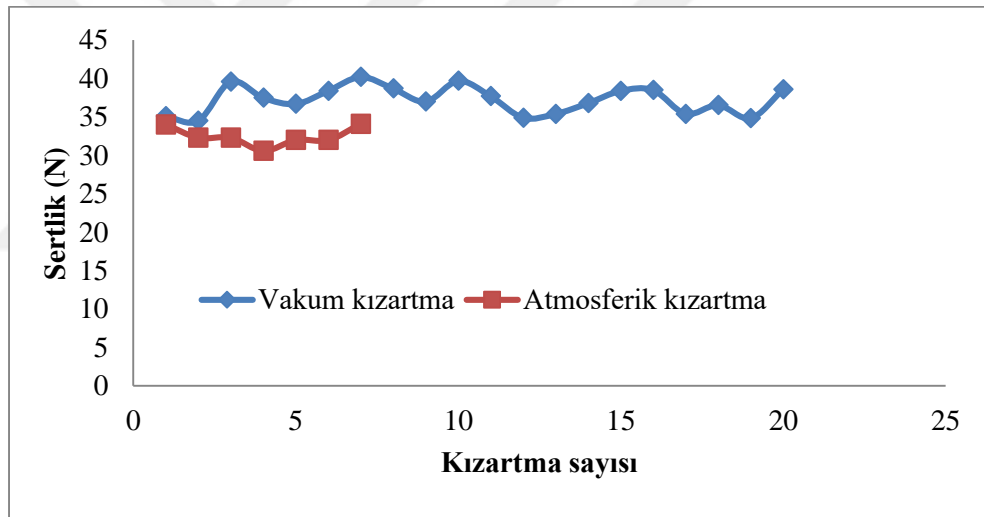
Şekil 4. 15 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan yağda konjuge dien ve trien değişimi

Kızartma işlemi sırasındaki yağın kalitesindeki değişimin kızartılan ürünün kalitesine etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelenmiştir. Şekil 4.16'da renk değerlerinin değişimi ve Şekil 4.17'de ise sertlik değerindeki değişim gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde kızartma sayısı ile renk ve sertlik değerlerinde belirgin farkların oluşmadığı ve birbirine yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir. Bunun yağ kalitesinde meydana gelen değişimin ürün kalitesini etkileyecek kadar fazla olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.





Şekil 4. 16 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan parmak patateslerin renk değerlerindeki değişim



Şekil 4. 17 Atmosferik basınçta ve vakum altında kızartma uygulanan parmak patateslerin sertlik değerlerindeki değişim

## 5 SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında, Arçelik A.Ş. ile gerçekleştirilen ortak çalışmaların sonucunda hem atmosferik hem de vakum altında çalışabilen bir vakum kızartma cihazı geliştirilmiş olup, geliştirilen cihazda dondurulmuş parmak patates kızartılarak performansı değerlendirilmiştir. CCRD deneme desenine göre vakum altında kızartma yöntemi ile parmak patateslerin kızartılmasında seçilen bağımsız değişkenler olan kızartma sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ ) ve süresinin (dak) etkisi incelenmiştir. Design Expert paket programı kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon çalışmasında bağımsız işlem değişkenleri olarak seçilen vakum altında kızartma işlem koşullarının kızartılmış parmak patatesin sertlik (N), yağ içeriği (%), akrilamid miktarı (ppb) ve duyuusal değerlendirme kriterlerinden genel tercih değeri üzerine etkisi araştırılmıştır. CCRD deneme desenine göre farklı sıcaklık ve sürelerde kızartılan parmak patateslerin CIE renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), Chroma ( $C^*$ ) ve kahverengileşme indeksi değeri (BI), nem içeriği (%), gözenek çapı ( $\mu\text{m}$ ) ve duyuusal özellikleri (görünüş, renk, doku ve tat) de analiz edilirken kızartma yağının ise toplam polar madde içeriği (%), serbest yağ asitliği (% oleik asit), asit sayısı (mg KOH/g yağ) ve peroksit sayısı (meq  $\text{O}_2$  /kg yağ) değerleri de analiz edilmiştir. Ayrıca vakum kızartma işleminin yağ kullanım süresine etkisini belirlemek için, Design Expert paket programı ile vakum kızartma için belirlenen optimum noktada aynı yağ kullanılarak 20 defa kızartma işlemi tekrarlanırken atmosferik basınçta ise yağda 7 defa  $180^{\circ}\text{C}$ 'ta 10 dakika kızartma işlemi uygulanarak, yağ kalitesindeki değişim belirlenmiş, her kızartma işlemi sonrası toplam polar madde içeriği (%), serbest yağ asitliği (% oleik asit), peroksit sayısı (meq  $\text{O}_2$  /kg yağ), konjuge dien ve trien içeriği ve yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelenmiştir.

Kızartılmış gıdaların kalitesini belirleyen en önemli özelliklerinden biri olan tekstür, sertlik ölçümü ile belirlenmiştir ve sertlik değerinin vakum kızartma işlemi süresinin artması ile arttığı belirlenmiştir. Sıcaklıktaki artışın sertlik değerini artırdığı fakat süre kadar etkili olmadığı görülmüştür. Sertlikteki değişimin nem içeriğindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kızartılmış parmak patateslerin yağ içeriğinin ise hem sıcaklığın hem de sürenin artması ile arttığı, fakat sürenin 10 dakika ulaşması ile yağ içeriğinin maksimumuna ulaştığı ve sürenin daha

fazla artmasının yağ içeriğinde artışa sebep olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen en yüksek yağ içeriği %23.1 olarak 150°C'ta 10 dak kızartılmış patatesten belirlenmiştir. Mutajenik bir bileşik olan akrilamid miktarı incelendiğinde ise 42.0 ile 516.9 ppb arasında değiştiği saptanmıştır. Akrilamid miktarına en etkili bağımsız değişkenin sıcaklık olduğu belirlenmiş olup, sıcaklığın yükselmesiyle birlikte kızartılmış parmak patateslerin akrilamid içeriğinde artış olduğu bulgulanmıştır. Duyusal değerlendirme kriterlerinden genel tercih değeri incelendiğinde ise, en etkili bağımsız değişkenin süre olduğu ve 10 dakikaya kadar sürenin artması ile arttığı, daha sonra ise azaldığı görülmüştür.

