

**DONDURULMUŞ PATATES DİLİMLERİNE
UYGULANAN MİKRODALGA İLE ÖN-ÇÖZDÜRME
İŞLEMİNİN PARMAK PATATESİN AKRİLAMİD
İÇERİĞİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

SEZİN TUTA

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN
HAZİRAN-2009**

**DONDURULMUŞ PATATES DİLİMLERİNE UYGULANAN
MİKRODALGA İLE ÖN ÇÖZDÜRME İŞLEMİNİN PARMAK
PATATESİN AKRİLAMİD İÇERİĞİ VE KALİTE ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

SEZİN TUTA

**Mersin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Gıda Mühendisliği
Ana Bilim Dalı**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. T. Koray PALAZOĞLU**

**MERSİN
Haziran 2009**

Bu tezin gerek bilimsel içerik, gerekse elde edilen sonuçlar açısından tüm gerekleri sağladığı kanaatine ulaşan ve aşağıda imzaları bulunan biz jüri üyeleri, sunulan tezi oy çokluğu (oy birliği) ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul ediyoruz.

Tez Danışmanı
Doç. Dr. T. Koray PALAZOĞLU

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Mahir TURHAN

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Ayla ÖZER

Jüri Üyesi
Prof. Dr. Vural GÖKMEN

Jüri Üyesi
Doç. Dr. Ferruh ERDOĞDU

Bu tezin Fen Bilimleri Enstitüsü yazım kurallarına uygun olarak yazıldığı Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../.....tarih ve/..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mahir TURHAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ÖZ

Bu çalışmada, dondurulmuş parmak patates dilimlerine mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanarak kızartma süresinin kısaltılması ve buna bağlı olarak patates dilimlerinde akrilamid içeriğinin azaltılması hedeflenmiştir. Yapılan ön-çözdürme işleminin parmak patatesin kalite özellikleri (renk, tekstür, yağ içeriği) üzerine etkisi değerlendirilmiştir. Parmak patatesin renk ölçümü için Matlab dijital imaj analizi, tekstür ölçümü için Texture Analyzer, yağ içeriği için Soxhlete yöntemi uygulanmış, akrilamid içeriği ise LC-MS (liquid chromatography-mass spectrometry) yöntemi ile belirlenmiştir. Kızartma işlemi, 170, 180, 190 °C’de duyusal (tamamı pişmiş, yumuşak iç kısım, yüzeyde çıtır kabuk oluşumu) olarak belirlenen kızartma sürelerinde uygulanmıştır. Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi son kızartma işleminden önce uygulanmıştır. Çözdürülmeden kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri kontrol olarak kullanılmıştır. Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerde, akrilamid içeriğinin 170 °C’de 17,7 ng/g dan 15,9 ng/g a (% 10), 180 °C’de 72,1 ng/g dan 8,0 ng/g a (% 89), 190 °C’de 50,5 ng/g dan 18,4 ng/g a (% 64) düştüğü görülmüştür. Mikrodalga ile ön-çözdürme işleminin parmak patatesin kalite özellikleri üzerine etkisinin önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır. Bu çalışma ile fast food restoranlarında uygulanabilir bir yöntem geliştirilerek, düşük akrilamid içeriğine sahip parmak patates üretiminin gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Parmak patates, akrilamid, mikrodalga ile çözdürme, kızartma

ABSTRACT

The objective of this study was to reduce frying time and hence acrylamide level of French fries by microwave pre-thawing of frozen potato strips. Effect of this pre-treatment on acrylamide content and quality attributes (texture, color, oil content) of French fries was determined. Color measurement was done by digital image analysis, Texture Analyzer was used for texture measurement and oil content was determined using Soxhlet method. LC-MS (liquid chromatography-mass spectrometry) method was used for acrylamide analysis. Frying time was determined by sensorial analysis (thoroughly cooked potato strip with a soft interior and a crisoy outer crust) at 170, 180, 190 °C. Pre-thawing by microwave was done before final frying. Potato strips that were final fried without pre-thawing were considered as the control. Microwave pre-thawing of frozen strips reduced the acrylamide level of French fries from 17,7 ng/g to 15,9 ng/g (% 10) at 170 °C, from 72,1 ng/g to 8,0 ng/g (% 89) at 180 °C, from 50,5 ng/g to 18,4 ng/g for frying at 190 °C, respectively, in comparison to the control samples. Quality attributes of pre-treated strips were also comparable to those of the control. The results of this study may be useful for fast food industry in designing frying processes that will yield lower acrylamide level in the final product.

Keywords: French fries, acrylamide, microwave pre-thawing, frying

TEŞEKKÜR

Bu tezin her aşamasında büyük emeği geçen, bana her konuda her zaman yardımcı olan, yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. T. Koray Palazoğlu' na en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Mahir Turhan'a, Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne teşekkür ederim.

Tezimin deneylerinde bana yardımcı olan Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Vural Gökmen'e ve öğretim elemanları Arş. Gör. Burçe Ataç Mogol ve Arş. Gör. Özge Çetinkaya Açar'a teşekkür ederim.

Yardımlarından dolayı Doç. Dr. Ferruh Erdoğan'ya ve Yrd. Doç. Dr. Sedat Sayar'a teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca bana sağladıkları motivasyon, gösterdikleri sabır ve destekleri nedeniyle sevgili oda arkadaşlarım Arş. Gör. Belgin Erdoğan ve Arş. Gör. Günseli Bobuş'a, eşsiz desteği, sabrı ve dostluğu için Selin Kızıldaş' a ve tüm öğretim elemanı arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmamda kullandığım cihazların temininde katkılarından dolayı TÜBİTAK'a ve BAP'a teşekkür ederim.

Bana duydukları güven, esirgemedikleri sabırları ve sevgileri için canım annem, babam ve ablama sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. PARMAK PATATES.....	3
2.1.1. Parmak Patates Üretimi.....	4
2.1.2. Parmak Patatesin Kalite Özellikleri.....	6
2.1.2.1. Tekstür.....	6
2.1.2.2. Renk.....	9
2.1.2.3. Yağ İçeriği.....	12
2.2. AKRİLAMİD.....	13
2.2.1. Akrilamid Oluşumu.....	15
2.2.2. Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	17
2.2.2.1. Patatesin Asparajin İndirgen Şeker İçeriği.....	17
2.2.2.2. Dilim Kalınlığı.....	18
2.2.2.3. Sıcaklık ve Süre.....	19
2.2.3. Akrilamid Oluşumunu Azaltmak İçin Yapılan Çalışmalar.....	19
2.3. KIZARTMA İŞLEMİ.....	21
2.3.1. Kızartma Sırasında Meydana Gelen Değişimler.....	22
2.4. ÇÖZDÜRME İŞLEMİ.....	23
2.4.1. Mikrodalga ile Çözdürme.....	24

3. MATERYAL ve METOD.....	25
3.1. MATERYAL.....	25
3.1.1. Dondurulmuş Patates Dilimlerinin Hazırlanması.....	25
3.2. METOD.....	26
3.2.1. Ön Çözdürme İşlemi.....	26
3.2.1.1. Çözdürme İşlemi Sırasında Sıcaklık Ölçümü.....	26
3.2.2. Kızartma İşlemi.....	26
3.2.2.1. Kızartma İşlemi Sırasında Sıcaklık Ölçümü.....	28
3.2.3. Çiğ Patateste Asparajın ve İndirgen Şeker İçeriği.....	29
3.2.3.1. Türevlendirmeli Asparajın Tayini.....	29
3.2.3.2. İndirgen Şeker Tayini.....	29
3.2.4. Parmak Patateste Yapılan Analizler.....	30
3.2.4.1. Akrlamid Tayini.....	30
3.2.4.2. Yağ Tayini.....	31
3.2.4.3. Tekstür Analizi.....	31
3.2.4.4. Dijital Renk Analizi.....	33
3.2.4.5. İstatistiksel Analiz.....	35
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	36
4.1. Çözdürme Süresi.....	36
4.2. Kızartma Süresi.....	36
4.2.1. Kızartma İşlemi Sırasında Sıcaklık Değişimi.....	37
4.3. Akrlamid İçeriği.....	40
4.4. Tekstür Analizi.....	43
4.5. Renk Analizi.....	44
4.6. Yağ İçeriği.....	48
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
6. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ.....	56
EKLER.....	57
Ek-1.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE		<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1.	Patatesin kimyasal içeriği	3
Çizelge 2.2.	Çeşitli gıdalara ait Fda akrilamid verileri.....	14
Çizelge 2.3.	Çeşitli fast food restoranlarındaki parmak patateslerin akrilamid miktarları.....	14
Çizelge 4.1.	Mikrodalga ile çözdürme işlemi sonucunda ulaşılan sıcaklık değerleri.....	36
Çizelge 4.2.	Kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerle uygulanan kızartma süresi.....	37
Çizelge 4.3.	Kızartma sonrasında kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örneklerle ait F_{max} değerleri.....	44
Çizelge 4.4.	Kızartma sonrasında kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örneklerle ait $L^* a^*b^*$ değerleri.....	46
Çizelge 4.5.	Kontrol ve mikrodalga ile çözdürme ön işlemi uygulanan patates dilimlerinin ΔE değerleri.....	47
Çizelge 4.6.	Kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örneklerin yağ içeriği.....	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL		<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1.	İşlenmiş patates ürünleri.....	4
Şekil 2.2.	Parmak patates için kuvvet- deformasyon eğrisi.....	7
Şekil 2.3.	CIE $L^*a^*b^*$ renk ölçeği.....	10
Şekil 2.4.	Maillard tepkimesi ile akrilamid oluşum mekanizması.....	16
Şekil 3.1.	Dondurulmuş parmak patates hazırlanması.....	25
Şekil 3.2.	Çalışmanın aşamaları	27
Şekil 3.3.	Kızartma ünitesi.....	28
Şekil 3.4.	Tekstür analiz sistemi.....	32
Şekil 3.5.	Dijital İmaj Analiz Sistemi.....	34
Şekil 4.1.	170 °C’de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	38
Şekil 4.2.	170 °C’de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklere uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	38
Şekil 4.3.	180 °C’de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	39
Şekil 4.4.	180 °C’de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklere uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	39
Şekil 4.5.	190 °C’de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	39
Şekil 4.6.	190 °C’de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklere uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi.....	40

Şekil 4.7.	Kontrol ve mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin akrilamid içeriği.....	43
Şekil 4.8.	Kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örneklere ait tekstür grafiği.....	44
Şekil 4.9.	180 °C de 4.5 dk kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri (kontrol).....	47
Şekil 4.10.	180 °C de 3 dk kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri (mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örnekler).....	47

1. GİRİŞ

Patates; buğday, mısır ve pirinçten sonra dünyanın 4. temel bitkisel ürünüdür. Protein içeriği düşük, nişasta ve su içeriği yüksek yumrulu bir bitkidir. İçeriği genellikle % 75 su, % 20 karbonhidrat, % 2 proteinden oluşmaktadır. Patates, sanayide çeşitli şekillerde işlenebilmektedir. İşlenmiş patates ürünleri arasında en önemli yeri parmak patates ve patates cipsi gibi kızarmış patates ürünleri tutar.

Günümüz hayat temposunda yemek hazırlama ve tüketimi için ayrılan zaman oldukça kısalmıştır. Buna paralel olarak tüketiciye zaman kazandıran ve kolaylık sağlayan hızlı yemek sektörü de gelişmeye başlamıştır. Günümüzde fast-food restoranlarının sayısı hızla artış göstermektedir. Bugün 61 ülkede 11.230 Burger King [1], 100 den fazla ülkede 30.000 den fazla Mc Donald's restoranı [2] bulunmaktadır. Türkiye' nin çeşitli yerleşim yerlerinde 184 adet Burger King [1], 110 dan fazla Mc Donald's restoranı [3] bulunduğu bilinmektedir. Fast food restoranlarının sayısındaki artışa paralel olarak parmak patates tüketimi de giderek artış göstermektedir. Kızarmış patates ürünlerinin üretiminde uygulanan kızartma işlemi, patates dilimlerinin 150-200 °C sıcaklıktaki yenilebilir yağ içerisine daldırılmak sureti ile pişirilmesi işlemidir. Kızarmış patates ürünlerinin karakteristik özellikleri olan renk ve tekstür oluşumu bu sırada gerçekleşir. Çok hızlı bir ısı transfer prosesi olan kızartma işlemi sırasında ürünün yağ içerisine daldırılması ile beraber sıcak yağdan gıdaya ısı transferi gerçekleşmekte ve üründe sıcaklığın artması ile birçok fiziksel ve kimyasal değişim meydana gelmektedir. Kızartma işlemi ısı ve kütle transferinin eş-zamanlı olarak gerçekleştiği bir ısıl işlemdir [4]. Parmak patatesin kalite özellikleri tekstür, renk ve yağ içeriğidir [5,6]. Gıda yağ içerisine daldırıldıktan sonra yüzey sıcaklığı kaynama sıcaklığına yükselir. Yüzeydeki serbest nem uzaklaşır ve su buharlaşmasına bağlı olarak, yüzey kurur ve kabuk tabakası oluşur [4]. Arzu edilen tekstür dış kısmın 1-2 mm çtır tabaka, iç kısmın nemli ve yumuşak olmasıdır. Renk, kızartma yağının sıcaklığı, kızartma süresi ve yüzeydeki indirgen şeker miktarına bağlı olarak Maillard tepkimesi sonucunda oluşmaktadır. Yağ içeriği; sağlık açısından, ekonomik açıdan ve ürünün kabul edilebilirliği açısından önemlidir [5].

Kızartma işlemi, ürünün karakteristik özelliklerini sağlaması ile beraber, insan sağlığı açısından tehlikeli olabilecek maddelerin de oluşabildiği bir işlemdir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda gıdalara uygulanan kızartma, fırınlama ve kavurma gibi işlemler sırasında yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarının oluşmasının bir sonucu olarak, potansiyel kanserojen bir madde olan akrilamidin oluştuğu belirlenmiştir. Akrilamidin, indirgen şekerler ve asparajin arasında Maillard tepkimesi sırasında 120 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda meydana geldiği rapor edilmiştir [7]. Patates cipsi ve parmak patates gibi kızarmış patates ürünlerinde yüksek miktarda akrilamide rastlanmaktadır. Bunun nedeni çiğ patatesin akrilamid öncül maddeleri olan asparajin ve indirgen şekerleri yüksek oranda içermesidir.

Gıdalarda akrilamid miktarını sınırlayan yasal bir düzenleme henüz bulunmamaktadır. Ancak Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları için akrilamid miktarını 0,1 ppb ile sınırladığı bilinmektedir [8]. Bu konudaki çarpıcı bir gelişme, Kaliforniya Eyaleti' nin çeşitli fast food restoran zincirlerine dava açmış olmasıdır. Kentucky Fried Chicken' a karşı açılan dava sonuçlanmış, kızarmış ve fırınlanmış patates ürünlerinin üzerine “akrilamid içerebilir” uyarısı yazılması zorunlu hale getirilmiştir [9].

Parmak patatesteki akrilamid miktarını azaltmak için birçok çalışma yapılmış olmasına karşın, bu çalışmalarda parmak patatesin kalite özelliklerinin dikkate alınmadığı görülmektedir. Aynı zamanda bu çalışmaların tamamında taze patates dilimleri kullanıldığından elde edilen sonuçların parmak patatesin ev dışı (fast food restoranları, cafeler, oteller) üretiminde uygulanabilirliği sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, akrilamid içeriği en yüksek ürün grubunda yer alan parmak patatesin akrilamid miktarının azaltılmasına yönelik planlanan bu çalışmada dondurulmuş patates dilimlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Parmak patatesin akrilamid miktarını azaltmak amacı ile dondurulmuş patates dilimlerine kızartma işleminden önce mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanarak kızartma süresinin azaltılması amaçlanmaktadır. Uygulanan ön-işlemin parmak patatesin akrilamid içeriği ile tekstür, renk, yağ içeriği gibi kalite özellikleri üzerine etkisi belirlenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. PARMAK PATATES

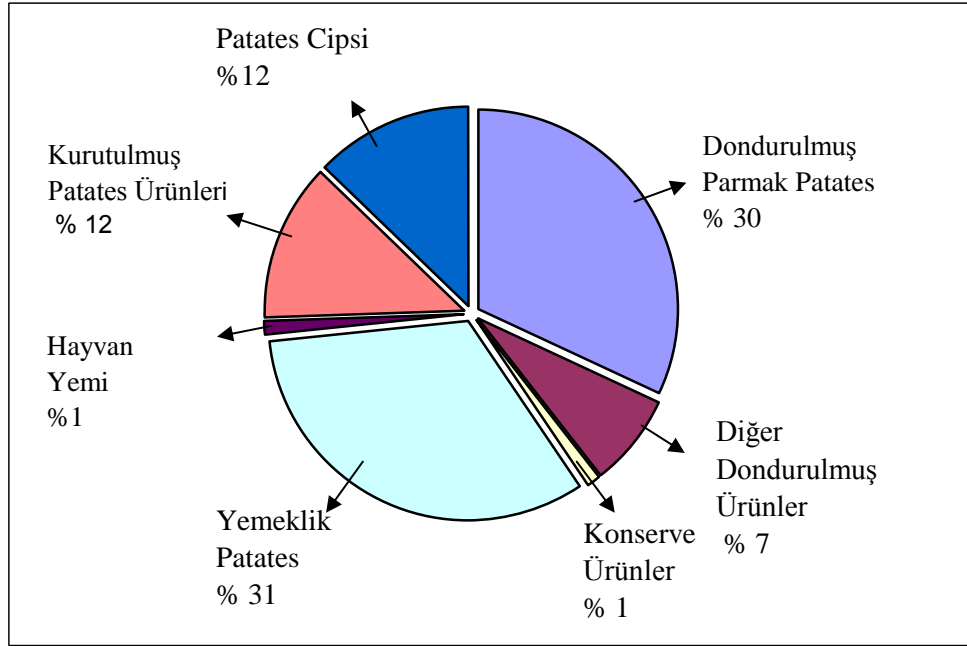
Patates, *Solanum tuberosum* türüne giren kültür bitkilerinin yumrularıdır ve yüksek nişasta içeriğinden dolayı insan beslenmesinde rolü olan karbonhidratların önemli bir kaynağıdır. Ayrıca mineral maddelerce ve bazı vitaminlerce de zengin bir bileşime sahiptir [10]. Miranda ve Aguilera [11] nın belirttiğine göre Smith (1977) ve Pavlista ve Ojala (1997) nın belirlediği patatesin kimyasal içeriği Çizelge 2.1 de gösterilmektedir. Patatesin toplam kuru ağırlığın yaklaşık % 80'ini oluşturan karbonhidratların, ortalama % 70'i nişasta, % 0,5-1'i sukroz, % 0,5-2'si indirgen şeker ve % 6-8'i diyet lifidir. Sukroz, glukoz, fruktoz patatesteki başlıca şekerlerdir. Patatesteki aminoasit miktarının yarısına yakını asparajin ve glutamin oluşturmaktadır [4]. Gelişmiş ülkelerde patatesten cips, dondurulmuş parmak patates, nişasta, püre, patates unu vb. ürünlerin üretilmesinde yararlanılmaktadır

Çizelge 2.1. Patatesin kimyasal içeriği [11]

Bileşen	Ortalama Değer
Su (%)	77,5
Toplam katı miktarı(%)	22,5
Kuru madde (%)	21,5
Toplam Karbonhidrat (%)	19,4
Özgül Ağırlık (g/ml)	1,087
Ham Lif (%)	0,6
Protein (%)	2,0
Yağ (%)	0,1
Kül (%)	1,0

İşlenmiş patates ürünlerinin önemli bir kısmını kızarmış patates ürünleri oluşturmaktadır. Şekil 2.1 de gösterildiği gibi ABD'de patatesin % 31'i yemeklik patates, % 30'u dondurulmuş parmak patates, % 12'si patates cipsine işlenmektedir.

