

**KISMİ KIZARTMA ve RADYO FREKANSI
YÖNTEMİ İLE SON KURUTMA YAPILARAK
PATATES CİPSİ ÜRETİMİ**

ESRA KOKLAMAZ

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ANA BİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Danışman
Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU**

**MERSİN
NİSAN – 2013**

Esra KOKLAMAZ tarafından Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU danışmanlığında hazırlanan "Kısmi Kızartma ve Radyo Frekansı Yöntemi İle Son Kurutma Yapılarak Patates Cipsi Üretimi" başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU

Prof. Dr. Hacı İbrahim EKİZ

Prof. Dr. Serdar ÖZTEKİN

Doç.Dr. Osman KOLA

Yrd.Doç.Dr. Salih AKSAY

İmza






Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.06.2013 tarih ve 2013.12.../380... sayılı kararıyla onaylanmıştır.


Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN
Enstitü Müdürü


Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

KİSMİ KIZARTMA ve RADYO FREKANSI YÖNTEMİ İLE SON KURUTMA YAPILARAK PATATES CİPSİ ÜRETİMİ

Esra KOKLAMAZ

ÖZ

Bu çalışmada, kısmen kızartılmış patates dilimlerine uygulanan radyo frekansı (RF) kurutma işleminin son ürünün akrilamid içeriği, yağ içeriği, tekstür ve rengi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kontrol örneği, patates dilimlerinin 180 °C'deki yağda 110 s kızartılması ile elde edilmiştir. 80 ve 95 s kızartılan örnekler ise kontrol örneği ile aynı nem içeriğine (ağırlıkça %2) ulaşıncaya kadar 27.12 MHz RF tünel fırında kurutulmuştur. Deneysel sonuçları daha iyi açıklayabilmek amacı ile RF-kurutma sırasında patates dilimlerinin sıcaklığı izlenmiştir. Patates cipsi örneklerinde akrilamid analizi LC-MS, yağ analizi ise Soxhlet yöntemi ile yapılmıştır. Tekstür ölçümünde Texture Analyzer cihazı, renk ölçümünde dijital görüntü analizi yöntemi kullanılmıştır. Sonuçlar, kısmen kızartılmış patates dilimlerinin RF fırında kurutulması ile elde edilen patates cipsi örneklerinin kontrol örneğine oranla daha az akrilamid içerdiğini göstermiştir (kontrol örneği 80.4 ng/g, 95 s kızartma işleminden sonra RF kurutma uygulanan örnek 59.4 ng/g, 80 s kızartma işleminden sonra RF kurutma uygulanan örnek 54.8 ng/g). Yağ içeriğinde ise kontrol örneğine göre %12 oranında bir azalma kaydedilmiştir (80 s kızartma + RF kurutma örneği için). Duyusal analiz sonuçlarına göre örnekler arasında renk, sertlik, çıtırlık ve tat açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Aletsel renk ölçümü, RF-kurutma uygulanan örneklerin kontrol örneğine kıyasla daha az esmer olduklarını göstermiştir. Kontrol örneğinin aletsel sertlik değerinin, RF-kurutma uygulanan örneklere göre daha yüksek olmasına karşın örneklerin çıtırlıkları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Patates cipsi, akrilamid, yağ içeriği, kızartma, radyo frekansı kurutma

Danışman: Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU, Mersin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

POTATO CHIP MANUFACTURING BY PARTIAL FRYING AND RADIO FREQUENCY POST-DRYING

Esra KOKLAMAZ

ABSTRACT

Effect of radio frequency (RF) post-drying of partially-fried potato slices on acrylamide content, fat content, texture and color of the final product was investigated in this study. Control samples were prepared by frying potato slices in hot oil at 180 °C for 110 s. Potato slices partially-fried for 80 and 95 seconds were post-dried in a 27.12 MHz RF tunnel oven until attainment of the moisture content of control samples (2% by weight). Temperatures of potato slices were monitored during RF post-drying to better explain the results. Potato chips were analyzed for acrylamide content using an LC-MS method and for fat content by Soxhlet method. Texture measurements were performed using a Texture Analyzer, while digital image analysis was used for color measurement. The results showed that RF post-drying of partially-fried potato slices resulted in lower acrylamide levels (80.4 ng/g for control samples, 59.4 ng/g upon RF post-drying of potato slices partially-fried for 95 s, 54.8 ng/g upon RF post-drying of potato slices partially-fried for 80 s). Reduction in fat content in comparison to that of control was found to be 12% (80 s frying + RF post-drying). Sensory evaluation of samples showed no significant difference between their color, hardness, crispness and flavor. According to instrumental analysis results, RF post-dried samples had a slightly lower degree of browning in comparison to control. Although control sample was found to be harder than RF-post dried samples, there was no significant difference between them in terms of crispness.