Vakum altında kızartma ile parmak patateslerin kızartılması için işlem koşulları olarak seçilen kızartma sıcaklığı ve süresi, minimum yağ içeriği, 30-45 N aralığında sertlik değeri, minimum akrilamid miktarı ve maksimum duyusal genel beğeni değerlerini sağlayacak şekilde optimize edilmiş ve vakum kızartma yöntemi ile kızartılmış parmak patates üretimi için optimum işlem koşulları kızartma sıcaklığı 124.39°C ve kızartma süresi 8.36 dak olarak tespit edilmiştir.

Vakum altında kızartmanın yanı sıra atmosferik basınçta da kızartma işlemi uygulanarak elde edilen kızartılmış parmak patateslerin kaliteleri karşılaştırılmıştır. Atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslerin sertlik değerlerinin aynı sürelerde vakum altında kızartılan parmak patatesler ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu, vakum kızartma ile sertlik değerinde azalma olduğu belirlenmiştir. Yağ içerikleri açısından, aynı kızartma süresine sahip vakum altında kızartılmış parmak patateslerin atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslere göre yağ içeriğinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. Vakum kızartmada uygulanan sıcaklığın düşük olması ve böylece kabuk oluşumunun geç olmasının yağ içeriğindeki bu artışa sebep olduğu düşünülmüştür. Vakum kızartmanın akrilamid üzerine etkisine bakıldığında uygulanan sıcaklığın düşük olması nedeniyle atmosferik kızartmaya göre akrilamid miktarında önemli düzeyde azalma olduğu görülmüştür. Vakum kızartmada elde edilen en yüksek akrilamid miktarının dahi atmosferik basınçta elde edilen tüm akrilamid miktarlarından daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Atmosferik basınçta kızartılan parmak patateslerin renk değerleri ile vakum altında kızartılanlar karşılaştırıldığında, aynı süre ile kızartma uygulandığında

belirgin farkların oluşmadığı ve elde edilen renk değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu belirlenmiştir. Renk değerlerinde kızartma yöntemleri ile fark oluşmadığı duyuşal değerlendirme ile de desteklenmiş ve ayrıca vakum altında kızartılan parmak patatesin diğer duyuşal değerlendirme değerleri ile atmosferik basınçta kızartılan parmak patatesin değerleri karşılaştırıldığında, vakum altında kızartılan parmak patateslerin yaklaşık olarak eşit değerler alarak vakum kızartma ile duyuşal kalitede kayıp olmadığı tespit edilmiştir. Ortalama gözenek çapında ise vakum uygulanması ile atmosferik basınçta kızartmaya oranla daha yüksek değerlerin elde edildiği gözlenmiştir. Ayrıca kızartma yöntemleri kızartma yağı kalitesi açısından değerlendirildiğinde, atmosferik basınçta kızartma işleminin yüksek sıcaklık ve oksijen varlığı nedeniyle toplam polar madde içeriğinin ve peroksit sayısının daha yüksek olmasına sebep olduğu, kızartma yağının serbest yağ asitliği ve asit sayısı değerlerinin ise benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Vakum kızartma işleminin kızartma yağının yağ kullanım süresi üzerine etkisi incelendiğinde ise, atmosferik basınçta kızartmaya göre yağın toplam polar madde içeriği, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, konjuge dien ve trien içeriğinin daha yavaş artış gösterdiği ve böylece yağ kullanım süresinde önemli bir artışın gerçekleştiği belirlenmiştir. Yağın kalitesinin ürüne etkisini belirlemek için parmak patatesin renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve BI) değerleri ve sertliği incelendiğinde önemli farkların olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, parmak patatesin kızartılmasında atmosferik basınçta gerçekleştirilen kızartma işlemine kıyasla vakum kızartma işlemi ile ürünün karakteristik renk ve sertlik değerlerinin korunduğu, zararlı bir bileşik olan akrilamid miktarında önemli düzeyde azalma olduğu, yağ içeriğinde ise az miktarda artış gerçekleştiği ve duyuşal olarak tercih edilen ürünler elde edildiği belirlenmiştir. Vakum kızartma işleminin yağ içeriğindeki artış dışında parmak patatesin kızartılmasında olumlu etkiler yarattığı belirlenmiştir. Yağ içeriğinin azaltılması için ise literatürde de belirtildiği gibi vakum kızartma cihazında ürünün yerleştirildiği kısım olan sepetin santrifüj yapması sağlanarak ürünün yüzeyindeki yağ uzaklaştırılarak yağ içeriğinde azalma gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Yağ kullanım süresinin artmasını da sağlayan vakum kızartma işlemi, yağın bozunmasını yavaşlatarak bozunma reaksiyonları ile oluşan sağlığı olumsuz



etkileyen bileşenlerin oluşumunun azaltılmasını, atık yağ miktarının azalmasını ve kızartma yağı maliyetinin düşürülmesini sağlamaktadır.

Yapılan bu tez çalışması ile geliştirilen vakum altında kızartma prototipinin, ev tipi kullanıma uygun fırın tarzı bir ekipmana dönüştürülmesi ve kızartma işlemini tüketicilerin evlerinde daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmesinin sağlanması ön görülmektedir. Ayrıca gerçekleştirilen bu çalışmanın vakum altında parmak patates kızartılması ile ilgili hem literatüre katkı sağlayacağı hem de tüketici ihtiyacına yönelik ev tipi pişirme cihazlarının geliştirilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Geliştirilecek ev tipi kızartma cihazı prototipinde yağ içeriğinde azalmanın da sağlanması için santrifüj sisteminin eklenmesi ile kızartma işlemi tüketicinin isteğine uygun olarak hem istenilen renk, tekstür ve lezzette ürün elde edilmesini sağlarken hem de yağ içeriği ve akrilamid miktarında azalma sağlayarak daha sağlıklı ürünlerin elde edilmesine olanak sağlanacaktır.