ABD’de üretilen toplam patatesin % 42’sinin patates cipsi ve parmak patates olarak işlendiği görülmektedir [11]. Dünyada dondurulmuş patates ürünleri üretimi 4,5 milyon tonun üzerinde olup, bu miktarın yaklaşık % 86’sı parmak patatesi oluşturmaktadır [12].



Şekil 2.1. ABD için işlenmiş patates ürünleri

2.1.1. Parmak patates üretimi

Parmak patatesin kalitesi, çiğ patatesin özelliklerine ve üretim sırasındaki proses koşullarına bağlıdır [12]. Dondurulmuş parmak patates üretiminde kullanılacak patatesin nişasta içeriği yüksek (yüksek kuru madde, yüksek özgül ağırlık), indirgen şeker içeriğinin ve su içeriğinin düşük olması istenir [13]. Parmak patates, genellikle yaklaşık 0,6- 1 cm kenarlı ve 6-7 cm uzunlukta üretilmektedir.

Dondurulmuş parmak patates üretiminde öncelikle yıkama, soyma, ayıklama ve belirli boyutlarda dilimleme işlemi yapılır. Bu aşamalardan sonra öncelikle dilimler, enzimlerin inaktive olması ve dilimlerin kısmen pişirilmesi amacı ile haşlama işlemine tabi tutulur. Haşlama sıcaklığı ve süresi, fazla şeker içeriğinin azaltılması ve kızartma işlemi sonrasında dilimlerde benzer açık, altın sarısı rengin

elde edilmesi amacı ile gerekli düzeyde ayarlanır [13]. Haşlama işlemi iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşama, yüksek sıcaklıkta (80-100 °C) kısa sürelidir, enzimlerin (polifenol oksidaz, peroksidaz) inaktif hale gelmesi işlemi bu aşamada gerçekleşir. İkinci aşama, daha düşük sıcaklıkta (65-70 °C) uzun süreli uygulanmaktadır ve indirgen şeker içeriğinin kontrolü bu aşamada sağlanır [12]. Aynı zamanda haşlama sıcaklığı ve süresi son ürün tekstürüne de etki etmektedir. Düşük sıcaklıkta (55- 75 °C) haşlama işlemi ile patatese sıkı yapı özelliği kazandıran pektin metil esteraz aktivitesi nedeni ile tekstür sert olmaktadır. Yüksek sıcaklıkta, uzun süre (80-100 °C, yaklaşık 15 dk) uygulanan haşlama işlemi ile sıkı yapının kaybolduğu görülmektedir [14].

Haşlama aşamasından sonra dilimler sıcak hava ile kurutulur. Parmak patatesin kalitesini en yüksek düzeye çıkarmak ve önerilen pişirme yönteminin uygunluğunu optimize etmek amacı ile kurutma sıcaklığı ve süresi belirlenmektedir. Kurutma sıcaklığı ve süresi, derin yağda kızartma işlemi uygulanacak patates dilimlerinin nem içeriği % 70-75 olacak şekilde belirlenmektedir [13]. Haşlama ve kurutma aşaması aynı zamanda yağ emiliminin düşük olmasına neden olmaktadır. Patates dilimi haşlandığında yüzeydeki nişasta jelatinize olmakta ve kurutma ile de dilimin nem içeriğinde düşüş görülmektedir. Buna bağlı olarak son ürünün yağ içeriğinde azalma olmaktadır [15].

Kurutulan patates dilimleri ön-kızartma işlemine tabi tutulmaktadır. Ön-kızartma işlemi ile bütün enzim aktivitesi sonlanmakta ve dilimler uzun süreli dondurma işlemi için dayanıklı hale getirilmektedir [13]. Sanz ve ark. [12] yaptıkları çalışmada 30, 60, 90 s ön kızartma uygulanan patates dilimlerine 180 °C'de 4, 5, 6 dk kızartma işlemi uygulayarak, ön-kızartma işleminin son ürünün tekstürü üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Son üründe optimum 60 s de daha gevrek kabuk olduğu rapor edilmiştir. Ön-kızartma uygulanmayan patates dilimlerinin kabuğu başlangıçta % 12 nem içeriğine sahipken, son kızartma işlemi ile % 9'a düşmektedir. Ön-kızartma işlemi uygulanan patates dilimlerinde ise kabuğun nem içeriği yaklaşık % 8'den % 6'ya düşmektedir. Ön-kızartma süresinin değişimi ile kabuğun nem

içeriği değişmektedir ve buna bağlı olarak da patates diliminin tekstürünün değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Ön kızartma işlemi uygulanan patates dilimlerine -28 °C’de hızlı dondurma işlemi uygulanmaktadır. Bu sıcaklıkta küçük buz kristalleri oluşmaktadır. Dondurulmuş patates dilimleri –18 °C sıcaklıkta depolanmaktadır [13].

2.1.2. Parmak patatesin kalite özellikleri

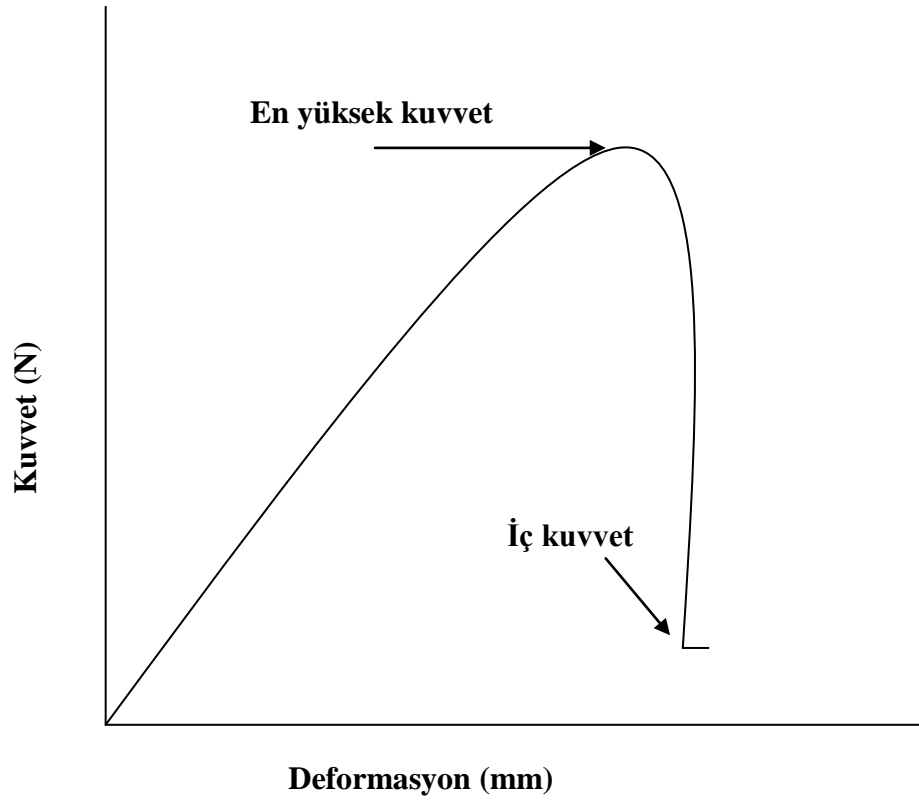
2.1.2.1. Tekstür

Tekstür; mekanik, geometrik ve akustik parametrelerin birleştiği sadece insanın algılayabildiği, tarif edebildiği ve derecesini belirleyebildiği duyuşsal bir algıdır [16].

Gıdanın tekstürü, duyuşsal ve enstrümental olmak üzere iki şekilde belirlenebilir. Çiğneme ve yutma sırasındaki reolojik özellikleri temsil etmesi nedeniyle, tekstür insan algısıyla ilgilidir. İnsan tarafından gerçekleştirilen duyuşsal testler ile enstrümental yöntemler birbir eşleşmemektedir. Ancak enstrümental yöntemler, duyuşsal analizlere oranla daha düşük maliyetli ve daha az zaman harcanması nedeniyle tercih edilmektedir. Enstrümental olarak gıdaya ait tekstür profilinin belirlenmesi ilk olarak 1963 yılında ileri sürülmüştür. Bu amaçla gıdaya sıkıştırma işlemi uygulanabilecek alet tasarlanmıştır. Sıkıştırma işlemi biri sabit diğeri hareketli iki paralel levha ile gerçekleştirilmiştir [17].

Parmak patatesin tekstürü en önemli kalite özelliklerinden biridir. Parmak patateste arzu edilen tekstür 1-2 mm kalınlığında çıtır kabuk ile nemli ve yumuşak iç kısımdır [12]. Patatesin tekstürü; doğrudan patatesin özgül ağırlığı, toplam kuru madde miktarı, nişasta içeriği, hücre boyutu, yüzey alanı ve pektin içeriği ile ilişkilidir. Kızartma sırasında tekstür oluşumu, ısı ve kütle transferinin eş zamanlı gerçekleştiği proses sırasında meydana gelen birçok fiziksel, kimyasal, yapısal değişimlerin bir sonucudur. Kızartma işlemi sırasında başlangıçta patates dilimleri

yumuşar sonra iç kısım pişmeye başlar, son olarak kızartma işlemi ilerledikçe kabuk gelişir ve sertleşir [18]. Kızartma sonrasında, patates diliminin içerisinden kabuğa doğru nem geçişi olmaktadır ve bu durum kabuğun mekanik ve tekstürel özelliklerini etkilemektedir [19]. Tekstürü, öncelikle çiğ patatesin nem içeriği, özgül ağırlığı, kızartma sıcaklığı ve süresi etkilemektedir. Kızartma sırasında patates diliminin tekstürü patatesin nem içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir [20].



Şekil 2.2. Parmak patates için kuvvet- deformasyon eğrisi

Parmak patatese ait farklı mekanik özellikler, tekstürün enstrümental olarak ölçülmesiyle belirlenebilir. Enstrümental olarak kuvvet-deformasyon eğrisinin (Şekil 2.2) elde edilmesi, uygulananın kolay olması ve sonuçların kolay yorumlanması nedeniyle gıdaların tekstürel özelliklerini belirlemede sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. Kuvvet-deformasyon eğrisinde, eğrinin artış gösterdiği bölümörneğin esnekliğinin bir fonksiyonudur. Esneklik,örneğin mekanik özelliklerine ve yapısal bileşenlerine bağlıdır. Kabuk kırılmadan önce ulaşılan en yüksek kuvvet sertlik olarak tanımlanır. Kabuk kırıldıktan sonra kuvvet sıfıra

düşmez, iç kısmın gösterdiği dirence maruz kalır, bu kuvvet iç kuvvet olarak adlandırılır [11].

Sanz ve ark. [12] yaptıkları çalışmada dondurulmuş parmak patates üretimi sırasında uygulanan ön-kızartma süresinin parmak patatesin tekstürü üzerine etkisini enstrümental olarak 30° kesme açısına sahip, 15 mm kalınlıktaki diş modeline benzetilmiş problemlerle ölçmüşlerdir. 30, 60, 90 s ön-kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri 180 °C’de 4, 5, 6 dk süreyle son kızartma işlemine tabi tutulduktan sonra tekstür analizi yapılmış ve kuvvet-deformasyon eğrileri elde edilmiştir. Uygulanan kızartma süresinin 60 s nin üzerinde olması ve son kızartma süresinin artması ile (gevrekliğin artmasına bağlı olarak) kabuğun kırılması için uygulanan en yüksek kuvvetin artış gösterdiği rapor edilmiştir.

Liu ve Scanlon [14] yaptıkları çalışmada, dondurulmuş parmak patates üretiminde haşlama koşullarının (sıcaklık ve süre) patates dilimlerinin tekstürü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 5 mm/dk hızla ve dilimin 5 mm içerisine girecek şekilde çentik testi uygulamışlardır. Kuvvet-deformasyon eğrisinden yararlanarak en yüksek kuvveti (F_{max}) belirlemişlerdir ve 74 °C’nin üzerinde uygulanan haşlama işleminin uygulanan en yüksek kuvveti arttırdığını rapor etmişlerdir.

Parmak patatesin tekstürü üzerine yapılan bir diğer çalışmada, kızartma süresinin parmak patatesin tekstürü üzerine etkisi incelenmiş ve 6 dk nın üzerindeki kızartma sürelerinde kabuğun kırılması için uygulanması gereken kuvvetin 13 N a kadar çıktığı görülmüştür [21]. Yapılan çalışmalarda [12, 14] elde edilen en yüksek F_{max} değerinin tipik olarak 6 N civarında ölçüldüğü görülmektedir. Bu durum yapılan bu çalışmada elde edilen 13 N luk değer oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Su aktivitesi, kızarmış patates ürünlerinin tekstürünü etkilemektedir. Suyun varlığında nişasta / protein matriksinin yumuşaması ve plastikleşmesi nedeniyle ürünün mekanik kuvveti değişiklik göstermektedir. Tran [20] tarafından yapılan çalışmada patates cipsi için çıtırılığın kaybolarak, kabul edilemez duyu özelliklerinin

oluştugu kritik su aktivitesi değerleri 0,35 – 0,5 a_w aralığı olarak belirlenmiştir. Miranda ve ark. [19] yaptıkları çalışmada, kızartma sonrasında tekstürel değişime nem içeriğinin etkisini, kızarmış patates dilimlerini değişik bağıl neme sahip ortamlarda (20 °C’de, 1 hafta) bekleterek belirlemişlerdir. Farklı su aktivitesi değerlerindeki patates dilimlerinin tekstürü kopma testi uygulanarak belirlenmiştir. Kızarmış patates dilimlerinin su aktivitesi değeri 0,22’den 0,85’e çıktığında kopma gerilimlerinin üçte bir oranında düştüğü görülmüştür. Bu sonuç nemli i kısımdan kabuğa nem geçişi ile su aktivitesi değerinin arttığını ve buna bağlı olarak mekanik özelliklerde azalma meydana geldiğini göstermektedir. Bu nedenle kızartmadan sonra ilk 5-6 dk içerisinde tekstürde önemli değişiklikler olduğu rapor edilmiştir.

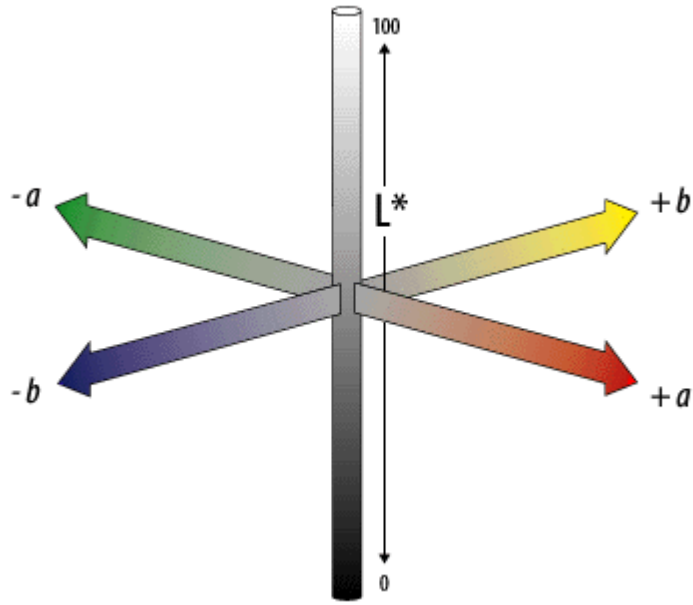
2.1.2.2. Renk

Renk, kızarmış patates ürünlerinin kabul edilebilirliği açısından en önemli kalite özelliklerindedir. Herhangi bir objenin görüntüsü o nesnenin kromatik ve geometrik özelliklerinin kombinasyonudur. Renk, tüketicinin ürünü algıladığı ve ürünü kabul etmek ve reddetmek için kullandığı bir parametredir, çünkü renge bakarak üründeki anormallikler ve kusurlar fark edilebilir [22].