Key Words: Potato chips, acrylamide, fat content, frying, radio frequency drying

Advisor: Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU, Department of Food Engineering, Mersin University

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasındaki her aşamada büyük emeği, yardımı ve katkısı bulunan; bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren kıymetli akıl hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Tunç Koray PALAZOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın yürütülmesindeki katkılarından dolayı Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Vural GÖKMEN'e ve yüksek lisans öğrencisi Tolgahan KOCADAĞLI'ya teşekkür ederim.

Aldığım eğitimdeki eşsiz katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU'ya teşekkür ederim.

Yardımlarından dolayı Arş. Gör. Sezin TUTA'ya ve ilgisini hiç esirgemeyen Arş. Gör. Özge ERDOHAN'a teşekkür ederim.

Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ve tez çalışmamda kullandığım cihazların teminindeki katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Çalışmanın yürütüldüğü süreç boyunca manevi ve motive edici desteğini, bana duyduğu güveni ve gösterdiği sabrı her an hissettiğim Yasin ŞIK'a sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olduklarını hissettiğim canım anneme, babama ve biricik kız kardeşime, bu tezin hazırlanmasındaki öncelikli vesile oldukları için sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	3
2.1. PATATES.....	3
2.1.1. Patates Cipsi Üretimi.....	5
2.1.1.1. Hammadde Alımı ve Boyutlandırma.....	6
2.1.1.2. Ayıklama.....	6
2.1.1.3. Soyma.....	7
2.1.1.4. Yıkama-Boylama.....	8
2.1.1.5. Dilimleme-Patates Dilimlerinin Yıkanması.....	8
2.1.1.6. Kurutma ve/veya Kızartma.....	8
2.1.1.7. Cipslerin Kalite Kontrolü.....	9
2.1.1.8. Tuzlama/Çeşnilendirme.....	9
2.1.1.9. Paketleme.....	9
2.1.1.10. Depolama.....	10
2.1.2. Patates Cipsinin Kalite Özellikleri.....	10
2.1.2.1. Tekstür.....	10
2.1.2.2. Renk.....	12
2.1.2.3. Yağ İçeriği.....	14
2.2. AKRİLAMİD.....	16
2.2.1. Akrlamid Oluşum Mekanizması.....	18
2.2.2. Akrlamid Oluşumuna Etki Eden Faktörler.....	20
2.2.2.1. Patatesin Asparajin ve İndirgen Şeker İçeriği.....	20
2.2.2.2. Dilim Kalınlığı.....	21
2.2.2.3. İşlem Süresi-Sıcaklığı.....	22
2.2.3. Kızarmış Patates Ürünlerinde Akrlamid Oluşumunu Azaltmaya Yönelik Çalışmalar.....	23

2.3. RADYO FREKANSI ISITMA UYGULAMALARI	24
2.3.1. Radyo Frekans Enerjisi	24
2.3.1.1. Radyo Frekansısı Isıtmanın Temel Prensipleri	25
2.3.1.2. Radyo Frekansısı Enerjisi Isıtma Mekanizması	27
2.3.2. Radyo Frekansın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları.....	30
2.3.3. Radyo Frekansısı Son Kurutma	32
2.3.4. Radyo Frekansısı Son Kurutmaya Yönelik Çalışmalar	32
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
3.1. MATERYAL.....	34
3.1.1. Patates Dilimlerinin Hazırlanması	34
3.2. YÖNTEM.....	35
3.2.1. Kızartma İşlemi.....	35
3.2.2. RF Son Kurutma İşlemi	36
3.2.3. Çiğ Patatese Uygulanan Analizler	37
3.2.3.1. Asparajın Tayini.....	37
3.2.3.2. İndirgen Şeker Tayini.....	38
3.2.4. Patates Cipsine Uygulanan Analizler.....	39
3.2.4.1. LC-MS ile Akrilamid Tayini.....	39
3.2.4.2. Yağ Tayini.....	39
3.2.4.3. Tekstür Analizi.....	40
3.2.4.4. Nem Tayini.....	41
3.2.4.5. Renk Analizi.....	41
3.2.4.6. Duyusal Analiz.....	42
3.2.4.7. İstatistiksel Analiz.....	44
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	45
4.1. KIZARTMA SÜRESİ	45
4.2. RF SON KURUTMA İŞLEMİ	45
4.3. AKRİLAMİD İÇERİĞİ.....	50
4.4. YAĞ İÇERİĞİ.....	52
4.5. TEKSTÜR ANALİZİ.....	53
4.6. RENK ANALİZİ	55
4.7. DUYUSAL ANALİZ	59