**KAYNAKLAR DİZİNİ**

- Abramsson-Zetterberg, L., Vikstrom, A.C., Törnquist, M. and Hellenas, K.E.,** 2008, Differences in the frequency of micronucleated erythrocytes in humans in relation to consumption of fried carbohydrate-rich food, *Mutation Research*, 653: 50–56.
- Aguilera, J.M. and Gloria, H.,** 1997, Determination of oil in fried potatoes products by differential scanning calorimetry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 781-785.
- Aguilera, J.M. and Gloria-Hernandez, H.,** 2000, Oil absorption during frying of frozen par-fried potatoes, *Journal of Food Science*, 65, 476–479.
- Ahmad Tarmizi, A. H. and İsmail, L.,** 2008, Comparison of the frying stability of standard palm olein and special quality palm olein, *Journal of American of Oil Chemists' Society*, 85(3), 245-251.
- Aladedunye, F. and Przybylski, R.,** 2009, Protecting oil during frying: A comparative study, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(9) 893–901.
- Alam, T. and Takhar, P.S.,** 2016, Microstructural Characterization of Fried Potato Disks Using X-Ray Micro Computed Tomography, *Journal of Food Science*, 81, Nr. 3, 651-664.
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y.,** 2005, Gıdalarda duyusal değerlendirme, Meta basım, İzmir p 130.
- Ambati, P. and Ayyanna, C.,** 2001, Optimizing medium constituents and fermentation conditions for citric acid production from palmyra jaggery using response surface method. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 17 (4): 331 – 335.
- Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Ferraz Barbosa, M. and Biedermann-Brem, S.,** 2003, Potential of acrylamide formation, sugar and free asparagine in potatoes: A comparison of cultivars and

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

farming system, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5556–5560.

**Andersson, A., Gekas, V., Lind, I., Oliveira, F. and Oste, R.**, 1994, Effect of preheating on potato texture, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34, 229–251.

**Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. and Martínez- Monzó, J.**, 2010, Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11: 630-633.

**Andrés-Bello, A., García-Segovia, P. and Martínez-Monzó, J.**, 2011, Vacuum Frying: An Alternative to Obtain High-Quality Dried Products, *Food Engineering Reviews*, 3:63–78.

**Anonim**, 2010, Gıda Teknolojisi – Duyusal Test Teknikleri <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/modulle/r/DuyusalTestTeknikleri.pdf> (Erişim Tarihi: 5 Temmuz 2016).

**Anonim**, 2012, Kızartmada Kullanılmakta Olan Katı Ve Sıvı Yağlar İçin Özel Hijyen Kuralları Yönetmeliği, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/05/20120512-5.htm> (Erişim Tarihi:5 Temmuz 2016).

**Anonymous**, 1989, Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, Champaign, IL, Method Ch 5-91.

**Anonymous**, 2016a, I-Tung Machinery Industry. <http://www.taiwan-agriculture.org/itung/itungpro.html> (Erişim Tarihi: 2 Ocak 2016).

**Anonymous**, 2016b, Apple & Snack Company. <http://www.net24.ne.jp/~applesnack/e/Vacuumfryer/vacuumfryer.htm> (Erişim Tarihi: 2 Ocak 2016).