Kızartma işlemi sırasında ısı ve kütle transferi ile meydana gelen fizikokimyasal değişiklikler kızarmış ürünlerin rengini etkiler. Renk oluşumu, kızartma işleminin farklı aşamaları sırasında sıcaklık artışına bağlı olarak, yeterli oranda kuruma gerçekleştiği sırada başlar. Kızarmış patates ürünlerinin rengi, yüzeydeki indirgen şeker içeriği, amino asit ya da protein içeriğine ve kızartma süresi ve sıcaklığına bağlı olarak Maillard tepkimesi sonucunda gerçekleşir [24]. Parmak patates; açık, altın sarısı renkte olmalı ve kahverengi, siyah lekeler içermemelidir [6].

Rengi tanımlamak için $L^*a^*b^*$, RGB, XYZ ve CMYK renk sistemlerinden birinin seçilmesi gerekir. Kızarmış patates ürünlerinin rengi genellikle $L^*a^*b^*$ renk sistemi kullanılarak belirlenir [23]. İnsan gözü, kısa, orta ve uzun dalga boylarını algılayabilir; bunlar ayrıca kırmızı, sarı, mavi olarak da adlandırılırlar. Bu, rengi

algılamak için bu üç parametrenin olması gerektiği anlamına gelir. Bu üç parametreyi birleştirmek için kullanılan spesifik metod, renk uzayı olarak adlandırılır. Renk uzayı, betimlenen renk bilgisini spesifikleştirmek için kullanılır. $L^*a^*b^*$ renk uzayı (Şekil 2.3), Commission International d'Eclairage (CIE) tarafından 1976 yılında geliştirilen eksiksiz sonuç veren, referans olarak kullanılan bir sistemdir. XYZ renk uzayı Macadam elips tarafından tanımlanan metrik renk farklılıklarından yararlanarak, renk farklılıklarını algılar ve doğrusallaştırmayı amaçlar. L^* , a^* , b^* için doğrusal olmayan ilişki insan gözünün logaritmik yansımalarını taklit etmeyi amaçlar. L^* , parlaklık bileşenidir, "0"- "100" arasında değer alır, a^* parametresi (yeşilden kırmızıya) ve b^* parametresi (maviden sarıya) renklerle ilgili parametrelerdir, "-120" - "120" aralığında değer alırlar [22].



Şekil 2.3. CIE $L^*a^*b^*$ renk ölçeği

Gıdaya ait görüntünün detaylı bir şekilde belirlenebilmesi ve görüntü kalitesinin daha kesin bir şekilde değerlendirilmesi amacı ile gıdanın yüzeyine ait her bir pikselin renk değerinin bilinmesi gerekir. Kullanılan ticari kolorimetreler $L^*a^*b^*$ değerini çok küçük bir alan için ölçebilir ve bu nedenle bu aletler ile yapılan ölçümler gıda örnekleri gibi heterojen materyallerde bütünü temsil etmez. Minolta kromometre, Hunter Lab kolorimetre, Dr. Lange kolorimetre gibi kolorimetreler renk

ölçümünde en çok kullanılan aletlerdir. Son yıllarda, farklı gıdalar için renk ölçümü bilgisayar ile görüntüleme yöntemi ile yapılmaktadır. Bu yöntemin gıdanın bütün yüzeyine ait her bir pikselin renk ölçümünün yapılabilmesi, yüzey karakteristiklerinin ve kusurlarının miktarının belirlenebilmesi gibi klasik yöntemlere göre avantajları vardır [24]. Kızarmış patates ürünlerinin yüzey rengi su, nişasta, indirgen şeker dağılımının düzgün olmaması nedeniyle oldukça heterojendir. Bu nedenle rengi belirlerken bütün yüzeyi temsil eden ortalama bir değer bulunması gerekir [23].

Krokida ve ark. [25] yaptıkları çalışmada HunterLab kolorimetre ile patates dilimlerinin 5 farklı bölgesinde ölçüm yapıp, bu ölçülen 5 değerini ortalamasını aldıktan sonra L, a, b değerlerini belirlemişlerdir. Aynı kızartma süresi için kızartma yağ sıcaklığı ve dilim kalınlığı ile L, a, b değerleri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kızartma sıcaklığı arttıkça L değeri azalırken, a ve b değerlerinde artış görüldüğünü rapor etmişlerdir. Aynı zamanda patates diliminin kalınlığı azaldıkça L ve b değerlerinde azalma ve a değerinde artış olduğu saptanmıştır.

Maillard tepkimesi sonucunda renkli ürünler oluşur. Melanoidinler, bu tepkime sonucunda oluşan başlıca son ürünlerdir. Bu kahverengi polimerlerin gıdanın kalitesi üzerine önemli etkisi vardır. Renk, Maillard tepkimesi sonucunda oluşan akrilamid gibi ürünlerin indikatörü olarak kullanılabilir [26]. Kızartma süresi ve sıcaklığı arttıkça patates dilimlerinin rengi koyulaştığı için parlaklık renk bileşeninin (L^*) değeri azalır ve Maillard enzimatik olmayan esmerleşme tepkimesi sonucunda kromatik renk bileşeni olan a^* değerinin arttığı görülür. L^* ve a^* değeri ile akrilamid konsantrasyonu arasında yüksek bir korelasyon (r^2 değeri 0,79 ve 0,83) olduğu gözlenmiştir. Akrilamid konsantrasyonu arttıkça parmak patatesin L^* değeri azalırken, a^* değerinde artış görülmektedir [27]. Romani ve ark. [21] yaptıkları çalışmada parmak patatese uyguladıkları kızartma süresinin artışıyla daha kırmızı ve koyu renk elde etmişlerdir. Dijital imaj analizi ile yaptıkları renk analizinde 9 dakikalık kızartma sırasında L^* değerinin üstel olarak 76,13 ten 47,75 e düştüğü, a^* değerinin -6,59 dan 13,57 ye çıktığı belirlenmiştir. Akrilamid oluşumu ile L^* ve a^* renk bileşenleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu rapor edilmiştir.

Gökmen ve ark. [26], yaptıkları bir çalışmada patates cipsine 170 °C de 8-10 dk kızartma işlemi uyguladıktan sonra parlak sarı olan rengin kahverengimsi sarıya dönüştüğünü belirtmişlerdir. 10 dk dan sonra kahverengi renk belirginleşmeye başlamakta ve 60 dk kızartma işleminden sonra koyu kahverengi renk oluştuğu görülmüştür. Akrilamid, Maillard tepkimesinde ara ürün olarak oluşur, ısıtmanın ilerleyen zamanlarında bozunarak azalmaya başlar. Koyu renkli ürünlerde akrilamid düzeyi düşük olabilir. Bu nedenle heterojen yüzeye sahip gıdalarda akrilamid konsantrasyonunu belirlemede CIE $L^*a^*b^*$ değerlerinden yararlanılmasının güvenilir bir yöntem olmayabileceği rapor edilmiştir.

2.1.2.3. Yağ içeriği

Derin yağda kızartma işlemi sırasında ısı ve kütle transferi aynı anda gerçekleşir ve ısı yağdan gıdaya transfer olurken, su gıdadan buharlaşarak uzaklaşır ve yağ gıdanın içerisine absorbe olur. Yağın önemli bir kısmının emilimi, patates yağdan çıkarıldıktan sonra gerçekleşir, yağ emilimi için patates dilimlerinin yağ banyosundan çıkarılması önemli bir faktördür [28]. Dondurmadan önce ön-kızartılmış parmak patatesinde yağ içeriğinin %7-10'u geçmemesi arzu edilmektedir. Yağ içeriğinin fazla olması, üründe yağlı bir tat oluşumunun yanı sıra üretim maliyetinin artmasına neden olmaktadır. Yağ içeriğinin çok düşük olması ise parmak patatesin kendine özgü aromasının oluşmasını engellemektedir. Kızartma için kullanılan yağın çeşidi ve dilim kalınlığı, haşlama koşulları, sıcaklık, ön-kurutma ve ön-kızartma işleminin süresi ve patatesin kuru madde içeriği, parmak patates tarafından emilen yağın miktarını etkilemektedir [6].

Kızarmış patates ürünleri yağdan çıkarıldıktan sonra yağın önemli bir kısmı, yüzeyden dış kısımdaki dehidre olmuş ve bozulmamış hücrelerin arasındaki geçitler boyunca emilmektedir. Patates cipsinde kızartma sırasında bütün hücreler dehidre olur ve yağ emilimi kapiler güçle gerçekleşir. Parmak patatesinde ise yağ alımı, oluşan kabuk ve ıslak iç kısımdan kaynaklanan yoğunlaşmış buhar arasındaki basınç farklılıkları sonucunda gerçekleşmektedir [19]. Kızarmış ürünlerde yağ alımı çeşitli faktörlerden etkilenir. Kızartma sıcaklığının yağ alımı üzerine etkisi tam olarak

belirlenememiştir. Bazı çalışmalara göre yüksek sıcaklıkta yapılan kızartma işlemi sonucunda, kızartma süresinin azalması ve daha iyi gelişen kabuğun yağ emilimine engel olması ya da kabuktaki porozitenin daha az olması nedeni ile yağ alımı azalmaktadır. Bazı araştırmacılara göre de kızartma sıcaklığının yağ alımı üzerine önemli bir etkisi yoktur. Patatesin yüzey alanı ile yağ içeriği arasında doğrusal bir ilişki vardır. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça yüzey alanı artmakta ve yağ içeriği daha yüksek olmaktadır [11].

Yapılan bir çalışmada, 3 dk kızartma işleminden sonra ürünün kurumaya başlaması ile birlikte yağ alımının başladığı görülmüştür. Bu sırada yağ ve patates diliminin yüzey sıcaklığı 100 °C'nin üzerindedir. Kızartma süresinin 5 dk dan 9 dk ya arttırılmasıyla, yağ içeriğinin değişmediği ve yaklaşık % 13 olduğu rapor edilmiştir [21].

2.2. AKRİLAMİD

Akrilamid, endüstriyel uygulamalarda kullanılan sentetik bir monomerdır, poliakrilamid gibi çeşitli polimerlerin üretiminde hammadde olarak kullanılmakta ve sigara dumanının bileşeninde bulunduğu bilinmektedir. Poliakrilamid, su ve atık su proseslerinde suyun arıtılmasında , pulp, kağıt ve maden işlemede kullanılan bir polimerdir [29]. Akrilamid polimeri toksik özellik göstermezken, monomeri toksik özellik göstermektedir [30]. Akrilamid beyaz renkli, kristal katı yapıda, kokusuzdur. Suda yüksek çözünürlüğe (2,155 g/L) sahiptir. Erime noktası 84,5 °C, kaynama noktası atmosferik basınçta 192,6 °C'dir [31].

2002 yılında İsveçli bilim adamları nişasta bakımından zengin gıdalara kızartma, kavurma ve fırınlama gibi işlemler uygulandığında yüksek konsantrasyonda akrilamid oluştuğunu belirlemişlerdir. Akrilamid ($H_2C = CH - CO - NH_2$), nörotoksik, genotoksik, karsinojenik bir bileşendir ve International Agency for Research on Cancer tarafından olası kanserojen (grup 2A) olarak tanımlanmıştır [30].

Yapılan araştırmalar kapsamında çeşitli gıdalarda akrilamid miktarları belirlenmiş ve akrilamidin yüksek nişasta içeriğine sahip gıdalarda yüksek oranda oluştuğu görülmüştür [32]. Çizelge 2.2 de grldğu gibi kızarmış patates ürünlerinin akrilamid içeriği diğer ürünlere göre oldukça yüksektir. FDA tarafından yapılan analizlerde A.B.D.’deki bazı fast food restoranlarındaki parmak patatesin akrilamid içerikleri izelge 2.3 de gösterilmektedir [33]. Bu çizelgeden, fast food restoranlarında hazırlanan parmak patateslerin akrilamid içeriğinin 300- 400 ppb aralığında olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2. Çeşitli gıdalara ait FDA akrilamid verileri [32]

Gıda	Akrilamid (ppb)
Patates cipsi	117-2762
Parmak Patates	20-1325
Tahıl Gevreği	52-266
Ekmek	<10-364
Bisküvi ve Kraker	26-504
Meyve ve Meyve Suyu	<10-70
Kahve ve ay	175-351
Süt ve Süt rnleri	<10-43
Bebek Mamaları ve Karışımları	<10-130
Toz İçecek Karışımları	<10-1184

Çizelge 2.3. Çeşitli fast food restoranlarındaki parmak patateslerin akrilamid miktarları

Fast Food Restoranı	Akrilamid (ppb)
Mc Donald’s	428
Burger King	369
KFC	313
Wendy’s	302

Gıdalarda akrilamid miktarını düzenleyen yasal bir uygulama henüz bulunmamaktadır. Ancak Dünya Sağlık rgt, içme suları için akrilamid miktarını 0,1 ppb ile sınırlamıştır [8]. Çizelge 2.1 de grldğu gibi patates gibi yüksek nişasta

içeriğine sahip gıdalarda akrilamid içeriği (117- 2762 ppb) EPA tarafından belirtilen değerden oldukça yüksektir. Bir fast food restoran zinciri olan Kentucky Fried Chicken (KFC) ile Kaliforniya Eyaleti arasındaki davanın sonucunda, kızarmış ve fırınlanmış patates ürünlerinin üzerine “akrilamid içerebilir” uyarısı yazılması zorunlu hale getirilmiştir [9].

Akrilamidin kanserojen etkisi üzerine yapılan çalışmalarda bu etki sadece fareler üzerinde belirlenmiş ve insanlar için olası kanserojen olduğu düşünülmüştür. Hogervorst ve ark. [34] ise 62,575 sigara içmeyen kadın üzerinde 11,3 yıl boyunca yaptıkları araştırma sonucunda insanlar için olası kanserojen olan akrilamidin kadınlarda rahim ve yumurtalık kanseri riskini arttırdığını gözlemlemişlerdir. Bunun sebebi gıdalarda oluşan akrilamidin, ortalama 77 kg bir insanın günde 30,8 µg akrilamid almasına neden olması olarak belirlenmiştir. Bu çalışma akrilamidin insanlar için kanserojen olduğunu ortaya koyan ilk çalışma olması açısından önem taşımaktadır.

2.2.1. Akrilamid oluşumu

Akrilamid oluşumu, gıda ürünlerinde ısıtma işlemi sırasında amino asitler ve indirgen şekerler arasında 120 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda Maillard tepkimesi sonucunda gerçekleşir. Asparajın, patates ve tahıllarda akrilamid oluşumuna neden olan amino asittir. Maillard tepkimesi ürünleri pişirme ve fırınlama sırasında renk ve aroma oluşumunda da etkilidir [7,35]. Maillard esmerleşme tepkimesi serbest amino asit, peptid veya proteinlerin yapısında bulunan serbest amino grubu ile indirgen şekerler arasındaki tepkimeyle başlayıp esmer renkli azotlu polimerlerin (melanoidinlerin) oluşması ile tamamlanır (Şekil 2.4). Tepkimenin hızı ve oluşan ürünler, tepkimeye giren amino bileşiği ile şekerin özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle değişik gıdalar bileşimlerine göre farklı esmerleşme tepkimeleri gösterirler [36]. Çiğ patates akrilamid içermez ancak yapısında yüksek miktarda akrilamid oluşumuna neden olan öncül maddeler bulunur. Bu nedenle parmak patates ve patates cipsi gibi ürünlerde yüksek miktarda akrilamid oluşumu görülmektedir [37].

2.2.2. Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler

2.2.2.1. Patatesin asparajin ve indirgen şeker içeriği

Patates, akrilamid öncül maddeleri olan asparajin ve indirgen şekerleri yüksek oranda içermektedir. Bu nedenle parmak patatesinde akrilamid oluşumu, çiğ patatesin indirgen şeker ve asparajin içeriğine yani çiğ patatesin çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Patateslerde şeker miktarı kuru maddenin yaklaşık %10'u kadar ya da nişastasız kuru maddenin 1/2-1/3' ü kadardır. Patateslerde toplam şeker miktarı çeşide, yetiştirme koşullarına, hasat olgunluğuna ve depolamaya bağlı olarak % 0,05-0,8 arasında değişim göstermektedir. Taze patateslerde ise ortalama olarak % 0,5 oranında bulunabilmektedir [10]. Çiğ patatesin amino asit miktarının yaklaşık % 40'ını asparajin oluşturmaktadır [39].

Granda ve ark. [40] patates çeşidinin kızartma sırasındaki akrilamid oluşumu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada yedi farklı çeşit patates kullanmışlar ve en yüksek indirgen şeker ve asparajin içeriğine sahip patatesten elde edilen parmak patateslerde en yüksek oranda akrilamid oluştuğunu saptamışlardır.

Çiğ patatesinde asparajinin molar konsantrasyonu indirgen şeker içeriğine göre daha fazladır ve indirgen şeker içeriğine göre daha az değişiklik gösterir. Ayrıca ısıtma işlemi sırasında indirgen şekerler, asparajin ve diğer amino asitlere göre daha hızlı tüketilir. Yapılan çalışmalarda akrilamid oluşumunda indirgen şeker içeriğinin sınırlayıcı faktör olduğu görülmüştür. Asparajin, akrilamid oluşumunda başlıca öncül maddedir ancak asparajin konsantrasyonu ile akrilamid oluşumu arasında bir ilişki bulunmamıştır [41,42].

Patatesin depolama koşulları da akrilamid oluşumu üzerinde oldukça etkilidir. Düşük sıcaklıkta depolanan patateslerde, patateslerin kendilerini donmaya karşı korumaları nedeniyle solunum hızı artmakta ve nişasta indirgen şekerlere dönüşmektedir. Noti ve ark. [43] depolama koşullarının akrilamid oluşumu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada patatesleri farklı

sıcaklıklarda depolamışlar ve 10 °C'nin altında depolanan patateslerden elde edilen kızarmış ürünlerde önemli düzeyde akrilamid oluştuğunu belirlemiştir .