**Anonymous**, 2016c, Flo-Mech. <http://www.flo-mech.com/p/vacuum-frying> (Erişim Tarihi: 4 Ocak 2016).

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- AOAC**, 1990, Official Methods for Analysis, 15th ed. Vol. 2. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.
- Arıoğlu, H.H.**, 2002, Nişasta ve Şeker Bitkileri Ders Kitabı.Genel Yayın No:188, Ders Kitapları Yayın No:A-57. Adana, 234 s.
- Arslan, D.**, 2016, Gıda emülsiyonlarında lipitlerin oksidasyonu, <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=3106> (Erişim tarihi: 20.06.2016).
- Arusoğlu, G.**, 2015, Akrilamid Oluşumu ve İnsan Sağlığına Etkileri, *Akademik Gıda* 13(1) 61-71.
- Baumann, B. and 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, 395–403.
- Bensmira, M., Jiang, B., Nsabimana, C. and Jian, T.**, 2007, Effect of lavender and thyme incorporation in sunflower seed oil on its resistance to frying temperatures, *Food Research International*, 40(3), 341–346.
- Blumenthal, M.M. and Stier, R.F.**, 1991, Optimization of deep-fat frying operations, *Trends in Food Science and Technology*, 2, 144– 148.
- Blumenthal, M.M.**, 1991, A new look at the chemistry and physics of deep-fat frying, *Food Technology*, 45(2), 68-71.
- Boettcher, M.I., Schettgen, T., Kütting, B., Pischetsrieder, M. and Angerer, J.**, 2005, Mercapturic acids of acrylamide and glycidamide as biomarkers of the internal exposure to acrylamide in the general population., *Mutation Research* , 580: 167–176.
- Bouchon, P. and Aguilera, J.M.**, 2001, Microstructural analysis of frying potatoes, *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 669–676.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Bouchon, P., Aguilera, J.M. and Pyle, D.L.,** 2003, Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying, *Journal of Food Science*, 68, 2711-2716.
- Bouchon, P., Hollins, P., Pearson, M., Pyle, D.L. and Tobin, M.J.,** 2001, Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy, *Journal of Food Science*, 66, 918-923.
- Box, G.E. and Wilson, K.B.,** 1951, On the experimental attainment of optimum conditions, *Journal of the Royal Statistical Society Series B* (Methodological), 13(1):1-45 pp.
- Box, G.E., Hunter, J.S. and Hunter, W.G.,** 2005, *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.
- Box, G.E.P. and Draper, N.R.,** 2007, *Empirical Model Building and Response Surfaces*, John Wiley and Sons, New York.
- Bruns, R.E., Scarminio, I.S. and de Barros Neto, B.,** 2006, *Statistical Design Chemometrics*, Elsevier B.V., Amsterdam
- Bunger, A., Moyano, P.C. and Riaseco, V.K.,** 2003, NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes, *Food Research International*, 36, 161–166.
- Burlingame, B., Mouillé, B., and Charrondière, R.,** 2009, Nutrients, bioactive nonnutrients and anti-nutrients in potatoes, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 494–502.
- Cahill, L.E., Pan, A., Chiuve, S.E., Sun, Q., Willett, W.C. and Hu, F.B.,** 2014, Fried-food consumption and risk of type 2 diabetes and coronary artery disease: a prospective study in 2 cohorts of US women and men, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(2), 667-675.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Camire, M.E., Kubow, S. and Donnelly, D.J.**, 2009, Potato and human health, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 823–840.
- Cemeroğlu, B.**, 2010, Gıda Analizleri, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, 2. Baskı, Ankara.
- Choe, E. and Min, D.B.**, 2007, Chemistry of deep-fat frying oils, *Journal of Food Science*, Vol. 72, Nr. 5, 77-86.
- Christopoulou, C.N. and Perkins, E.G.**, 1989, Isolation and characterization of dimmers formed in used soybean oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66:1360–70.
- Chung, J., Lee, J. and Choe, E.**, 2004, Oxidative stability of soybean and sesame oil mixture during frying of flour dough, *Journal of Food Science*, 69:574–8.
- Cochran, W., G. and Cox, G., M.**, 1957, *Experimental Designs*, 2nd ed.; Wiley, New York, 335 p.
- Costa, R.M., Oliveira, F. and Boutcheva, G.**, 2000, Structural changes and shrinkage of potato during frying, *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 11–25.
- Crosa, M.J., Skerl, V., Cadenazzi, M., Olazábal, L., Silva, R., Suburú, G. and Torres, M.**, 2014, Changes produced in oils during vacuum and traditional frying of potato chips, *Food Chemistry*, 146 603–607.
- Cui, W., Mazza, G., Oormah, B., D. and Biliaderis, C., G.**, 1994, Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gum by Response Surface Methodology. *Lebensmittel – Wissenschaft und Technologie*, 27: 363 – 369p.
- Da Silva, P.F. and Moreira, R.G.**, 2008, Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable based snacks, *LWT Food Science and Technology*, 41: 1758-1767.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Dana, D. and Saguy, I.S.**, 2001, Frying of nutritious food: Obstacles and feasibility, *Food Science and Technology Research*, 7(4), 265–279.
- Dana, D., and Saguy, I. S.**, 2006, Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and surfactant effect-theory and myth, *Advances in Colloid and Interface Science*, 128–130, 267-272.
- Dana, D., Blumenthal, M.M. and Saguy, I.S.**, 2003, The protective role of water injection on oil quality in deep fat frying conditions, *European Food Research Technology*, 217:104–9.
- Debnath, S., Rastogi, N.K., Krishna, A.G. and Lokesh, B.**, 2012, Effect of frying cycles on physical, chemical and heat transfer quality of rice bran oil during deep-fat frying of poori: an Indian traditional fried food, *Food Bioprod. Process*, 90 (2), 249-256.
- Diamante, L.M., Shi, S., Hellmann, A. and Busch, J.**, 2015, Vacuum frying foods: products, process and optimization, *International Food Research Journal*, 22(1): 15-22.
- Dobarganes, M.C., Márquez-Ruiz, G. and Velasco, J.**, 2000, Interactions between fat and food during deep-frying, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102, 521–528.
- Doğan, S. İ., ve Meral, R.**, 2006, Gıdalarda Akrilamid ve Önemi, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu, s. 629-632.
- Dueik, V. and Bouchon, P.**, 2011, Development of Healthy Low-Fat Snacks: Understanding the Mechanisms of Quality Changes During Atmospheric and Vacuum Frying, *Food Reviews International*, 27:4, 408-432.
- Dueik, V., Moreno, M.C. and Bouchon, P.**, 2012, Microstructural approach to understand oil absorption during vacuum and atmospheric frying, *Journal of Food Engineering*, 111: 528–536.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Dueik, V., Robert, P. and Bouchon, P.,** 2010, Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps, *Food Chemistry*, 119, 1143–1149.
- Dunford, N.,** 2016, FAPC-176 industrial deep fat frying. <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-8281/FAPC-176web.pdf> (Erişim tarihi: 5 Haziran 2016).
- Eren, İ. and Kaymak-Ertekin, F.,** 2007, Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 79:344-352 p.
- Eren, İ.,** 2004, Patateslerin osmotik dehidrasyonunun “response surface” metodu kullanılarak optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., and Kaur, A.,** 2013, Beneficial phytochemicals in potato-a review, *Food Research International*, 50(2), 487–496.
- Fan, L., Zhang, M. and Mujumdar, A.,** 2005, Vacuum frying of carrot chips, *Dry Technology* 23:645–656.
- Fan, L.P., Zhang, M. and Mujumdar, A.S.,** 2010, Vacuum frying technology. In: Passos ML, Ribeiro CP (eds) Innovation in food engineering. New techniques and products. CRC Press, Boca Raton.
- Fang, Z., Wu, D., Yü, D., Ye, X., Liu, D. and Chen, J.,** 2011, Phenolic compounds in Chinese purple yam and changes during vacuum frying, *Food Chemistry*, 128: 943–948.
- Farhoosh, R. and Tavassoli-Kafrani, M.H.,** 2010, Polar compounds distribution of sunflower oil as affected by unsaponifiable matters of Bene hull oil (BHO) and tertiary-butylhydroquinone (TBHQ) during deep-frying, *Food Chemistry*, 122: 381–385.



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Farinu, A. and Baik, O.**, 2005, Deep fat frying of foods transport phenomena, *Food Reviews International*, 21, 389–410.
- Farkas, B. E., Singh, R. P. and Rurnsey T. R.**, 1995, Modelling heat and mass transfer in immersion frying model development, *Journal of Food Engineering*, 29: 227-248.
- Frankel, E.N.**, 1998, Lipid Oxidation, The Oily Press, Dundee, Scotland.
- Frega N, Mozzon M and Lecker G.**, 1999, Effects of free fatty acids on oxidative stability of vegetable oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76:325–9.
- Fujisaki, M., Endo, Y. and Fujimoto, K.**, 2002, Retardation of volatile aldehyde formation in the exhaust of frying oil by heating under low oxygen atmospheres, *J.AOCS*, 79: 909-914.
- Fullana, A., Carbonell-Barrachina, Á.A. and Sidhu, S.**, 2004, Volatile aldehyde emissions from heated cooking oils, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 2015–2021.
- Gamble, M.H. and Rice, P.**, 1987, Effect of pre-fry drying of oil uptake and distribution in potato crisp manufacture, *International Journal of Food Science and Technology*, 22, 535–548.
- Gao, J. and Liang, Y.**, 1999, Study on vacuum frying sweet potato chips, *Science Technology Food Ind China*, 20:30–33
- Gao, Y.L., Xing-Rong, J., Qiu, W and Jiang, H.**, 2007, Investigation of the effects of food constituents on *Bacillus subtilis* reduction during high pressure and moderate temperature, *Food Control*, 18:1250-1257 p.
- Garayo, J. and Moreira, R.**, 2002, Vacuum frying of potato chips, *Journal of Food Engineering*, 55, 181–191