2.2.2.2. Dilim kalınlığı

Kızartma sırasında gerçekleşen eş zamanlı ısı ve kütle transferi sonucunda ürün içerisinde nem ve sıcaklık dağılımları ortaya çıkmaktadır. Ürünün yüzeyi iç kısma göre daha sıcak ve kurudur. Kızartma işleminde yüzey alanı/hacim oranı akrilamid oluşumu açısından önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Kızartma işlemi sırasında hacim sabit kalmak koşulu ile patatesin yüzey alanının artmasıyla akrilamid oluşumunun arttığı görülmüştür. Bu durum, akrilamidin büyük çoğunlukla kızartma prosesi sırasında yüksek sıcaklığa maruz kalan yüzeyde ve yüzeye yakın kısımda oluştuğunu göstermektedir. 170 °C'de 5 dk kızartma işlemi sırasında dilim geometrisi şerit (8,5 × 8,5 × 68 mm, A/V = 0,5 mm⁻¹) şeklinden küp (8,5 × 8,5 × 8,5 mm, A/V = 0,7 mm⁻¹) şekline değiştirildiğinde kızarmış patatesin akrilamid oluşumunun önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Geometrisi disk (1 mm kalınlık, 15 mm yarıçap, A/V= 2,3 mm⁻¹) şeklinde olan patatesteki oluşan akrilamid içeriği şerit ve küp şekline oranla daha fazladır. Akrilamid miktarı, şerit, küp ve disk şeklinde sırayla yaklaşık 200, 500, 600 ng/g olarak belirlenmiştir. Yüzey alanı/hacim oranı arttığında daha fazla akrilamid oluşmasının nedeni, sadece daha fazla akrilamid öncül maddelerinin yüksek yüzey sıcaklıklarına maruz kalması değil, aynı zamanda bütün hacmin daha hızlı ısınmasıdır [44].

Taubert ve ark. [5] yaptıkları çalışmada 120- 230 °C aralığında uygulanan kızartma işleminde akrilamid konsantrasyonunun 1000 µg/ kg in üzerinde olduğunu ve rendelenmiş patatese uygulanan kızartma işlemi sonucunda akrilamid miktarının (18,000 µg/ kg), 3 mm kalınlığa sahip patates dilimine (12,000 µg/ kg) ve 15 mm kalınlığa sahip patates dilimine (2,500 µg/ kg) göre daha fazla olduğunu göstermişlerdir.

2.2.2.3. Sıcaklık ve süre

Kızartma yağının sıcaklığı ve kızartma süresi, akrilamid oluşumunu etkileyen önemli proses parametreleridir [41, 45]. Kızartma işleminin başlangıcında akrilamid oluşumu görülmezken, kızartma işleminin sonuna doğru sıcaklık ve nem koşullarının elverişli hale gelmesi ile akrilamid oluşumunda hızlı bir artış görüldüğü belirlenmiştir. Kızartma sıcaklığı ile akrilamid oluşumu arasında üstel, kızartma süresi ile akrilamid oluşumu arasında doğrusal bir ilişki olduğu rapor edilmiştir [38,45]. Romani ve ark. [21] ise, kızartma süresi ile akrilamid oluşumu arasında üstel bir ilişki bulmuşlardır.

Erdoğdu ve ark. [37] mikrodalga ile ön-pişirme uyguladıkları patates dilimlerine uygulanan kızartma işleminde sıcaklığın 190 °C'den 170 °C'ye düşürülmesiyle akrilamid içeriğindeki azalmanın %73'ten % 92'ye çıktığını göstermişlerdir. Williams [41] yaptığı çalışmada, kızartma sıcaklığı 150 °C'den 175 °C'ye arttığında ve kızartma süresi 3 dk dan 5 dk ya çıktığında akrilamid içeriğinde önemli düzeyde artış olduğunu belirlemiştir. Pedreschi ve ark. [28], yaptıkları çalışmada, patates dilimlerinin akrilamid içeriğinde sıcaklığın 190 °C'den 170 °C'ye düşmesiyle % 68 ve 150 °C'ye düşmesiyle % 88 azalma kaydetmişlerdir. Matthaus ve ark. [45], 150 ve 175 °C aralığında sıcaklıklarda akrilamid oluşumunun, 180 ve 190 °C'ye göre oldukça düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

2.2.3. Akrilamid oluşumunu azaltmak için yapılan çalışmalar

Belirli gıdalarda akrilamid oluşumunun keşfedilmesinden sonra, akrilamid içeriğini azaltmak için birçok çalışma yapılmıştır. Ön işlem uygulanarak ve kızartma koşulları modifiye edilerek parmak patatesteki akrilamid miktarının azaltılabileceği görülmüştür. Enzim uygulaması [47, 48], suda bekletme, haşlama, asitli suda bekletme [46] asparajin dışında yarışmacı amino asit eklenmesi, [49] gibi ön işlemler akrilamid oluşumuna neden olan öncül maddeleri azaltan yöntemlerdir.

Pedreschi ve ark. [46], kızartma işleminden önce patates dilimlerine suda bekletme, haşlama, asitli suda bekletme ön işlemlerini uygulayarak akrilamid

miktarının azaldığını saptamışlardır. Haşlama ön-işlemi ile asparajın ve indirgen şeker içeriğinde önemli miktarda azalma olduğu görülmektedir. Oda sıcaklığında suda bekletme işlemi ile indirgen şeker miktarındaki azalma önemli düzeydeyken , asparajın miktarındaki azalmanın önemli olmadığı görülmüştür. Bu nedenle haşlama ön işlemi, akrilamid oluşumunu azaltmada daha etkili bir yöntemdir. Patates dilimlerinin farklı konsantrasyonlarda sitrik asit çözeltilerinde bekletilmesi asparajın ve indirgen şeker içeriğinin azalmasında etkili değildir. Ancak pH'nın düşmesiyle Maillard tepkimesi için uygun olmayan koşulların yaratılması sonucunda akrilamid oluşumunun % 70 düzeyinde azaldığı rapor edilmiştir.

Zyzak ve ark. [47] yaptıkları çalışma ile patates dilimlerine asparajinaz enzimi uygulayarak akrilamid oluşumunun % 99 oranında azaldığını belirlemiştir. Asparajinaz enzimi ile asparajın, aspartik asit ve amonyağa dönüştürülerek asparajın miktarında % 88 azalmaya sebep olmuştur. Pedreschi ve ark. [48], dondurulmuş patates dilimi üretiminin haşlama basamağında, dilimlere asparajinaz enzimi uygulayarak kızartma sonrasında oluşan akrilamid miktarını azaltmışlardır. Patates dilimlerini 40 °C'de 20 dk 10.000 ASNU/L asparajinaz solüsyonunda beklettikten sonra 175 °C'de 3 dk kızartma işlemi uyguladıklarında akrilamid miktarının hiç haşlama işlemi uygulanmayan patates dilimine göre % 30 azaldığını belirlemiştir. Aynı işlemi 75 °C'de 10 dk haşlama işlemi uygulanan patates dilimlerine uyguladıklarında kızartma işleminden sonra akrilamid miktarının enzim uygulaması olmadan 75 °C'de 10 dk haşlanana göre % 60 azaldığını belirlemiştir.

Kim ve ark. [49] patates dilimlerini asparajın dışında amino asitlerin bulunduğu çözeltilerde bekleterek yarışçı bir ortam oluşturarak, asparajinin tepkimeye girdiği indirgen şeker miktarını azaltmışlardır. Böylece akrilamid oluşumunda önemli düzeyde azalma kaydetmişlerdir.

Granda ve Moreira [50], patates cipsinde akrilamid oluşumunu azaltmak için vakum altında kızartma işlemini alternatif bir işlem olarak önermişlerdir. Vakum altında kızartma işlemi atmosferik basıncın altındaki değerlerde tercihen 6.65 kPa'nın altındaki değerlerde uygulanmaktadır. Basınç azaldığında yağın ve gıda

içerisindeki suyun kaynama noktası azalmaktadır. Yağın kaynama noktasının azalması ürünün yağ içeriğinin azalması, renk, aroma ve yağ kalitesinin uzun süre korunması gibi bazı avantajların doğmasına neden olur. Aynı son nem içeriğine gelene kadar kızartma işlemi uygulanan patates cipslerinde, vakum altında kızartma işlemi ile atmosferik koşullarda yapılan kızartma işlemine göre akrilamid oluşumunun % 94 daha az olduğu rapor edilmiştir.

Palazoğlu ve Gökmen [51], kızartma süresinin sonlarına doğru akrilamid oluşumunun hızla artması nedeniyle, başlangıçta yüksek daha sonra düşük sıcaklıkta olmak üzere yapılacak iki aşamalı bir kızartma işleminin son üründe oluşan akrilamid miktarının azaltılabileceğini rapor etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 170 °C'de 1 dk ve bunu takiben 150 °C'de 3 dk uyguladıkları kızartma işlemi ile 170 °C'de 4 dk kızartma işlemine göre akrilamid içeriğinde % 58 düşüş sağlamışlardır

Erdoğan ve ark. [37] kızartma işleminden önce patates dilimlerine mikrodalga pişirme ön-işlemi uygulayarak kızartma süresini azaltmışlar ve buna bağlı olarak akrilamid içeriğinin düşüş gösterdiğini rapor etmişlerdir. Mikrodalga ile ön-pişirme işlemi haşlama işleminden farklı olarak, patates dilimlerinin yüzey karakteristiklerinin oluşmasını sağlayan indirgen şeker ve asparajın kaybı olmadan çok kısa sürede hacimsel olarak pişmesini sağlayan bir yöntem olarak önerilmiştir. 150, 170, 190 °C'de 20, 20, 30 s süre ile uygulanan mikrodalga ön-pişirme (850 W) işlemi ile kontrol örneklerine göre akrilamid miktarında % 36, % 41, % 60 oranında azalma olduğu görülmüştür

2.3. KIZARTMA İŞLEMİ

Kızartma, ürüne kazandırdığı karakteristik aroma ve tekstür nedeni ile gıdaların pişirilmesinde kullanılan eski ve popüler bir yöntemdir. Derin yağda kızartma işlemi, gıdanın 150-200 °C arasındaki sıcaklıkta yenilebilir yağ içerisine daldırılarak pişirilmesi işlemidir. Kızartma işlemi bir eş zamanlı ısı ve kütle transferi

prosesidir. Patatesin derin yağda kızartılması sırasında sıcak yağdan ürüne ısı akışı gerçekleşirken ürün içerisinden su buharlaşmaktadır [52].

2.3.1. Kızartma sırasında meydana gelen değişimler

Kızartma sırasında patates diliminin sıcaklığı artar ve nem, dilimin iç kısımlarından yüzeye doğru taşınarak yapıdan uzaklaşır. Bu durum, zamanla yüzeyde yüksek sıcaklık/düşük nem koşullarının oluşmasına neden olur. Dilimin herhangi bir yerinde sıcaklığın, suyun kaynama sıcaklığının üzerine çıkması için suyun o bölgede neredeyse tamamının uzaklaşmış olması gerekir [39]. Kızartma işlemi, yağ sıcaklığının ve ısı transfer katsayısının yüksek olması sebebi ile çok hızlı gerçekleşen bir ısı transfer prosesidir. Yüzeyin kurumması ile birlikte sıcaklık bu bölgede suyun kaynama sıcaklığının üzerine çıkarak kızartma yağının sıcaklığına yaklaşmaya başlar. Kızartma işleminde kızgın yağ içerisine daldırılan gıdanın yüzeyine ısı konveksiyon ile transfer olurken gıdanın iç kısmında ısı transferi kondüksiyon ile gerçekleşmektedir. Gıdanın içerisindeki kondüksiyonun kızartma işleminde hız-belirleyici ısı transfer mekanizması olduğu rapor edilmiştir [53]. Bir başka deyişle, ısı gıdanın yüzeyine çok hızlı transfer olurken (konveksiyon), gıdanın yüzeyinden iç kısmına olan ısı transferi (kondüksiyon) çok daha yavaş ilerlemektedir. Bunun sonucunda dilimin iç kısımları pişene kadar yüzey ve yüzeye yakın kısımlar çok daha yüksek sıcaklıklara maruz kalmaktadır. Akriamid oluşumunun yüzey ve yüzeye yakın bölgelerde görülmesinin sebebi budur [38]. Yüksek sıcaklık ve düşük nem koşullarının sonucu olarak arzu edilen kalite karakteristikleri (renk, tekstür, aroma) oluşur. Kızartma sırasında nişasta jelatinizasyonu, Maillard tepkimesi, protein denaturasyonu, nem içeriğinde azalma gibi çeşitli kimyasal tepkimeler gerçekleşmektedir. Bu değişimler, yüzeyden su uzaklaşmasına, kabuk tabakasının oluşumuna, ürüne olan ısı transferi ile üründen buharın uzaklaşmasına bağlı olarak gelişmektedir. Maillard tepkimesi ile üründe arzu edilen duyu özellikleri olan renk ve aroma oluşmaktadır [54].

2.4. ÇÖZDÜRME İŞLEMİ

Günlük hayatta mikrodalga fırınlar gıdaların hızla ısıtılmaları için kullanılmaktadır. Mikrodalgalar, dalga boyları 300 MHz ($\lambda=1$ m) ile 300 GHz ($\lambda=1$ mm) arasında değişen elektromanyetik dalgalarlardır. Restoran ve evlerde kullanılan fırınlar 2,45 GHz ($\lambda=12,23$ cm) dalga boyunda çalışmaktadır. Mikrodalga ile ısıtmada, elektromanyetik dalgalar ile gıda materyali arasında doğrudan etkileşim olması nedeni ile geleneksel ısıtma yöntemlerinden daha hızlı bir ısıtma sağlanmaktadır.

Mikrodalğanın gıda materyali ile etkileşimi dipol ve iyonik etkileşim ile gerçekleşmektedir. Gıda materyallerinin çoğu değişen miktarlarda çözünmüş tuzlarla birlikte su içermektedir. Bu tuzlar çözüldüğünde molekül iyonize olur ve iki yüklü partiküle veya iyona parçalanır. Bunun gibi yüklenmiş iyonlar içeren gıda materyalleri elektrik alanla etkileşime girebilir. Enerji, iyonlara ve sonra komşu atom veya moleküllere transfer olur. Bu mekanizma iyonik polarizasyon olarak adlandırılır.

Gıdanın içerisindeki su gibi polar moleküller tarafından mikrodalga enerji absorbe edildiğinde, bu moleküller değişen elektromanyetik alana uygun olarak dönme hareketi gerçekleştirmektedir. Bu sırada su molekülleri birbiriyle rasgele çarpışır ve sürtünme sonucunda sıcaklıkta artış meydana gelir. Bu mekanizma dipol rotasyon olarak adlandırılmaktadır [55].

Materyaller, mikrodalga enerji ile mikrodalgayı yansıtma, yayma, absorbe etme olmak üzere üç şekilde etkileşime girmektedir. Dielektrik sabiti (ϵ') ve dielektrik kayıp faktörü (ϵ''), materyalin mikrodalga elektrik alanı ile etkileşimini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır [55]. Dielektrik sabiti, materyalin elektromanyetik enerjiyi absorbe etme kabiliyetini; dielektrik kayıp faktörü ise materyalin absorbe ettiği elektromanyetik enerjiyi ısıya dönüştürme kabiliyetini ifade etmektedir. Elektromanyetik dalgaların frekansı, gıda materyalinin sıcaklığı, su ve tuz içeriği dielektrik özellikleri etkileyen faktörlerdir [56]. Gıdalar yüksek nem

içeriğine ve yüksek dielektrik kayıp faktörüne sahiptir, bu nedenle mikrodalga enerjisi hızlıca absorbe edilmekte ve ısıya dönüştürülmektedir [57].

2.4.1. Mikrodalga ile çözdürme

Dondurulmuş gıdaların geleneksel yöntemlerle çözdürülmesi sırasında, buza göre daha düşük ısı iletkenliğe sahip su, ısı transferinin hızını azaltmaktadır. Dondurulmuş gıdanın dielektrik özellikleri karmaşıktır. Su, buz formuna geçtiğinde dielektrik sabiti düşer ve buzun sıcaklığı azaldıkça azalmaya devam eder. Bu nedenle buz suya göre daha fazla mikrodalga geçirgendir. Saf suyun dielektrik sabiti 77,4 ve dielektrik kayıp faktörü 9,2 iken, buzun bu özellikleri 3,2 ve 0,003'tür [55]. Önemli düzeyde nem içeriğine sahip olan dondurulmuş gıdalar çözdürüldükçe mikrodalga enerjisi daha kuvvetli absorbe etmektedirler [57].

Mikrodalga enerji ile gıdada her yönden aynı miktarda ısınma gerçekleşmemektedir. Çözdürme işlemi sırasında köşe ve kenarlar daha yoğun mikrodalga enerjisine maruz kalmakta ve ilk olarak çözünmektedirler. Bu nedenle köşeler yan kısımlara göre daha sıcaktır ve gıdanın merkezi bu bölgelere göre oldukça soğuktur. Yüzeydeki buz su formuna geçtikçe dielektrik özellikleri artar. İç kısım hala buz formundayken mikrodalga enerjisi uygulanmaya devam ettikçe çözünen kısımlardaki su aşırı ısınır. Bu davranış ısı kaçak (thermal runaway) olarak bilinir, bu nedenle mikrodalga fırınların çözdürme gücü yaklaşık 300 W olarak kullanılmaktadır. Düşük güç ayarı, köşe ve kenarlarda üretilen ısının donmuş iç kısımlara difüze olmasına imkan tanımaktadır [55].

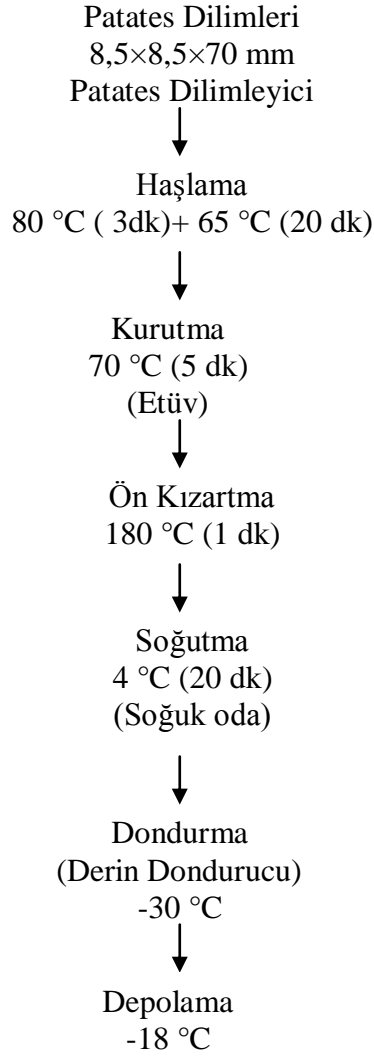
Mikrodalga ısıtma ile, dalga kılavuzunun yerine, gıdanın kompozisyonuna, geometrisine ve fırın içerisindeki yerine bağlı olarak, gıda içerisinde tekdüze olmayan sıcaklık dağılımları oluşmaktadır [58]. Mikrodalga fırın boşluğunda meydana gelen elektrik alan farklılıklar göstermekte, bu nedenle ürün içerisinde sıcak ve soğuk noktalar oluşmaktadır. Homojen ısınmanın gerçekleşmesi için mikrodalga fırınlar içerisinde döner tabla bulunmaktadır. Döner tabla ile gıda fırın içerisinde döndükçe gıdanın farklı yerleri farklı elektrik alanına maruz kalmakta ve böylece tekdüze ısınma sağlanmaktadır [55].

MATERYAL VE METOD

3.1. MATERYAL

3.1.1. Dondurulmuş patates dilimlerinin hazırlanması

Deneysel çalışmalarda kullanılan patatesler Anka Tohumculuk'tan (Anka Tohumculuk ve Tarım Sanayi Tic. Ltd. Şti., Nevşehir) temin edilmiştir. Kızartmalık patates cinsi olarak bilinen Lady Olympia cinsi patates kullanılmıştır. Dondurulmuş patates dilimlerinin hazırlanması Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Dondurulmuş parmak patateslerin hazırlanması [12]

3.2. METOD

3.2.1. Ön-çözdürme işlemi

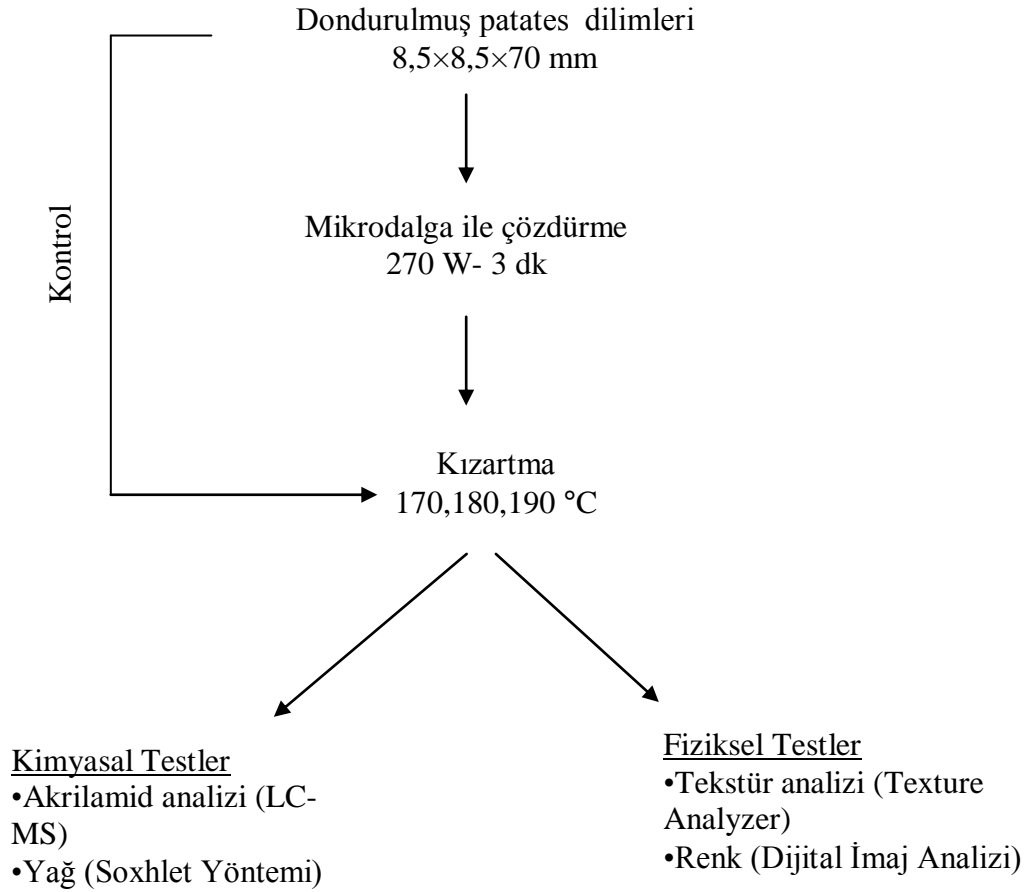
3.2.1.1. Çözdürme işlemi sırasında sıcaklık ölçümü

Çözdürme işlemi için gücü ayarlanabilir bir mikrodalga fırın (Panasonic Inverter NN-ST477, U.K., maksimum güç 900 W, 2450 MHz) kullanılmıştır. Bunun için mikrodalga gücü 270 W (çözdürme ayarı) olarak seçilmiştir. 25 adet dondurulmuş parmak patates dilimi mikrodalga geçirgen bir materyal olan cam beher içerisine yerleştirilmiştir. Çözdürme işlemi kademeli olarak 30 s, 1 dk, 1,5 dk, 2 dk, 2,5dk ve 3 dk boyunca uygulanmıştır. Patates dilimlerinde çözünmenin homojen olarak gerçekleştirilmesi amacı ile döner tabla kullanılmıştır. Ancak döner tabla ile sıcaklık ölçümü sürekli olarak gerçekleştirilemediği için, patates dilimlerinin sıcaklığı, çözdürme işleminin hemen ardından patates dilimlerinin üst kısmına ısı çifti (K tipi, 36 gauge, Omega Engineering, Inc., Stamford, CT) batırmak sureti ile birçok dilimin sıcaklığı ölçülerek belirlenmiştir. Bu işlem üç paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Homojen sıcaklık dağılımının gerçekleştiği süre (dilimlerin sıcaklığının yaklaşık 0 °C olduğu süre) çözdürme süresi olarak belirlenmiştir. Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanmayan örnekler kontrol olarak kullanılmıştır.

3.2.2. Kızartma işlemi

Mikrodalga ile çözdürme ön-işlemine tabi tutulmamış dondurulmuş patates dilimleri (kontrol) için öncelikle 170, 180 ve 190 °C'de uygun kızartma süreleri belirlenmiştir. Her yağ sıcaklığındaki uygun kızartma süresine, patates dilimlerine uygulanan duyuusal değerlendirme ile karar verilmiştir. Duyusal değerlendirmede kriter, tamamı pişmiş bir iç kısım ile yüzeyde çıtır kabuk oluşumu olmuştur. Çözdürme işleminin ardından patates dilimleri kızartma ünitesinin (5 L, Precisterm, J.P. Selecta, Spain) tel sepetine aktarılmış ve kızartma işlemi 170, 180 ve 190 °C'deki ay çiçek yağında (Ona, Gıdasa, ADANA) gerçekleştirilmiştir. Kızartma

işlemi, patates dilimlerinin yağın içerisine tamamı ile daldırılması sureti ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve ön-işlem görmüş parmak patateslerin kızartma işleminin ardından tel sepet yağdan çıkarılıp yağın süzülmesi için 30 s beklendikten sonra patates dilimlerinde kimyasal (akrilamid ve yağ) ve fiziksel (renk ve tekstür) testler yapılmıştır. Akrilamid analizi için kullanılacak örnekler bu süre sonunda kilitli poşetler içerisine aktarılarak analiz yapılana kadar -18 °C de muhafaza edilmiştir. Akrilamid analizi bir hafta sonra gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın aşamaları Şekil 3.2 de gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmanın aşamaları



Şekil 3.3. Kızartma ünitesi

3.2.2.1. Kızartma İşlemi Sırasında Sıcaklık Ölçümü

Bölüm 3.1.1.'de belirtilen şekilde patates dilimleri hazırlanmış ve sıcaklık ölçümü yapılacak patates dilimlerinin içerisine $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de dondurma işleminden önce ısıl çift (T-tipi, 36 gauge, Omega Engineering Inc., Stamford, CT) yerleştirilerek dondurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimlerinde sıcaklık ölçümü, dondurulmuş patates dilimleri çözdürüldükten sonra dilimin içerisine ısıl çift yerleştirilerek gerçekleştirilmiştir. Yağın kızartma sıcaklığına gelip gelmediğinin kontrolü ve kızartma sırasında yağ sıcaklığının izlenmesi amacıyla yağ banyosunun içerisine bir ısıl çift (36 gauge T-tipi) yerleştirilmiştir. Kızartma yağının ve patates dilimi içerisindeki sıcaklıkların ölçülmesi 1 saniye aralıklarla bir veri toplama sistemi ile (Model 2700, Keithley, Cleveland, OH) bilgisayara aktarılarak kaydedilmiştir. $170, 180, 190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de patates diliminin ve kızartma yağının kızartma işlemi sırasında sıcaklık değişimi incelenmiştir.

3.2.3. Çiğ Patateste Asparajin ve İndirgen Şeker Tayini

3.2.3.1 Türevlendirmeli Asparajin Tayini

Asparajin analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama ekstraksiyon aşamasıdır. Ekstraksiyon işlemi üç kademede gerçekleştirilmiştir. Birinci kademede 200 mg örnek ependorf tüp içerisinde tartılmış üzerine 1ml su eklenmiştir. 5 dk vorteks ile karıştırılmış ve 9000 rpm de 3 dk santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir örneğe ait süzüntü tüp içerisinde toplanmıştır. İkinci ve üçüncü ekstraksiyonda 0.5 ml su kalan örneğin üzerine eklenerek 5 dk vorteks ile karıştırılmış ve 9000 rpm de 3 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Her bir örnek için üç ekstraksiyona ait süzüntüler bir tüp içerisinde toplanmıştır.

İkinci aşama türevlendirme aşamasıdır. Süzüntülerden 0,1 ml alınarak üzerine 0,35 mL pH 10 tamponu ve 0,25 ml 9-fluorenylmethylchloroformiate (FMOC) çözültisi eklenerek 30 dk süreyle vorteks ile karıştırılmıştır. Örneklerin üzerine 0,9 ml n-hekzan eklenmiş ve 5 dk vorteks ile karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sonrasında faz ayrımı gerçekleşmiş ve üstte kalan hekzan fazı pipet yardımıyla alınarak atılmıştır. Bu işlem üç kez gerçekleştirilmiştir. Son aşamada hekzan fazının daha iyi ayrılabilmesi için 10000 rpm de 5 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Geride kalan faz 0,45 µm filtreden geçirilerek viallerde toplanmıştır. Her bir örneğe ait süzüntüden 10 µL lik bir hacim HPLC ye enjekte edilmiştir. HPLC (Agilent 1200, Agilent Tech., Australia) de ayırıcı kolon olarak SB-C18 (Rapid Resolution Zorbax, 4,6×150 mm), 265 nm dalga boyunda diode- array dedektör(Agilent 1100 series DAD, Agilent Tech., Australia) kullanılmıştır. Hareketli faz olarak % 50 pH 4,2 asetat tamponu ve % 50 asetonitril kullanılmıştır. Hareketli fazın akış hızı 0.7 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 25 °C'dir.

3.2.3.2 İndirgen Şeker Tayini

İki aşamalı ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 1 gr örnek falkon tüpler içerisine tartılmış ve üzerine 9 ml 70 °C saf su, 0,5 ml Carrez 1, 0,5 ml Carrez 2

çözeltisi eklenmiştir. 3 dk vorteks ile karıştırılmış ve 6000 rpm de 7 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Birinci ekstraksiyona ait süzüntü falkon tüp içerisine alınmıştır. İkinci ekstraksiyonda kalan tüp içerisine 70 °C'de 10 ml su eklenmiştir. 3 dk vorteks ile karıştırılmış, 6000 rpm de 7 dk santrifüj işlemi uygulanmış ve süzüntü tüpe aktarılmıştır. Her iki ekstrakta ait süzüntü vorteksle karıştırılmış ve eppendorf tüplere alınmıştır. 10000 rpm de 10 dk santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Süzüntü viallere alınarak enjeksiyona hazır hale getirilmiştir. Her bir örneğe ait süzüntüden 20 µL lik bir hacim HPLC (Agilent 1100, Agilent Tech., Australia) ye enjekte edilmiştir. HPLC de ayırıcı kolon olarak SH-1011(Shodex , 8×300 mm), 265 nm dalga boyunda refraktif indeks dedektör (Agilent 1100 series RID, Agilent Tech., Australia) kullanılmıştır. Hareketli faz olarak 0,01 N H₂SO₄ kullanılmıştır. Hareketli fazın akış hızı 0,7 ml/dk olarak ayarlanmıştır.

3.2.4. Parmak Patateste Yapılan Analizler

3.2.4.1. Akrilamid tayini

Gökmen ve ark. [59] tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Her bir patates dilimi homojenize edilmiş ve homojen örneklerden 1'er g falkon tüplere tartılmıştır. Ekstraksiyon işlemi üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. 1. ekstraksiyon da örneğin üzerine 9 ml 10 mM formik asit, 0,5 ml Carrez 1 ve 0,5 ml Carrez 2 çözeltisi eklenmiştir. 3 dk vortex ile homojenizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve 0°C de 6000 rpm de 7 dk soğuk santrifüj işlemi yapılmıştır. Santrifüj işleminden sonra her bir örneğe ait temiz süzüntü falkon tüplerde toplanmıştır. 2. ve 3. ekstraksiyonda kalan örneğin üzerine 5mL 10 mM formik asit çözeltisi eklenerek 3 dk vorteks ile homojenizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve 0 °C'de 6000 rpm de 7 dk santrifüj işlemi yapılmıştır. 2. ve 3. ekstraksiyon sonucunda da temiz süzüntüler aynı falkon tüplere aktarılmış ve üç süzüntünün bulunduğu tüpler vorteks ile karıştırılmıştır. Her bir örneğe ait süzüntüler üç ayrı eppendorf tüpe aktarılarak 0 °C'de 10000 rpm de 5dk santrifüj işlemi yapılmıştır. Kartuş koşullama işlemi için Oasis MCX (1cc) kartuştan saniyede 1 damla olacak şekilde metanol ve ardından saniyede 1 damla olacak şekilde su ve hava geçirilmiştir.

1 ml örnek kartuşa koyulur ve örneğin ilk 8-9 damlası atıldıktan sonra örnek saniyede 1 damla olacak şekilde viallere alınmıştır.

Akrilamid analizi için HPLC (Agilent 1200, Agilent Tech., Australia) ile birlikte MS dedektör (Agilent 6130, Agilent Tech., Australia) kullanılmıştır. Ayırıcı kolon olarak Atlantis T3 kolon (150×4,6 mm, 3µm) , kullanılmıştır. Hareketli faz olarak 10 mM formik asit çözeltisi kullanılmış ve hareketli fazın akış hızı 0,3 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Atmosferik basınç kimyasal iyonizasyon (APCI) modunda kurutma gazı (N₂, 20 psig) akış hızı 5 L/dk, sıcaklığı 350 °C'dir. Atomizer basıncı 20 psig dir. İyonlar m/z 72 ve 55 te görüntülenmiştir.

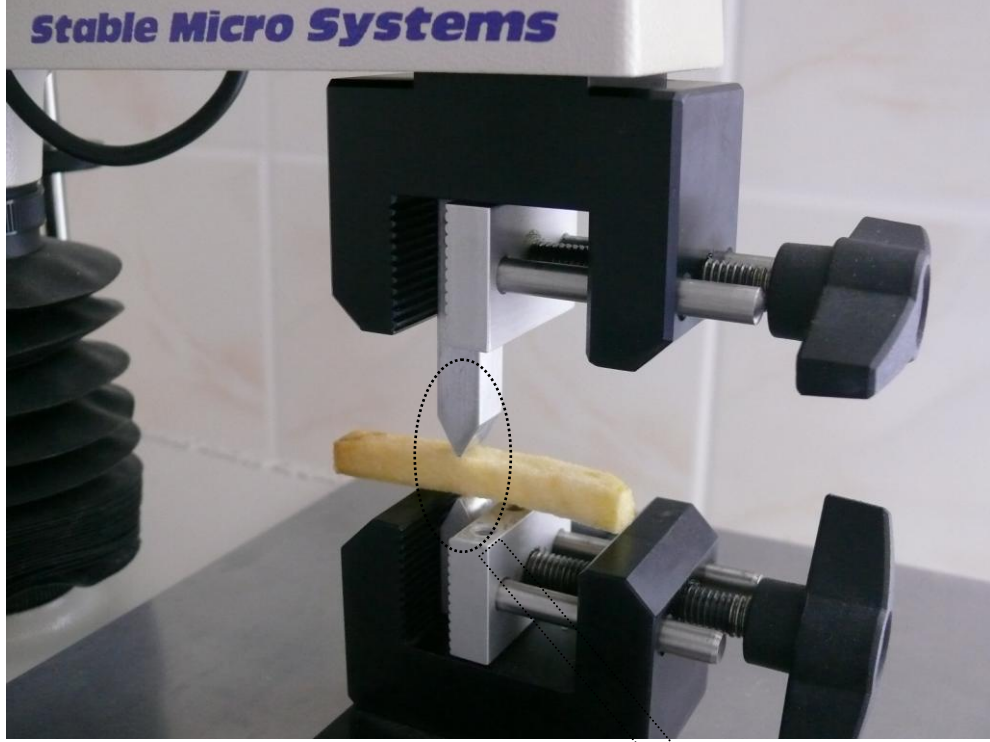
3.2.4.2. Yağ tayini

Parmak patateslerin yağ içeriği Soxhlet yöntemi [60] kullanılarak belirlenmiş, bunun için otomatik Soxhlete cihazı (VELP Scientifica, SER 148, İtalya) kullanılmıştır. Her bir örnekten kartuş içerisine yaklaşık 5 gr tartılmıştır ve 3 paralel analiz yapılmıştır. Önceden 105 °C'de kurutularak sabit tartıma getirilen ve içerisinde cam boncuk bulunan beher içerisine 50 ml petrol eteri koyulmuştur. Soxhlete cihazı 105 °C' de 15 dk daldırma, 20 dk yıkama, 15 dk geri dönüşüm olarak programlanmıştır. Analiz sonunda beherler 105 °C'de yaklaşık 1 saat bekletilmiş ve süre sonunda tartım yapılarak yağ miktarı hesaplanmıştır.