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Garcia-Segoiva, P., Andres-Bello, A. and Martinez-Monzo, J.,** 2007, Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*), *Journal of Food Engineering*, 80, 813–821
- Garcia-Segoiva, P., Andres-Bello, A. and Martinez-Monzo, J.,** 2008, Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum L., cv. Monalisa*) as affected by different cooking processes, *Journal of Food Engineering*, 88, 28–35.
- Gillatt, P.,** 2001, Flavour and aroma development in frying and fried food. In: Rossell, J.B. (Ed.), *Frying: Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 266–334.
- Gögüş, F., Özkaya, M.T. ve Ötleş, S.,** 2009, *Zeytinyağı*, Eflatun Yayınevi, Ankara, 1.Basım.
- Gökmen, V., Şenyuva, H.Z.,** 2006, Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating, *Food Chemistry*, 99:238–243.
- Granda, C. and Moreira, R.G.,** 2005, Kinetics of acrylamide formation during traditional and vacuum frying of potato chips, *Journal of Food Process Engineering*, 28: 478–493.
- Granda, C., Moreira, R.G. and Tichy, S.E.,** 2004, Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying, *Journal of Food Science*, 69, 405–411.
- Grob, K.,** 2007, Option for legal measures to reduce acrylamide contents in the most relevant foods, *Food Additives and Contaminants, Supplement 1* 24 (S1), 71–81.
- Gupta, M.J.,** 2004, The effect of oil processing on frying oil stability. In: *Frying Technology and Practice*. Eds. M. K. Gupta, K. Warner, P. J. White, AOCS Press, Champaign, IL (USA) 2004, pp. 76–90.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gümüşkesen, A.S. ve Yemişçiöglu, F.**, 2010, Bitkisel Sıvı ve Katı Yağ Üretim Teknolojisi, Meta Basım, İzmir.
- Günel, E., Çalışkan, M.E., Tortopoğlu, A.İ., Kuşman, N., Tuğrul, K.M., Yılmaz, A., Dede, Ö. ve Öztürk, M.**, 2005, Nişasta ve Şeker Bitkileri Üretimi, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi bildirileri, s 431-457, Ankara.
- Holtz, E., Skjöldebrand, C., Bogнар, A. and Piekarski, J.**, 1984, “Modeling the baking process of meat products using convection ovens” in Thermal Processing and Quality of Foods, ed. Zeuthen, P., Cheftel, J. C., Eriksson, C., Jul, M., Leniger, H., Linko, P., Varela, G., Vos, G., Elsevier Applied Science Publishers, England, p: 329-338.
- Houhoula, D.P., Oreopoulou, V. and Tzia, C.**, 2003, The effect of process time and temperature on the accumulation of polar compounds in cottonseed oil during deep-fat frying, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 314–319.
- Iborra-Bernad, C., Philippon, D., Garcia-Segovia, P. and Martinez-Monzo, J.**, 2013a, Optimizing the texture and color of sous-vide and cook-vide green bean pods, *LWT - Food Science and Technology*, 51, 507-513.
- Iborra-Bernad, C., Tarrega, A., Garcia-Segovia, P. and Martinez-Monzo, J.**, 2013b, Comparison of Vacuum Treatments and Traditional Cooking Using Instrumental and Sensory Analysis, *Food Analytical Methods*, DOI 10.1007/s12161-013-9638-0.
- Kalogianni, E.P. and Papastergiadis, E.**, 2014, Crust pore characteristics and their development during frying of French-fries, *Journal of Food Engineering*, 120, 175–182.
- Kamal-Eldin, A. ve Pokorny, J.**, 2005, Lipid oxidation products and methods used for their analysis. Analysis of Lipid Oxidation. Kamal-Eldin, A and Pokorny, P., AOCS Press, Champaign, Illinois. pp. 1-7.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Karagöz, A.**, 2009, Akrilamid ve Gıdalarda Bulunuşu, *TAF Prev Med Bull*, 8 (2): 187-192.
- Keller, C., Escher, F. and Solms, J.**, 1986, A method for localizing fat distribution in deep-fat fried potato products, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 19: 346–48.
- Khuri, A.I. and Cornell, J.A.**, 1996, Response Surfaces: Designs and Analyses, Marcel Dekker Inc, New York.
- Kim, I.H., Kim, C.J. and Kim, D.H.**, 1999, Physicochemical properties of methyl linoleate oxidized at various temperatures, *Korean Journal of Food Science and Technology*, 31:600–5.
- King, J. C. and Slavin, J. L.**, 2013, White potatoes, human health, and dietary guidance, *Advances in Nutrition: An International Review Journal*, 4(3), 393–401.
- Kita, A. and Lisinska, G.**, 2005, The influence of oil type and frying temperatures on the texture and oil content of French fries, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2600–2604.
- Kita, A.**, 2014, The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116, 735–740.
- Koç, B., Yilmazer, M.S., Balkır, P. and Ertekin, F.K.**, 2010, Spray drying of yogurt: Optimization of process conditions for improving viability and other quality attributes, *Drying Technology*, 28(4):495-507 p.
- Koç, M., Koç, B., Sakin-Yilmazer, M., Kaymak-Ertekin, F., Susyal, G. and Bağdathoğlu, N.**, 2011, Physicochemical Characterization of Whole Egg

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

Powder Microencapsulated by Spray Drying, *Drying Technology*, 29:780-788 p.

**Koç, M., Zungur, A., Güngör, Ö., Yalçın, B., Selek, İ., Kaymak-Ertekin, F. and Ötleş, S.**, 2015, Microencapsulation of Extra Virgin Olive Oil by Spray Drying: Effect of Wall Materials Composition, Process Conditions and Emulsification Method on Microencapsulation Efficiency, Particle Size and Oxidative Stability of Microcapsules. *Food and Bioprocess Technology*, 8(2),301-318p.

**Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B. and Marinos-Kouris, D.**, 2001, Effect of pre-treatment on viscoelastic behavior of potato strips, *Journal of Food Engineering*, 50, 11–17.

**Labuza, T.P.**, 1971, Kinetics of Lipid Oxidation in Foods, *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 10(2), 355-594.

**Lamberg, I., Hallstrom, B. and Olsson, H.**, 1990, Fat uptake in a potato drying/frying process, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 23(4), 295–300.

**Lazić, Ž.R.**, 2004, *Design of Experiments in Chemical Engineering*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

**Lingnert, H., Grivas, S., Jagerstad, M., Skog, K., Törnqvist, M. and Aman, P.**, 2002, Acrylamide in food: mechanism of formation and influencing factors during heating of foods, *Scandinavian Journal of Nutrition*, 46(4):159-172.

**Lisinska, G. and Golubowska, G.**, 2005, Structural change of potato tissue during French fries production, *Food Chemistry*, 93, 681–687.

**Lisinska, G. and Leszczynski, W.**, 1989, *Potato Science and Technology*, Elsevier Applied Science, London.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Lisinska, G., Tajner-Czopek, A. and Kalum, L.,** 2007, The effects of enzymes on fat content and texture of French fries, *Food Chemistry*, 102 (2007) 1055–1060.
- Love, S. L. and Pavek, J. J.,** 2008, Positioning the potato as a primary food source of vitamin C, *American Journal of Potato Research*, 85(4), 277–285.
- Mariscal, M. and Bouchon, P.,** 2008, Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices, *Food Chemistry* 107 (2008) 1561–1569.
- Marmesat, S., Morales, A., Velasco, J. and Dobarganes, M.C.,** 2012, Influence of fatty acid composition on chemical changes in blends of sunflower oils during thermoxidation and frying, *Food Chemistry*, 135, 2333–2339.
- Marquez, G. and Anon, M.C.,** 1986, Influence of reducing sugars and amino acid in the color development of fried potatoes, *Journal of Food Science*, 51:157–160.
- McDonough, C., Gomez, M.H., Lee, J.K., Waniska, R. and Rooney, L.,** 1993, Environmental scanning electron microscopy evaluation of tortilla chip microstructure during deep-fat frying, *Journal of Food Science*, 58, 199–203.
- McGill, C.R., Kurilich, A.C. and Davignon, J.,** 2013, The role of potatoes and potato components in cardiometabolic health: A review, *Annals of Medicine*, 45(7), 467–473.
- Min, D.B. and Boff, J.M.,** 2002, Lipid oxidation of edible oil. In: Akoh, C.C., and Min, D.B., Eds., *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. Marcel Dekker, New York.
- Minihane, A.M. and Harland, J.I.,** 2007, Impact of oil used by the frying industry on population fat intake, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47:287-297.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Mir-Bel, J., Oria, R. and Salvador, M.L.,** 2009, Influence of the vacuum break conditions on oil uptake during potato post-frying cooling, *Journal of Food Engineering*, 95, 416–422.
- Mir-Bel, J., Oria, R. and Salvador, M.L.,** 2013, Reduction in hydroxymethylfurfural content in ‘churros’, a Spanish fried dough, by vacuum frying, *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 2042–2049.
- Montgomery, D.C.,** 2001, Design and Analysis of Experiments, John Wiley and Sons, New York.
- Moreira, R. G., Da Silva, P. F. and Gomes, C.,** 2009, The effect of a deoiling mechanism on the production of high quality vacuum fried potato chips, *Journal of Food Engineering*, 92, 297–304.
- Moreira, R. G., Palau, J. and Sin, X.,** 1995, Simultaneous heat and mass transfer during the deep fat frying of tortilla chips, *Journal of Food Process Engineering*, 18, 307–320.
- Moreira, R. G., Sun, X. and Chen, Y.,** 1997, Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying, *Journal of Food Engineering*, 31, 485–498.
- Moreira, R.G.,** 2014, Vacuum frying versus conventional frying – An overview, *European Journal Lipid Science and Technology*, 116, 723–734.
- Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E. and Barrufet, M.A.,** 1999, Deep- Fat Frying: Fundamentals and Applications, Aspen Publishers, Gaithersburg, MD, USA.
- Morton, I. D.,** 1998, Geography and history of the frying process, *Grasas y Aceites*, 43(3-4), 247-249.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Moyano, P.C. and Pedreschi, F.**, 2006, Kinetics of oil uptake during frying of potato slices: effect of pre-treatments, *LWT – Food Science and Technology*, 39, 285–291.
- Mundra, P., Desai, K. and Lele, S.S.**, 2007, Application of response surface methodology to cell immobilization for the production of palatinose, *Bioresource Technology*, 98:2892–2896 p.
- Myers, R.H. and Montgomery, D.C.**, 1995, Response Surface Methodology, Process and Product Optimization Using Designed Experiments, John Wiley and Sons, New York.
- Nas, S., Gökalp, H.Y. and Ünsal, M.**, 2001, Bitkisel Yağ Teknolojisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No:005, Denizli.
- Nawar, W.W.**, 1969, Thermal degradation of lipids. A review, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 17:18–21.
- Naz, S., Siddiqi, R., Sheikh, H. and Sayeed, S.A.**, 2005, Deterioration of olive, corn, and soybean oils due to air, light, heat, and deep-frying, *Food Research International*, 38:127–34.
- Nimet, G., Da Silva, E.A., Palu, F., Dariva, C., Freitas, L.S. and Neto, A. M.**, 2011, Extraction of sunflower (*Helianthus annuus* L.) oil with supercritical CO<sub>2</sub> and subcritical propane: Experimental and modeling, *Chemical Engineering Journal*, 168, 262–268.
- Nunes, Y. and Moreira, R.G.**, 2009, Effect of Osmotic Dehydration and Vacuum-Frying Parameters to Produce High-Quality Mango Chips, *Journal of Food Science*, Vol. 74, Nr. 7