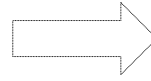
3.2.4.3. Tekstür analizi

Parmak patateslerin tekstür ölçümü, dilimler kızartma yağından çıkarıldıktan 2 dk sonra Texture Analyzer cihazı (TA-XT2i , Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ön dişlerle ısırma işleminin benzetilmesi amacı ile 9 mm kalınlığında ve 30° kesme açısı olan alüminyum prob ile patates dilimi uzunluk yönüne dik olacak şekilde 10 mm/s hızla kesilmiştir. Şekil 3.4 te tekstür analiz cihazı ve prob lar gösterilmektedir. Her bir patates diliminin orta noktasından ölçüm yapılmış ve her bir deney için beş dilim kullanılmıştır. Ölçümler

1 dk içerisinde tamamlanmıştır. Kuvvet-deformasyon eğrilerinden elde edilen en yüksek kuvvet kabuk sertliği ile ilişkilendirilmiştir.



9 mm kalınlığında ve
30° kesme açısı olan
alüminyum prob



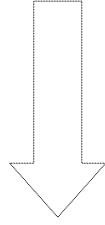
Şekil 3.4. Tekstür analiz sistemi

3.2.4.4. Dijital renk analizi

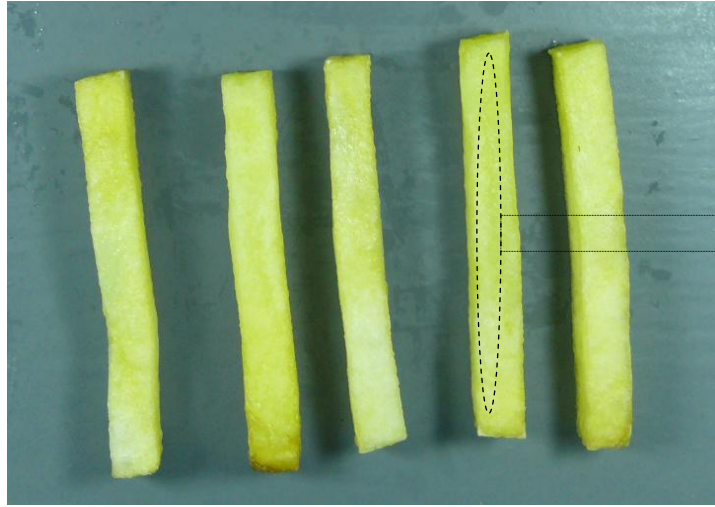
Şekil 3.5 te renk analizinde kullanılan düzenek gösterilmektedir. Patates dilimlerinin dijital görüntülerinin elde edilmesi amacıyla iç kısmı mat gri boya ile boyanmış bir kutu tasarlanmıştır. Örnekler, 6500 °C renk sıcaklığına sahip (Philips, Natural Daylight, 18W) floresan lamba ile aydınlatılmıştır. Floresan lambalar kutunun yan duvarlarına örnekten yaklaşık 25 cm uzaklığa, 45° açıyla yerleştirilmiştir. Dijital renk analiz sisteminde kullanılan dijital fotoğraf makinesi (Panasonic, DMCFZ50EGS, max 10 mega piksel, Japan) ile örnek arasındaki mesafe sabit tutularak, beş örneğe ait dijital görüntüler 1600 × 1200 çözünürlükte elde edilmiştir. Parmak patateslerin dijital renk analizi Matlab dilinde yazılmış Ek 1 de verilmiş olan algoritma [22] yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümü CIELab ($L^*a^*b^*$) formatında ifade edilmiştir. Patates dilimlerinde meydana gelen renk değişimi, toplam renk değişimi (ΔE) belirlenerek gerçekleştirilmiştir. ΔE değeri, eşitlik (1) kullanılarak belirlenmiştir.

$$\Delta E = ((L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2)^{1/2} \quad (1)$$

Bu eşitlikte L^* , a^* , b^* değerleri kızartma işlemi uygulanan, L_0^* , a_0^* , b_0^* kızartma işlemi uygulanmayan dondurulmuş patates dilimlerinin renk değerlerini göstermektedir [61].



Matlab Dijital İmaj Analizi



$L^*a^*b^*$ değerleri

Şekil 3.5. Dijital imaj analiz sistemi

3.2.4.5. İstatistiksel Analiz

Üç kızartma sıcaklığı için kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olup olmadığının belirlenmesi amacıyla Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2007) programı kullanılarak t testi ($\alpha=0,05$) uygulanmıştır. P değerinin 0,05 ten küçük olması aradaki farkın önemli olduğunu göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Çözdürme İşlemi

Başlangıç sıcaklıkları yaklaşık $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan patates dilimlerine 3 dk mikrodalga ile çözdürme işlemi uygulanarak homojen çözünme sağlanmıştır. Homojen çözünme yığın içerisindeki patates dilimlerinin kızartma işleminden sonra kalite özelliklerinin aynı olması açısından önemlidir. Çözünmenin homojen olması için döner tablalı mikrodalga fırın kullanılmıştır. Döner tabla, mikrodalga ile ısıtma sırasında ürün içerisindeki sıcaklık dağılımının homojen olmasını sağlamaktadır [58]. Ancak döner tablalı mikrodalga fırında sıcaklığın sürekli olarak ölçülmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle çözdürme işlemi sonunda dilimlerin üst kısmına ısı çift batırılarak sıcaklıklar ölçülmüştür. Bu sıcaklıkların en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri Çizelge 4.1 de verilmiştir. Yapılan ölçümlerin sonucunda çözünmenin oldukça homojen olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1 Mikrodalga ile çözdürme işlemi sonucunda ulaşılan sıcaklık değerleri

En düşük ($^{\circ}\text{C}$)	En yüksek($^{\circ}\text{C}$)	Ortalama
-0,7	0,5	$-0,4 \pm 0,4$
-1,2	-0,1	$-0,8 \pm 0,4$
-0,9	0,8	$-0,4 \pm 0,5$

4.2. Kızartma Süresi

170, 180, 190 $^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 3 dk mikrodalga ön çözdürme işlemi uygulanan örnekler için duyuşal olarak yapılan analiz sonucunda istenilen renk ve tekstür kontrole göre daha düşük kızartma süresinde elde edilmiştir. Duyusal özellikler, çıtır kabuk ve tamamı pişmiş yumuşak iç kısım oluşumu olarak değerlendirilmiştir. Kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan parmak patateslere uygulanan kızartma işlem süreleri Çizelge 4.2 de gösterilmektedir. Erdoğan ve ark. [37] yaptıkları çalışmada, mikrodalga ön pişirme işlemi uygulanan ve uygulanmayan patates dilimlerine yapılan duyuşal analiz sonucunda mikrodalga ön işlem süresi

artıkça kızartma süresinin azaldığını rapor etmişlerdir. Ön-çözdürme uygulanmayan örneklerde yağdan olan ısı transferi öncelikle patates dilimi içerisindeki buz kristallerinin çözünmesi için kullanılmakta daha sonra dilimin sıcaklığında artış ve buharlaşma gerçekleşmektedir. Bu nedenle kızartma süresinin daha uzun olduğu düşünülmektedir.

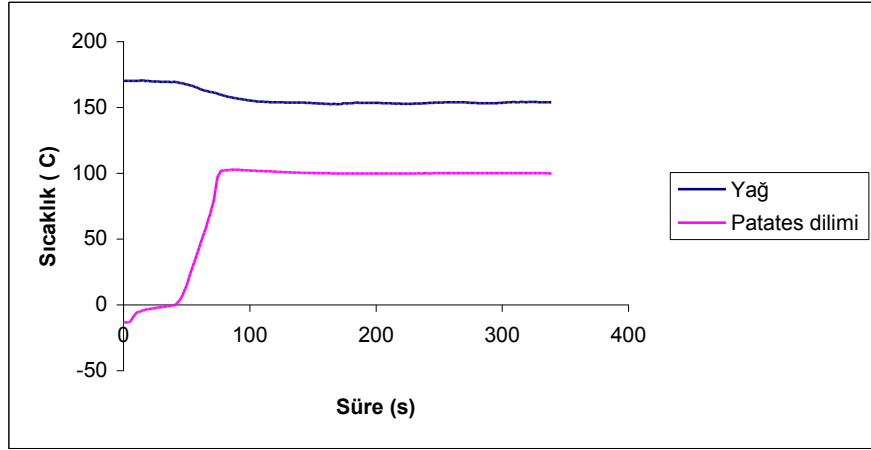
Çizelge 4.2 Kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örneklere uygulanan kızartma süresi (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

Sıcaklık (°C)	Kızartma Süresi (dk)	
	Kontrol	MD*
170	5,5	3,5
180	4,5	3
190	3,5	2,5

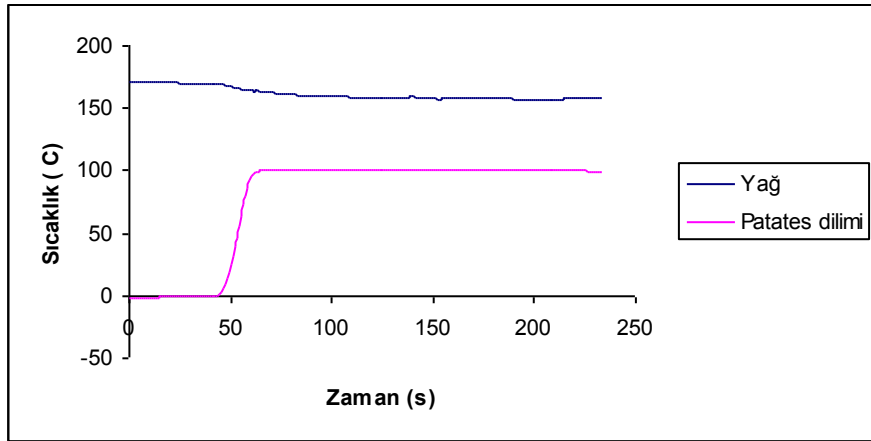
4.2.1. Kızartma İşlemi Sırasında Sıcaklık Değişimi

170, 180, 190 °C’de yapılan kızartma deneyleri sırasında kontrol ile mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklığındaki değişim Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6 da görülmektedir. 180 ve 190 °C’de uygulanan kızartma işlemi sırasında mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin sıcaklığının 0 °C’ye ulaştığı sürenin kontrol örneklerine göre oldukça kısa olduğu görülmektedir. 170 °C’de uygulanan kızartma işlemi sırasında bu sürenin mikrodalga ile ön-işlem uygulanan örnekler ve kontrol örnekleri için aynı olduğu belirlenmiştir. Kızartma işlemi sırasında dilime giren enerji öncelikle buz kristallerinin ısınmasını (buzun özgül ısısı, c_p : 1,95 kJ/ kgK) , daha sonra faz değiştirmesini (buzun erime gizli ısısı, λ : 334 kJ/kg) sağlamakta ve sonra dilimin sıcaklığında suyun kaynama sıcaklığına (103-104 °C) kadar hızlı bir artış gözlenmektedir. 180 ve 190 °C kızartma sıcaklığında sıcak yağdan dilime giren enerji miktarının yüksek olması nedeniyle 170 °C’ye göre dilimlerin sıcaklığı daha kısa sürede 0 °C ye ulaşmaktadır. Her üç sıcaklıkta dilim sıcaklığının 100 °C’nin üzerine çıkmasından sonra kızartma süresi mikrodalga ile ön-çözdürme uygulanan

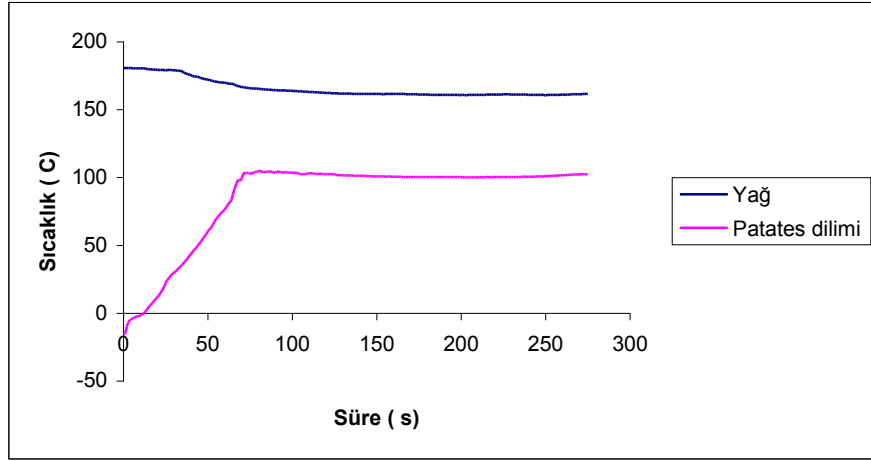
örnekler için çok daha kısa olduğu için, bu dilimler bu sıcaklıkta daha kısa süre kalmaktadırlar.



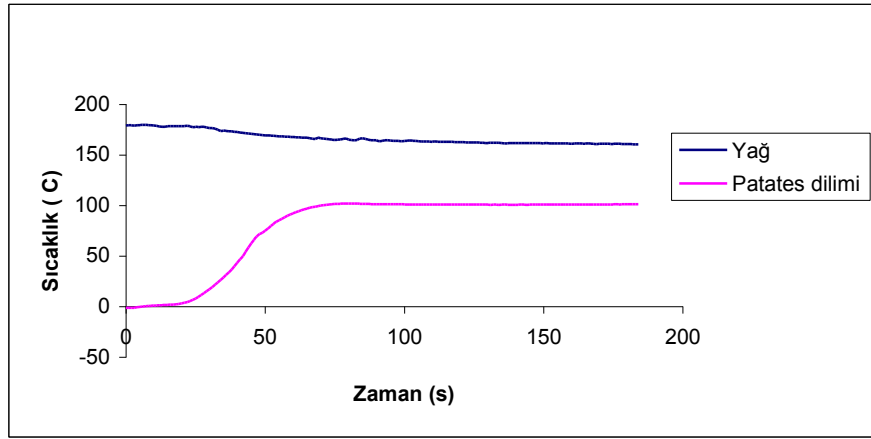
Şekil 4.1. 170 °C'de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi



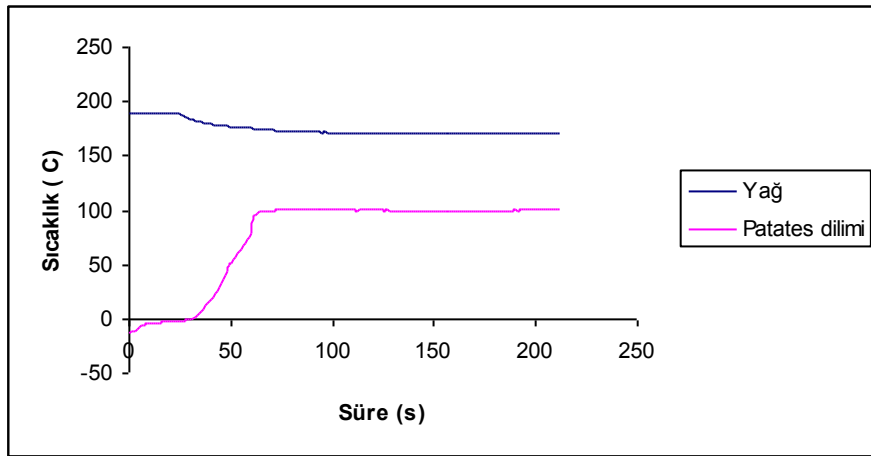
Şekil 4.2. 170 °C'de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklerle uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi



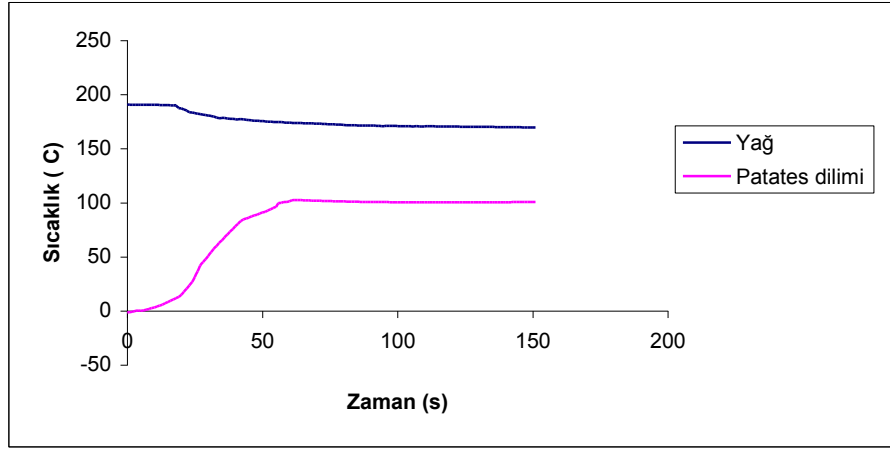
Şekil 4.3. 180 °C'de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi



Şekil 4.4. 180 °C'de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklerle uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi



Şekil 4.5. 190 °C'de kontrol örneklerine uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi



Şekil 4.6. 190 °C’de mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklerle uygulanan kızartma işlemi sırasında patates diliminin ve kızartma yağının sıcaklık değişimi

4.3. Akrilamid İçeriği

Kullanılan patatesin toplam indirgen şeker miktarı $0,45 \pm 0,02$ g/kg (yaş temelde), asparajın içeriği $0,74 \pm 0,02$ g/kg (yaş temelde) olarak belirlenmiştir. Biedermann-Brem ve ark. [62], kızartma için kullanılacak patatesten en yüksek şeker içeriğinin 1 g/kg (yaş temelde) olması gerektiğini belirtmişlerdir. İndirgen şeker içeriğinin akrilamid oluşumunda sınırlayıcı faktör olduğu belirlenmiştir [41,42]. Bu çalışmada kullanılan patatesin indirgen şeker içeriği düşük olduğu için oluşan akrilamid miktarı oldukça düşüktür.