**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Ohfuji, T. and Kaneda, T.,** 1973, Characterization of toxic compounds in thermally oxidized oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 24, 353–359.
- Ölmez, H., Tuncay, F., Özcan, N., Demirel, S.,** 2008, A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 564– 568.
- Özyurt, G., Kafkas, E., and Etyemez, M.,** 2011, Effect of the type of frying oil on volatile compounds of goatfish (*Upeneus pori*) during cold storage, *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2598–2602.
- Palazoğlu, T.K., Savran, D. and Gökmen, V.,** 2010, Effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips, *Journal of Food Science*, 75:E25-E29.
- Pan, G., Ji, H., Liu, S., He, X.,** 2015. Vacuum frying of breaded shrimps, *LWT - Food Science and Technology*, 62: 734-739.
- Pandey, A. and Moreira, R. G.,** 2012, Batch vacuum frying system analysis for potato chips, *Journal of Food Process Engineering*, 35: 863–873.
- Paul, S. and Mittal, G.S.,** 1997, Regulating the use of degraded oil/fat in deep-fat /oil food frying, *Critical Review on Food Sciences and Nutrition*, 37, 635–662.
- Pedreschi, F. and Aguilera, J.M.,** 2002, Some changes in potato chips during frying observed by confocal laser scanning microscopy (CLSM), *Food Science and Technology International*, 8, 197-201.
- Pedreschi, F. and Moyano, P.,** 2005, Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips, *Lebensm Wiss Technology*, 38: 599 – 604.
- Pedreschi, F. and Zuniga, R. N.,** 2009, Acrylamide and oil reduction in fried Potatoes: A review, *Food Global Science Books 3 (Special Issue 2)*, 82-92.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Pedreschi, F.**, 2012, Frying of Potatoes: Physical, Chemical, and Microstructural Changes, *Drying Technology*, 30: 707–725.
- Pedreschi, F., Aguilera, J.M. and Arbildua, J.J.**, 1999, CLSM study of oil location in fried potato slices, *Microscopy and Analysis*, 74, 33-34.
- Pedreschi, F., Aguilera, J.M. and Pyle, D.L.**, 2001, Textural characterization and kinetics of potato strips during frying, *Journal of Food Science*, 66, 314–318.
- Pedreschi, F., Cocio, C., Moyano, P. and Troncoso, E.**, 2008, Oil distribution in potato slices during frying, *Journal of Food Engineering*, 87, 200-212.
- Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K. and Granby, K.**, 2005, Color changes and acrylamide formation in fried potato slices, *Food Research International*, 38, 1-9.
- Perez-Tinoco, M.R., Perez, A., Salgado-Cervantes, M., Reynes, M. and Vaillant, F.**, 2008, Effect of vacuum frying on main physicochemical and nutritional quality parameters of pineapple chips, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88:945–953.
- Pokorny, J.**, 1989, Flavor chemistry of deep fat frying in oil. In: Min DB, Smouse TH, editors. Flavor chemistry of lipid foods. Champaign, Ill.: American Oil Chemists Society. p 113–5.
- Popkin, B.M., Siega-Riz, A.M., Haines, P.S., Jahns, L.**, 2001, Where's the fat? Trends in U.S. diets 1965-1996, *Preventive Medicine*, 32, 245-254.
- Przybylski, R., Eskin, N.A.M.**, 1988, A comparative study on the effectiveness of nitrogen or carbon dioxide flushing in preventing oxidation during the heating of oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 65, 629–633.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Rai, A., Mohanty, B. and Bhargava, R.,** 2016, Supercritical extraction of sunflower oil: A central composite design for extraction variables, *Food Chemistry*, 192 (2016) 647–659.
- Ramirez, M.R., Estévez, M., Morcuende, D. and Cava, R.,** 2004, Effect of the type of frying culinary fat on volatile compounds isolated in fried pork loin chops by using SPME-GC-MS, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7637–7643.
- Reeve, R. and Neel, E.,** 1960, Microscopic structure of potato chips, *American Potato Journal*, 37,45–52.
- Rojas, J., Avallone, S., Brat, P., Trystram, G. and Bohuon, P.,** 2006, Effect of deep-fat frying on ascorbic acid, carotenoids and potassium contents of plantain cylinders, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57, 123–136.
- Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P. and 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: 582–588.
- Romero, A., Bastida, S. and Sánchez-Muniz, F.J.,** 2007, Cyclic fatty acids in sunflower oils during frying of frozen foods with oil replenishment, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 165–173.
- Romero, A., Cuesta, C. and Sánchez-Muniz, F.J.,** 1998, Effect of oil replenishment during deep-fat frying of frozen foods in sunflower oil and high-oleic acid sunflower oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 161–167.
- Rossell, J.B.,** 2001, *Frying: Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, pp. 1–355.
- Ruden, C.,** 2004, Acrylamide and cancer risk-expert risk assessments and the public debate, *Food Chemistry and Toxicology*, 42: 335-349.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Sacchetti, G., Gianotti, A. and Dalla Rosa, M.,** 2001, Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability, Study on apple osmotic treatment, *Journal of Food Engineering*, 49:163-173 p.
- Saguy, I. and Dana, D.,** 2003, Integrated approach to deep fat frying: Engineering, nutrition, health and consumer aspects, *Journal of Food Engineering*, 56, 143–152.
- Saguy, I. S., Gremaud, E., Gloria, H. and Turesky, R. J.,** 1997, Distribution and quantifying of oil uptake in deep-fat fried product utilizing a radiolabeled <sup>14</sup>C palmitic acid, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45(11), 4286–4289
- Sahin, S. and Sumnu, G.S.,** 2009, *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*. CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL.
- Sanchez-Muniz, F.J., Cuesta, C. and Garrido-Polonio, C.,** 1993, Sunflower oil used for frying: combination of column, gas and high-performancesize-exclusion chromatography for its evaluation, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 70:235–40.
- Sayon-Orea, C., Bes-Rastrollo, M., Gea, A., Zazpe, I., Basterra-Gortari, F.J., and Martinez-Gonzalez, M.A.,** 2014, Reported fried food consumption and the incidence of hypertension in a mediterranean cohort: the SUN (Seguimiento Universidad de Navarra) project. *British Journal of Nutrition*, 112(06), 984-991.
- Sebastian, A., Ghazani, S.M. and Marangoni, A.G.,** 2014, Quality and safety of frying oils used in restaurants, *Food Research International*, 64, 420e423.
- Shirsat, S.G. and Thomas, P.,** 1998, Effect of irradiation and cooking methods on ascorbic acid levels of four potato cultivars, *Journal Food Science and Technology Mysore*, 35(6):509–514

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Shyu, S.L., Hau, L.B. and Hwang, L.S.**, 1998, Effect of vacuum frying on the oxidative stability of oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 1393–1398.
- Sobukola, O.P., Dueik, V. and Bouchon, P.**, 2013, Understanding the Effect of Vacuum Level in Structure Development and Oil Absorption in Vacuum-Fried Wheat Starch and Gluten-Based Snacks, *Food Bioprocess Technology*, 6:2010–2017.
- Song, W., Derito, C.M., Liu, M.K., He, X., Dong, M. and Liu, R.H.**, 2010, Cellular antioxidant activity of common vegetables, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(11), 6621–6629.
- Stadler, R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P., Robert, M. and Riediker, S.**, 2002, Acrylamide from Maillard reaction products, *Nature*, 419:448–449.
- Stevenson, S.G., Vaisey-Genser, M. and Eskin, N.A.M.**, 1984, Quality control in the use of deep frying oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61:1102–8.
- Stott-Miller, M., Neuhouser, M.L. and Stanford, J.L.**, 2013, Consumption of deep-fried foods and risk of prostate cancer, *The Prostate*, 73(9), 960-969.
- Su, C.**, 2003, Fatty acid composition of oils, their oxidative, flavor and heat stabilities and the resultant quality in foods, Ph.D.Thesis, Iowa State University, Ames, IA, 123p.
- Swern, D.**, 1982, Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol. 1, 2, 3. John Wiley and Sons, Canada, 841 s.,603s, 353 s.
- Takeoka, G.R., Full, G.H. and Dao, L.T.**, 1997, Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oil and fat, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:3244–9.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. and Tornqvist, M.**, 2002, Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:4998–5006.
- Tarmizi, A.H.A. and Niranjani, K.**, 2013, Combination of Moderate Vacuum Frying with High Vacuum Drainage—Relationship Between Process Conditions and Oil Uptake, *Food Bioprocess Technology*, 6:2600–2608.
- Tekelioğlu, I., Özçelik, B. ve Karaali, A.**, 2008, Kızartma işleminin sağlık üzerindeki etkileri ve ilgili yasal düzenlemeler, <http://www.ggd.org.tr/icerik.php?id=199> (Erişim tarihi: 01.06.2016)
- Teruel, M.R., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., Linares, M.B. and Garrido, M.D.**, 2014, Use of vacuum-frying in chicken nugget processing, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, INNFOO-01190; Pages 8.
- Tian, X.**, 2013, Chemical Factors Affecting Degradation Processes Of Vegetable Oils During Frying, The State University of New Jersey, New Brunswick, New Jersey.
- Tompkins, C. and Perkins, E.G.**, 2000, Frying performance of low-linolenic acid soybean oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77:223–9.
- Tornqvist, M., Fred, C., Haglung, J., Helleberg, H., Paulsson, B. and Rydberg, P.**, 2002, Protein adducts: Quantitative and qualitative aspects of their formation, analysis and applications, *Journal of Chromatography B*, 85: 172-180.
- Troncoso, E., Pedreschi, F. and Zuniga, R.N.**, 2009, Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying, *LWT - Food Science and Technology*, 42, 187–195.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Turan, D.M. ve Altundoğan, H.S.**, 2011, Hidrometalürjik Araştırmalarda Yanıt Yüzey Yöntemlerinin (YYY) Kullanımı, *Madencilik*, 50 (3): 11-23s.
- Tyl, R. and Crump, K.**, 2003, Acrylamide in Food, *Food Standards Agency*, 5: 215-222.
- Ufheil, G. and Escher, F.**, 1996, Dynamics of oil uptake during deep-fat frying of potato slices, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 29: 640–44.
- Van Marle, J.T., Clerkx, A.C.M. and Boekstein, A.**, 1992, Cryo-scanning electron microscopy investigation of the texture of cooked potatoes, *Food Structure*, 11, 202–216.
- Van Marle, J.T., Stolle-Smits, T., Donkers, J., Van Dijk, C., Voragen, A.G. J. and Recourt, K.**, 1997, Chemical and microscopic characterization of potato (*Solanum tuberosum* L.) cell walls during cooking, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 50–58.
- Varela, G.**, 1988, Current facts about the frying of food, In Varela, Bender and Morton (Eds.), *Frying of food: principles, changes, new approaches*. Chichester: Ellis Horwood.
- Velasco, J., Marmesat, S. and Dobarganes, C.**, 2008, Chemistry of frying. In: Sahin S, Summu SG (eds) *Advances in deep-fat frying of foods*. CRC Press, Boca Raton, pp 33–56
- Vitrac, O., Raoult-Wack, A.L. and Trystram, G.**, 1999, Deep-fat-frying of various food and gel systems, *Récents Progrès en Génie des Procédés*, 13: 17–24.
- Warner, K.**, 2008, Chemistry of frying oils. In: Akoh, C.C., Min, D.B. (Eds.), *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 189–202.
- Williams, D.J., Edwards, D., Hamernig, I., Jian, L., James, A.P. and Johnson, S.K.**, 2013, Vegetables containing phytochemicals with potential anti-

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

obesity properties: A review, *Food Research International*, 52(1), 323–333.

**Yamsaengsung, R. and Moreira, R.G.**, 2002, Modeling the transport phenomena and structural changes during deep fat frying: Part I: Model development, *Journal of food engineering*, 53, 1–10.

**Yamsaengsung, R., Ariyapuchai, T. and Prasertsit, K.**, 2011, Effects of vacuum frying on structural changes of bananas, *Journal of Food Engineering*, 106; 298–305.

**Yaylayan, V.A. and Stadler, R.H.**, 2005, Acrylamide formation in food: A mechanistic perspective, *Journal of AOAC International*, 88(1): 262-267.

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

**Zhang, Q., Saleh, A.S.M., Chen, J. and Shen, Q.**, 2012, Chemical alterations taken place during deep-fat frying based on certain reaction products: A review, *Chemistry and Physics of Lipids*, 165 (2012) 662– 681.

**Zhang, Y., Zhang, G. and Zhang, Y.**, 2005, Occurrence and analytical methods of acrylamide in heattreated foods, Review and recent developments, *Journal of Chromatography A*, 1075:1–21.

**Ziaifar, A.M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I. and 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*, 43:1410–142.



## ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında İzmir’de doğmuştur. 2013 yılında lisans eğitimini Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde bölüm ikinciliği ile tamamlamıştır. Aynı yıl içerisinde Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.