Mikrodalga ile 3 dk çözdürülen kızartma işlemi uygulanmayan patates dilimlerinde akrilamid oluşumu gözlenmemiştir. Kontrol grubunda 170 °C’de akrilamid oluşumunun diğer sıcaklıklara göre oldukça az olduğu görülmektedir. Herhangi bir sıcaklıkta kızartma sırasında yağdan olan ısı transferi, dilimin iç enerjisini artırarak yüzey sıcaklığının suyun kaynama sıcaklığının (103-104 °C) üzerine çıkmasını sağlar ve bu noktadan sonra enerjinin önemli bir kısmı buharlaşma için kullanılır. Gökmen ve ark. [38], düşük yağ sıcaklığında patates dilimine giren enerjinin sınırlandığını ve yüzey sıcaklığının 120 °C’nin üzerine çıkması için gerekli kızartma süresinin arttığını belirtmişlerdir. Akrilamid oluşumunun 120 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiği ve büyük oranda yüzey ve yüzeye yakın bölgelerde olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada 190 °C’de 3 dk uygulanan

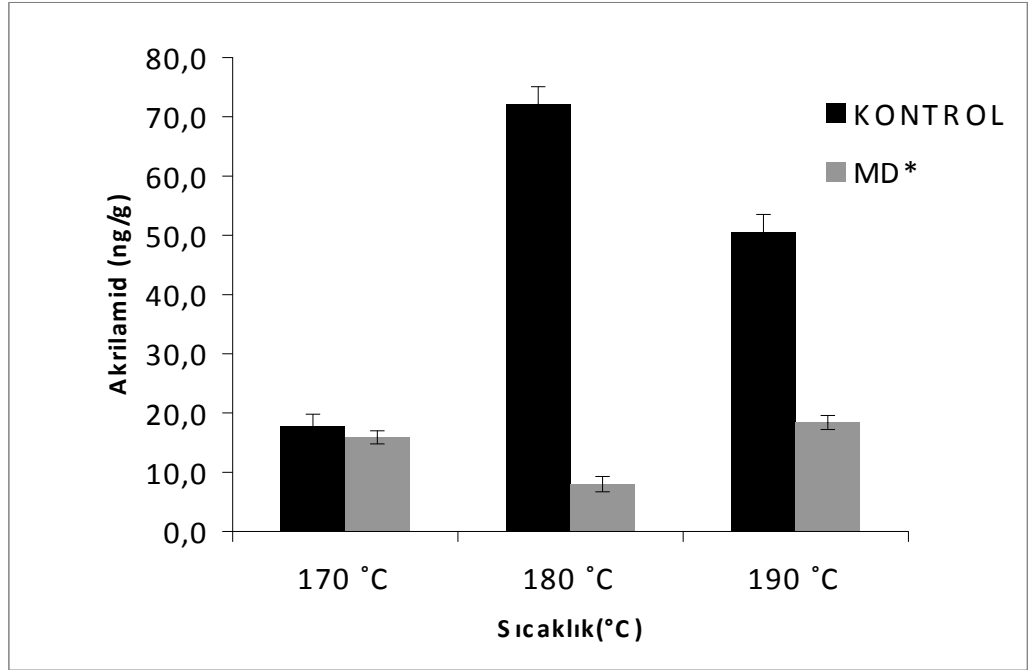
kızartma işlemi ile 150 °C’de 9 dk uygulanan kızartma işlemine göre 40 kat kadar fazla akrilamid oluştuğu görülmektedir. Düşük yağ sıcaklığında yüzey sıcaklığının 120 °C’yi geçmesi için gerekli sürenin artması nedeniyle, 170 °C’de uygulanan kızartma süresi ile az miktarda akrilamid oluşumu görülmüş olabilir.

Yapılan çalışmalarda [37, 38, 41, 45] yağ sıcaklığı ve kızartma süresi arttıkça akrilamid miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada sıcaklık ve sürenin artışıyla akrilamid miktarında doğrusal bir artış olmadığı gözlenmektedir. Akrilamid oluşumu, kızartma süresinin sonuna doğru uygun koşulların (yüksek sıcaklık, düşük nem) oluşması ile önemli düzeyde artış göstermektedir. Kontrol grubunda 190 °C’de akrilamid miktarının 180 °C’ye göre düşük olması ve mikrodalga ön işlem uygulanan örneklerde 180 °C’de, diğer iki sıcaklığa göre akrilamid oluşumunun az olması, kızartma sıcaklığı ve süresi kombinasyonunun akrilamid oluşumu için uygun olmamasından kaynaklanmış olabilir. Maathaus ve ark. [45], 175 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda akrilamid oluşumunun önemli düzeyde artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Yüksek sıcaklıklarda patates dilimine yağdan aktarılan enerji çok yüksek olduğu için kuruma daha çabuk gerçekleşmektedir. Bu nedenle kızartmanın erken aşamalarında yüksek sıcaklık ve düşük nem koşulları meydana gelmektedir. Bu nedenle 180 ve 190 °C’de akrilamid oluşumunun daha fazla olduğu görülmektedir. Ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimine 180 °C’de uygulanan kızartma işleminde 170 °C’ye göre düşük miktarda akrilamid oluşumunun gerçekleştiği görülmektedir. Bu sıcaklıkta uygulanan kızartma süresinin akrilamid oluşumu için gerekli olan nem ve sıcaklık koşullarının meydana gelmesi için kısa olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Üç kızartma sıcaklığı için mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerde kontrol örneklerine oranla daha az akrilamid oluştuğu görülmüştür. Mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimlerinde 170, 180, 190 °C’de uygulanan kızartma işlemi sonucunda akrilamid oluşumunun % 10, % 89, % 64 daha az olduğu görülmüştür. Kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerde oluşan akrilamid miktarları Şekil 4.1 de gösterilmiştir. Erdoğan ve ark. [37] yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar bulmuşlardır. Mikrodalga ile ön-pişirme

uygulaması ile kızartma sırasında patates diliminin yüzey sıcaklığının daha düşük olduğu görülmüştür. Ön-piştirme işlemi ile, patatesin yapısının değişmesi sonucunda patates dilimin kütle transferine direnci azalmaktadır. Bu nedenle yağdan patates dilimine aktarılan enerji daha fazla olmakta ve iç kısımdan daha fazla suyun buharlaşması dilimin yüzey sıcaklığındaki artışı önlemektedir. Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimlerinde de kontrole göre akrilamid miktarında görülen azalmanın bu nedenle olduğu düşünülmektedir.

170, 180, 190 °C’de kontrol ve mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklerin kızartma işlemi sırasındaki sıcaklık profilleri incelendiğinde (Bölüm 4.2.1), dilim sıcaklığının 100 °C nin üzerine çıkmasından sonra kızartma süresinin mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler için daha kısa olduğu görülmektedir. Bu durum mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerde akrilamid oluşumunu sınırlamaktadır. 170 °C’de, mikrodalga ile ön-çözdürme uygulanan örneklerin akrilamid içeriğinde kontrol örneğine göre % 10’luk bir azalma olduğu görülmüştür. Akrilamid oluşumu 170 °C’nin üzerindeki sıcaklıklarda hızla artış göstermektedir. Bu nedenle bu sıcaklıkta kontrol örneği için daha uzun olan kızartma süresinin akrilamid miktarında önemli bir fark yaratmadığı söylenebilir. En düşük düzeyde akrilamid oluşumu, mikrodalga ön-çözdürme uygulanan patates dilimlerine uygulanan 180 °C’de 3 dk kızartma işlemi sonucunda gözlemlenmiştir. 180 °C’de mikrodalga ön işlem uygulanan örneklerde akrilamid oluşumunun artış gösterdiği aşamaya 190 °C’den daha uzun sürede gelinmesi nedeniyle daha düşük akrilamid oluşumu gözlenmiş olabilir. Bu miktarın 170 °C’de oluşan akrilamid miktarından düşük olması, akrilamid oluşumunun sadece sıcaklığın değil sıcaklık ve aynı zamanda sürenin de bir fonksiyonu olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. 180 °C’de akrilamid oluşumunun oldukça düşük olmasının nedeni uygulanan kızartma süresinin kısa olması olarak düşünülmektedir.



Şekil 4.7. Kontrol ve mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin akrilamid içeriği (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

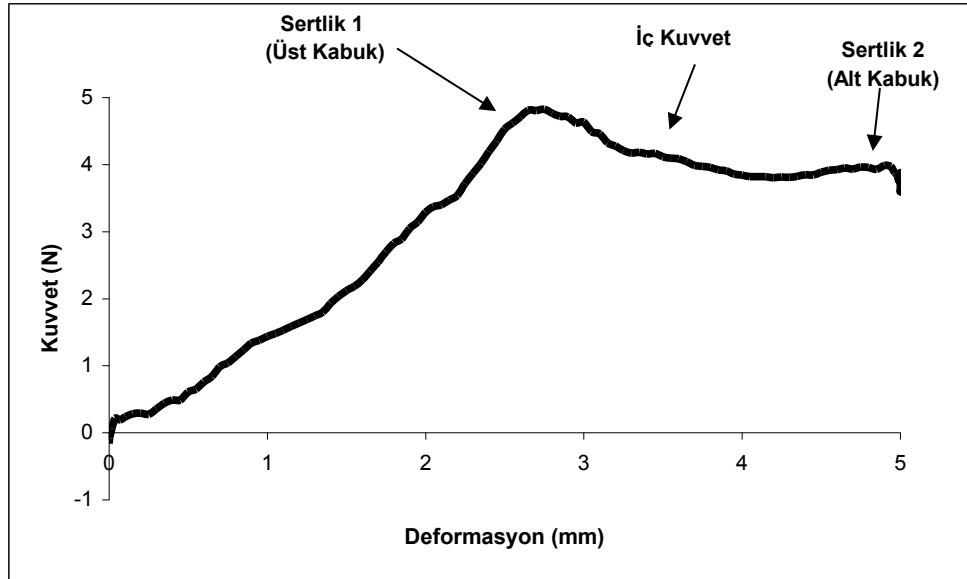
4.4. Tekstür Analizi

Tekstür deneyleri sonucunda kontrol örnekleri ile mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin F_{max} değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$). Yapılan çalışmada elde edilen tipik tekstür grafiği Şekil 4.2 de gösterildiği gibidir ve F_{max} değerleri Çizelge 4.3 de gösterilmektedir. Mikrodalga ile ön çözdürme işlemi ile kontrol örnekleriyle benzer kabuk sertliğine sahip patates dilimleri elde edilmiştir. Probuun parmak patates yüzeyine temas etmesiyle kuvvet artış göstermekte, kabuğun kırılmasıyla kuvvette önemli bir azalma meydana gelmektedir. Bu azalmadan sonra parmak patatesin iç kısmı probun ilerlemesine direnç göstermekte ve bu sırada kuvvette yine artış olduğu gözlemlenmektedir. Kullanılan yöntemde üst prob üst ön dişleri, alt prob alt ön dişleri temsil etmektedir. Eğride görülen birinci pik üst kabuğun, ikinci pik alt kabuğun kırıldığı andaki kuvvet değerlerini göstermektedir. F_{max} , parmak patatesin üst kabuğunun kırıldığı andaki kuvvet (kuvvette ilk önemli azalmanın görüldüğü, sertlik 1) değeridir. Şekil 2.1 de gösterilen tipik eğrinin elde edilememesinin nedeni, üst ve alt kabuğun kırıldığı kuvvet değerlerinin belirlenmesidir. Bunger ve ark. [15], dondurulmuş parmak patates kullandıkları çalışmalarında bu yöntem ile benzer tekstür grafiği elde

etmişlerdir. Sanz ve ark. [12] nın 180 °C’de 5 dk uygulanan kızartma işlemi sonucunda elde ettikleri F_{max} değeri yaklaşık 3 N dur. Bu çalışmada, aynı yöntemle hazırlanan dondurulmuş patates dilimine 180 °C’de 4,5 dk kızartma işlemi uygulanmıştır ve elde edilen F_{max} değerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Moreira ve ark. [11] F_{max} değerini sertlik, Sanz ve ark. [12] çıtırılık olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada F_{max} değeri sertlikle ilişkilendirilmiştir.

Çizelge 4.3 Kızartma sonrasında kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler için F_{max} değerleri (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

Sıcaklık (°C)	F_{max} (N)		
	Kontrol	MD*	p ($\alpha=0,05$)
170	4,56 ± 1,68	4,1 ± 1,16	0,64
180	3,22 ± 1,35	3,7 ± 0,97	0,54
190	3,44 ± 1,03	3,5 ± 0,80	0,90



Şekil 4.8. Tekstür deneylerinde elde edilen tipik kuvvet-deformasyon eğrisi

4.5. Renk Analizi

Mikrodalga ile ön-çözdürme işleminin parmak patatesin rengi üzerine etkisini belirlemek amacı ile dijital imaj analizi ile elde edilen L^* , a^* , b^* değerleri Çizelge 4.4 te gösterilmektedir. 170 °C kızartma sıcaklığında, mikrodalga ile ön-çözdürme

işlemi uygulanan patates dilimleri ile kontrol örneklerinin yalnızca a^* değerleri arasındaki farkın önemli olduğu söylenebilir ($p < 0,05$). 180 °C kızartma sıcaklığında, mikrodalga çözdürme ön-işlemi uygulanan patates dilimleri ile kontrol örnekleri arasındaki fark a^* değerleri için önemsiz ($p > 0,05$), L^* ve b^* değerleri arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. 190 °C kızartma sıcaklığında ise , mikrodalga çözdürme ön-işlemi uygulanan patates dilimleri ile kontrol örneklerinin b^* değerleri arasındaki fark önemli iken ($p < 0,05$), L^* ve a^* değerleri arasındaki farkların önemsiz ($p > 0,05$) olduğu görülmektedir.

Kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerde meydana gelen toplam renk değişimi değerleri (ΔE) Çizelge 4.5 te görüldüğü gibidir. 170 ve 180 °C kızartma sıcaklığında kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin ΔE değerleri arasındaki fark önemsiz iken ($p > 0,05$), 190 °C’de bu farkın önemli düzeyde ($p < 0,05$) olduğu görülmektedir. Çizelge 4.5 teki p değerleri incelendiğinde, kızartma yağı sıcaklığı arttıkça kontrol ve mikrodalga ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin kızartma sonrası ulaştıkları yüzey renkleri arasındaki farkın daha önemli düzeye geldiği söylenebilir. Şekil 4.9 ve 4.10 da kontrol ve mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan patates dilimlerinin 180 °C’de uygulanan kızartma işlemi sonucundaki renkleri görsel olarak gösterilmektedir. Şekil 4.9 ve 4.10 karşılaştırıldığında kontrol örneklerinin renginin mikrodalga çözdürme ön işlemi uygulanan örneklere göre daha koyu olduğu görülmektedir. 180 °C’de kızartma işlemi sonucunda istatistiksel açıdan önemli olmamasına rağmen, kontrol örneklerinin ΔE değerinin mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimlerinin ΔE değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kontrol örneklerinde meydana gelen renk değişiminin daha fazla olduğunu ve bu örneklerin daha koyu renkli olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışmalarda [21, 27] kızartma sıcaklığı ve süresi arttıkça L^* değerinde azalma, a^* ve b^* kromatik renk bileşenlerinde artış görüldüğü rapor edilmiştir. Bu çalışmada sıcaklık artışıyla renk bileşenlerinde belirgin bir azalma veya artma görülmemektedir. Renk, sıcaklık ve sürenin bir fonksiyonu olarak oluşmaktadır. Her üç sıcaklık için duyusal olarak belirlenen kızartma süreleri

belirlenirken parmak patatesin tekstürü değerlendirilmiştir. Bütün sürelerde rengin kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmüştür. Bu nedenle uygulanan sıcaklık ve süre kombinasyonlarında doğrusal artma veya azalma görülmediği düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda [26, 27], a^* renk bileşeninin pozitif (kırmızı) değerlerde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada her üç sıcaklıkta kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan patates dilimlerinin a^* bileşeni negatif (yeşil) değerdedir. Dijital imaj analiz sisteminde kullanılan kutunun iç kısmının gri renkli olmasının kameranın renkleri algılamasını etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Kızarmış patates ürünlerinde heterojen renk oluşması nedeniyle renk Matlab dijital imaj analizi ile belirlenmiştir. Patatesin kimyasal kompozisyonu heterojen renk oluşumuna neden olmaktadır [24]. Ancak farklı olan sadece kompozisyon değildir, aynı zamanda aynı sıcaklığa maruz kalan dilimin, farklı noktaları farklı sıcaklıklara ulaşmaktadırlar. Bu nedenle parmak patatesin köşe kısımlarında sıcaklık daha fazla yükseldiği için bu kısımların rengi daha koyu olmaktadır.

Çizelge 4.4. Kızartma sonrasında kontrol ve mikrodalga ile ön çözdürme işlemi uygulanan örnekler için $L^*a^*b^*$ değerleri (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

Sıcaklık (°C)		KONTROL	MD*	P ($\alpha=0,05$)
170	L^*	85,19 ± 1,76	86,38 ± 0,94	0,230
	a^*	-16,22 ± 0,60	-18,51 ± 1,52	0,025
	b^*	49,53 ± 5,57	45,74 ± 6,96	0,370
180	L^*	81,84 ± 1,67	85,50 ± 0,60	0,006
	a^*	-18,59 ± 0,62	-19,49 ± 1,03	0,140
	b^*	56,72 ± 4,26	47,57 ± 4,55	0,011
190	L^*	84,94 ± 0,96	83,51 ± 0,86	0,068
	a^*	-18,11 ± 0,82	-18,15 ± 1,00	0,950
	b^*	56,71 ± 0,54	41,79 ± 3,90	0,004

Çizelge 4.5. Kontrol ve mikrodalga ile çözdürme ön işlemi uygulanan patates dilimlerinin ΔE değerleri (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

Sıcaklık (°C)	ΔE		
	KONTROL	MD*	p ($\alpha=0,05$)
170	33,63 \pm 5,17	30,65 \pm 6,67	0,396
180	40,46 \pm 3,97	32,31 \pm 4,40	0,059
190	40,74 \pm 0,47	24,93 \pm 4,54	0,003



Şekil 4.9. 180 °C'de 4,5 dk kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri (kontrol)



Şekil 4.10. 180 °C'de 3 dk kızartma işlemi uygulanan patates dilimleri (mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

4.6. Yağ İçeriği

Farklı sıcaklıklarda kızartma işlemi uygulanan mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan ve kontrol örneklerine ait yağ içerikleri Çizelge 4.6 da gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre mikrodalga ön-çözdürme işlemi ile parmak patatesin önemli kalite özelliklerinden biri olan yağ içeriğindeki değişim önemli değildir ($p > 0,05$). Dondurulmuş parmak patatesin arzu edilen yağ içeriği en fazla % 10'dur [6]. Patates dilimlerinin yağ içeriğinin arzu edilen düzeyde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.6. Kontrol ve mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örneklerin yağ içeriği (* : Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi uygulanan örnekler)

Sıcaklık (°C)	Kontrol	MD*	p ($\alpha=0,05$)
170	11,19 ± 0,53	10,18 ± 1,03	0,23
180	11,46 ± 1,60	9,04 ± 0,39	0,11
190	10,36 ± 0,65	9,21 ± 0,68	0,10

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada dondurulmuş parmak patatese uygulanan mikrodalga ile ön-çözdürme işleminin akrilamid içeriğine etkisi belirlenmiştir. Aynı zamanda uygulanan ön işlemin parmak patatesin kalite özellikleri (renk, tekstür, yağ içeriği) üzerine etkisi araştırılmıştır.

Mikrodalga ile ön-çözdürme işlemi ile akrilamid içeriğinde önemli düzeyde azalma görülmüştür. Bu azalma 180 °C’de % 89, 190 °C’de % 64’tür. Fast food restoranlarında yapılan kızartma işlemi genel olarak 180 °C’de gerçekleştirilmektedir. Uygulanan ön işlem ile 180 °C sıcaklıkta akrilamid miktarında görülen % 89’luk azalma ayrıca bu nedenle önem taşımaktadır. Mikrodalga ön-çözdürme uygulanan patates dilimleri ile kontrol örnekleri arasında kalite özellikleri açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu nedenle uygulanan bu yöntemin fast food restoranlarında uygulanabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu amaçla fast food restoranlarında akrilamid içeriği düşük parmak patates üretimi için mikrodalga fırın ve kızartma ünitesinden oluşan kombine bir sistem tasarlanabilir. Aynı zamanda restoranlarda mevcut bulunan mikrodalga fırınlarla ön-çözdürme işlemi kolayca gerçekleştirilebilir. Bu amaçla ön-çözdürme işlemi uygulanacak parmak patates miktarına uygun çözdürme gücü ve çözdürme süresi belirlenmelidir. Bu iki parametre belirlendikten sonra da uygulanması gereken kızartma süresinin yapılacak deneylerle belirlenmesi gerekir.

5. KAYNAKLAR

- [1] <http://www.burgerking.com.tr/hakkimizda.asp> [Erişim Tarihi: 29.12.2007]
- [2] <http://www.mcdonalds.com.tr/McDonaldsInternational.asp?mainId=08subId=0#> [Erişim Tarihi:09.04.2009]
- [3] <http://www.mcdonalds.com.tr/McDonaldsTurkiye.asp?mainId=0&subId=1> [Erişim Tarihi: 09.04.2009]
- [4] Yıldız, A. “Patateslerin Kızartılması Sırasnda Isı Ve Ktle Transfer Parametrelerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Mersin, s. 3-6, (2005).
- [5] Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., Schömig, E. “Influence of Processing Parameters on Acrylamide Formation during Frying Potatoes”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**: 2735-2739, (2004).
- [6] Tajner-Czopek, A., Figiel, A., Carbonell-Barrachina A. “Effects of Potato Strip Size and Pre-drying Method on French Fries Quality”, *Eur Food Res Techno* **227**: 757-766, (2008).
- [7] Mottram, D. S., Wedzicha B. L., Dodson, A. T. “Acrylamide is formed in the Maillard Reaction”, *Nature*, **419**: 448, (2002).
- [8] <http://www.epa.gov> [Erişim Tarihi:27.12.2007]
- [9] <http://www.nytimes.com/2005/09/21/business/21chips.html?fta=y> [Erişim Tarihi: 15.01.2008]
- [10] Übeyitoğulları, F. “Hatay Yöresinde Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay, 1 s., (2005).
- [11] Miranda, M. L., Aguilera, J., M. “Structure and Texture Properties of Fried Potato Products”, *Food Reviews International*, **22**: 173-201, (2006).
- [12] Sanz, T., Primo-Martin, C., Vliet, T. “Characterization of Crispness of French Fries by Fracture and Acoustic Measurements, Effect of Pre-frying and Final Frying Times”, *Food Research International* **40**: 63-70, (2007).
- [13] Mosley, A. R. “Manufacture, Storage and Transport of Frozen French Fries”

- [14] Liu, E. Z., Scanlon, M. G. “Modeling the Effect of Blanching Conditions on Texture of Potato Strips”, *Journal of Food Engineering*, **81**: 292-297, (2007).
- [15] Bunger, A., Moyano, P., Rioseco, V. “NaCl Soaking Treatment for Improving the Quality of French-Fried Potatoes”, *Food Research International*, **36**: 161-166, (2003),
- [16] Pedreschi, F., Moyano, P. “Oil Uptake and Texture Development in Fried Potato Slices”, *Journal of Food Engineering*, **70**: 557-563, (2005).
- [17] Steffe, J. F. “Reological Methods in Food Process Engineering”, Freeman Press, USA, s.72-73, (1996).
- [18] Moyano, P. C., Troncoso, E., Pedreschi, F. “Modeling Texture Kinetics during Thermal Processing of Potato Products”, *Journal of Food Science*, **72**: 102-107, (2007).
- [19] Miranda, M. L., Aguilera J. M., Beriostain, C. I. “Limpness of Fried Potato Slabs during Post-Frying Period”, *Journal of Food Process Engineering* **28**: 265-281, (2005).
- [20] Tran, M. T. T. “Frying of Potato Crisps- an Investigation Aiming at Reduction Oil Content and Acrylamide Formation”, Doctor of Philosophy, University of Auckland Department of Chemical and Materials Engineering, New Zealand, s. 123, (2006).
- [21] Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., Rosa, D. M. “Effect of Frying Time on Acrylamide Content and Quality Aspects of French Fries”, *Eur Food Res Technol*, **226**: 555-560, (2008).
- [22] Gökmen, V., Süğüt, İ. “A Non-Contact Computer Vision Based Analysis of Color in Foods”, *International Journal of Food Engineering*, **3**: 1-13, (2007).
- [23] Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D., Moyano, P. “Development of a Computer Vision System to Measure the Color of Potato Chips” *Food Research International*, **39**: 1092-1098, (2006).
- [24] Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J. “Color Measurement in L*a*b* Units from RGB Digital Images”, *Food Research International*, **39**: 1084-1091, (2006).

- [25] Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. “Colour Changes during Deep Fat Frying”, *Journal of Food Engineering*, **48**: 219-225, (2001).
- [26] Gökmen, V., Şenyuva, H. Z., Dülek, B., Çetin, A. E. “ Computer Vision-Based Image Analysis for Estimation of Acrylamide Concentrations of Potato Chips and French Fries”, *Food Chemistry*, **101**: 791-798, (2007).
- [27] Pedreschi, F., Kaack, K., Grandby, K. “Acrylamide Content and Color Development in Fried Potato Strips”, *Food Research International*, **39**: 40-46, (2006).
- [28] Pedreschi, F., Moyano, P. “Oil Uptake and Texture Development in Fried Potato Slices”, *Journal of Food Engineering*, **70**: 557-563, (2005).
- [29] Lingnert, H., Griva, S., Jagerstad, M., Skog, K., Törmqvist, M., Aman P. “Acrylamide in Food: Mechanisms of Formation and Influencing Factors during Heating of Foods”, *Scandinavian Journal of Food&Nutrition*, **46(4)**: 159-172, (2002).
- [30] International Agency for Research on Cancer. “Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans” 60, 389 (Lyon: IARC). Some industrial chemicals,(1994).
Erişim: <http://193-51-164-11/htdocs/monographs/vol60/m60-11.htm>.UKFSA
- [31] Grivas, S., Jagerstad, M., Lingnert, H., Skog, K., Törnqvist, M., Aman, P. “Acrylamide in Food - Mechanisms of Formation and Influencing Factors During Heating of Foods”, Swedish Scientific Expert Committee, (2002).
- [32] Petersen, B. “Acrylamide: Formation, Exposure, Possible Reduction Strategies”, Presentations at the US FDA Food Advisory Committee Meetings (Dec 2002, Feb 2003)
- [33] <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>[Erişim Tarihi: 15.12.2007]
- [34] Hogervorst, J. G., Schouten, L. J., Konings, E. J.,Goldbohm, R. A., Brandt, P. A. “A Prospective Study of Dietary Acrylamide Intake and the Risk of Endometrial, Ovarian, and Breast Cancer”, *Cancer Epidemiol Biomarkers*, **16(11)**: 2704-2712, (2007).

- [35] Stadler, H. R., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert M., Riediker, S. "Acrylamide from Maillard Reaction Products", *Nature*, **419**: 449, (2002).
- [36] Köksel, H. "Karbonhidratlar", Saldamlı, İ. (ed) *Gıda Kimyası*, 1. Baskı, Hacettepe Üniversitesi Basımevi, Ankara, s.60, (1998).
- [37] Erdoğdu, S. B., Palazoğlu T. K., Gökmen V., Şenyuva H. Z., Ekiz H. İ. "Reduction of Acrylamide Formation in French Fries by Microwave Pre-cooking of Potato Strips", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **87**: 133-137, (2007).
- [38] Gökmen, V., Palazoğlu, T. K., Şenyuva, H. Z. "Relation between the Acrylamide Formation and Time-Temperature History of Surface and Core Regions of French Fries", *Journal of Food Engineering*, **77**: 972-976, (2006).
- [39] Claeys, W.L., De Vleeschouwer, K., Henrickx, M.E. "Quantifying the Formation of Carcinogens during Food Processing: Acrylamide", *Trends in Food Science and Technology*, **16(5)**:181–193, (2005).
- [40] Granda, C., Moreira, R. G., Tichy, S. E. "Reduction of Acrylamide Formation in Potato Chips by Low Temperature Vacuum Frying", *Food Engineering and Physical Properties*, **69(8)**: 405-411, (2004).
- [41] Williams, J. S. E. "Influence of Variety and Processing Conditions on Acrylamide Levels in Fried Potato Crisps", *Food Chemistry*, **90**: 875-881, (2005).
- [42] Serpen, A., Gökmen, V. "Evaluation of the Maillard Reaction in Potato Crisps by Acrylamide, Antioxidant Capacity and Color", *Journal of Food Composition and Analysis*, *In Press*.
- [43] Noti, A., Brem S. B., Biedermann, M., Grob, K., Albisser, P. and Realini, P. "Storage of Potatoes at Low Temperature Should Be Avoided to Prevent Increased Acrylamide Formation during Frying and Roasting", *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, **94**: 167-180, (2003).
- [44] Gökmen, V., Palazoğlu, T. K. "Measurement of Evaporated Acrylamide during Frying of Potatoes: Effects of Frying Conditions and Surface Area-to-Volume Ratio", *Journal of Food Engineering*, **93**: 172-176, (2009).

- [45] Matthaus, B., Haase, N. U., Vosmann, K. "Factors Affecting the Concentration of Acrylamide Deep-Fat Frying of Potatoes", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, **106**: 793-801, (2004).
- [46] Pedreschi, F., Kaack K., Grandby K. "Reduction of Acrylamide Formation in Potato Slices during Frying", *Lebensm.-Wiss. u-Technol.*, **37**: 679-685, (2004).
- [47] Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch T. R., Strothers, M. A., Rizzi G. P., Villagran, M. D. "Acrylamide Formation Mechanism in Heated Foods", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**: 4782-4787, (2003).
- [48] Pedreschi, F., Kaack, K., Grandby, K. "The Effect of Asparaginase on Acrylamide Formation in French Fries", *Food Chemistry*, **109**: 386-392, (2008).
- [49] Kim, T. C., Hwang E., Lee, H. J. "Reducing Acrylamide in Fried Snack Products by Adding Amino Acids", *Food Chemistry and Toxicology*, **70**: 354-358, (2005).
- [50] Granda, C., Moreira, R. G. "Kinetics of Acrylamide Formation during Traditional and Vacuum Frying of Potato Chips", *Journal of Food Process Engineering*, **28**: 478-493, (2005).
- [51] Palazoğlu, T. K., Gökmen, V. "Reduction of Acrylamide Level in French Fries by Employing a Temperature Program during Frying", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **56**: 6162-6166, (2008).
- [52] Yıldız, A., Palazoğlu, T. K., Erdoğan, F. "Determination of Heat and Mass Transfer Parameters during Frying of Potato Slices", *Journal of Food Engineering*, **79**: 11-17, (2007).
- [53] Hallström, B., Skjöldebrand, C., Tragardh, C. "Heat Transfer and Food Products", Elsevier Applied Science, London, (1988).
- [54] Alvis, A., Velez, C. Rada-Mendoza, M., Villamiel, M., Villada, H. S. "Heat Transfer Coefficient during Deep-Fat Frying", *Food Control*, **20**: 312-325, (2009).

- [55] Buffler, C: R. “Microwave Cooking and Processing”, avi, New York, s.56-77, (1992).
- [56] Guan, D., Cheng, M., Wang, Y., Tang, J. “Dielectric Properties of Mashed Potatoes Relevant to Microwave and Radio-Frequency Pasteurization and Sterilization Processes”, *Food Engineering and Physical Properties*, **69**: 30-37, (2004).
- [57] Fellows, P. J. “Food Processing Technology”, Ellis Horwood Limited, England, 348s., (1990).
- [58] Geedipalli, Rakesh, V., Data, A. K. “Modeling the Heating Uniformity Contributed by a Rotating Turntable in Microwave Ovens”, *Journal of Food Engineering*, **82**: 359-368, (2007).
- [59] Gökmen V., Morales F. J.,Ataç B., Serpen A., Lorenzo G. A. “Multiple-stage extraction strategy for the determination of acrylamide in foods”, *Journal of Food Composition and Analysis*, **22**: 142-147, (2009).
- [60] AOAC., *Official Methods of Analytical Chemist* (5th. ed.), Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist, (1995).
- [61] Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D., Moyano, P., Pedreschi, R., Kaack, K., Grandby, K. “Color development and acrylamide content of pre-dried potato chips” *Journal of Food Engineering*, **79**: 786–793, (2007).
- [62] Biederman-Brem, S., Noti, A., Grob, K., Imhof, D., Bazzoco, D., Pfefferle, A. “How Much Reducing Sugar May Potatoes Contain to Avoid Excessive Acrylamide Formation during Roasting and Baking?”, *Eur Food Res Technol*, **217**: 369–373, (2003).

ÖZGEÇMİŞ

SEZİN TUTA

KİŞİSEL BİLGİLER: **Doğum Yeri:** Akhisar
Doğum Tarihi: 22.09.1984
Medeni Durumu: Bekar

EĞİTİM DURUMU: Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans (2006-)

Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Lisans (2002- 2006)

GÖREVLERİ: Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü
Araştırma Görevlisi (Kasım 2006-)

YABANCI DİL: İngilizce

YAYINLAR

Tuta, S., Palazoğlu, T. K., Gökmen, V., “Effect of Microwave Pre-Thawing of Frozen Potato Strips on Acrylamide Level and Quality of French Fries”
Journal of Food Engineering (*İnceleme*).

Tuta, S., Erdoğan, F., Palazoğlu, T. K., ”Kütle Transfer Katsayısının Belirlenmesi Amacıyla Lumped Sistem Metodunun Uygulanması” , 8-10 Kasım, Gıda Kongresi 2007, Ankara (*poster sunum*).

EKLER

Ek-1.

Dijital renk analizinde kullanılan MatLab algoritması aşağıda verilmiştir.

```
RGB=imread('image_filename.JPG');
RGB2=im2double(RGB);
Z=roipoly(RGB)
[d1,d2]=size(Z)
c=0;
L=[];
for a=1:d1
for b=1:d2
if Z(a,b)==1
n=1;
c=c+1
L(n,c)=a;
n=2;
L(n,c)=b;
n=2
end
end
end
cform=makecform('srgb2lab');
lab=applycform(RGB2,cform);
P=[];
for n=1:c
P(n,:)=impixel(lab,L(2*n),L(2*n-1));
end
roil=[];roia=[];roib=[];
sum_l=0;sum_a=0;sum_b=0;
for n=1:c
sum_l=sum_l+P(n,1);
sum_a=sum_a+P(n,2);
sum_b=sum_b+P(n,3);
end
roil=sum_l/c;
roia=sum_a/c;
roib=sum_b/c;
Lab_value=[roil roia roib]
```