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	61
EKLER.....	72
ÖZGEÇMİŞ ve ESERLER LİSTESİ.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Patates yumrusunun kimyasal bileşimi.....	3
Çizelge 2.2. Kişi başına patates cipsi tüketimi.....	5
Çizelge 2.3. Çeşitli gıdalara ait TÜBİTAK ve FDA akrilamid seviyesi verileri	17
Çizelge 4.1. Çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar ve nitelikleri.....	45
Çizelge 4.2. Kontrol örneklerinin ve RF son-kurutma uygulanan örneklerin yağ içeriği	53
Çizelge 4.3. Aletsel olarak elde edilen tekstür değerleri.....	54
Çizelge 4.4. Patates cipsi örneklerinin renk parametre değerleri.....	56
Çizelge 4.5. Duyusal analiz sonuçları	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. ABD'deki işlenmiş patates ürünleri.....	4
Şekil 2.2. Türkiye cips pazarı.....	5
Şekil 2.3. Cips üretim teknolojisi.....	7
Şekil 2.4. Patates cipsi örneğine ait tipik kuvvet-deformasyon eğrisi	11
Şekil 2.5. Lab renk uzayı.....	13
Şekil 2.6. Akrilamid	18
Şekil 2.7. RF ısıtma sistemlerinde kullanılacak elektrot tipleri	26
Şekil 2.8. İyonik yer değiştirme hareketi	27
Şekil 2.9. Dipolar moleküllerin değişen polarite sonucu gösterdiği bir uçtan diğerine dönme hareketi	27
Şekil 2.10. Mikrodalga ve radyo frekans ısıtma uygulamalarının prensibi	30
Şekil 3.1. Çalışmanın aşamaları	34
Şekil 3.2. Tel kızartma sepeti içerisindeki dilimler.....	35
Şekil 3.3. Kızartma ünitesi	36
Şekil 3.4. RF tünel fırın.....	37
Şekil 3.5. Cips kırılgenlik probu ve kırma testinin uygulanması.....	40
Şekil 3.6. Örneklerin dijital görüntülerinin elde edilmesi amacı ile kullanılan kontrollü ışık kabini.....	42
Şekil 3.7. Duyusal analiz test ortamı.....	44
Şekil 4.1. RF fırının elektrodları	46
Şekil 4.2. Tek tabaka ve yığın halinde RF fırına giren patates dilimleri	47
Şekil 4.3. Radyo frekansı ile homojen kurutmanın sağlanabilmesi için kullanılan plastik kasnak	47
Şekil 4.4. %15 nem değerine kadar kısmen kızartılan test örneğine RF-kurutma uygulamasının etkisi	48
Şekil 4.5. RF kurutma sırasında dilim sıcaklıklarını ölçmek için kullanılan fiber optik sıcaklık ölçüm düzeneği.....	49
Şekil 4.6. Yığın içerisine yerleştirilen fiber optik sıcaklık problemleri.....	49
Şekil 4.7. RF uygulaması sırasında yığın içerisinde iki farklı noktada elde edilen sıcaklık grafikleri.....	51
Şekil 4.8. Örneklerin akrilamid içeriği.....	52
Şekil 4.9. Örneklere ait tipik kuvvet-deformasyon eğrileri.....	55
Şekil 4.10. Örneklere ait renk analizi görüntüleri	58

SİMGELER ve KISALTMALAR

ρ : yoğunluk (kg/m^3)

C_p : özgül ısı (J/kgK)

ΔT : sıcaklık artışı ($^{\circ}\text{C}$)

Δt : süre (s)

f: frekans (Hz)

E: elektrik alan şiddeti (V/m)

ϵ' : dielektrik sabiti

ϵ'' : dielektrik kayıp faktörü

C: ışığın boşluktaki hızı (3×10^8 m/s)

1. GİRİŞ

Patates cipsi her yaştan tüketicinin sıklıkla tükettiği popüler bir üründür. Ancak cips ve parmak patates gibi kızarmış patates ürünleri insanlarda kanser riskini artırdığı yakın zamanda kanıtlanmış olan akrilamid yüksek miktarda içermekte ve potansiyel sağlık riski taşıyan gıdalar arasında değerlendirilmektedir. Bunun nedeni patatesin akrilamid öncül maddeleri olan asparajin ve indirgen şekerleri yüksek oranda içermesidir [Übeyitoğulları, 2005]. Yine patates cipsinin yüksek yağ içeriği (ağırlıkça % 35-45) nedeni ile obezite ve kalp-damar hastalıkları riskini artırdığı bilinmektedir [Garayo ve Moreira, 2002]. Bu nedenlerle patates cipsinin akrilamid ve yağ içeriğinin azaltılması büyük önem taşımaktadır.

Akrilamid ile ilgili literatürde bir çok çalışma yer almaktadır. Bu araştırmalara göre gıdaların indirgen şeker, serbest asparajin, pH, nem içeriği gibi özellikleri ve işleme koşulları (sıcaklık, süre vb.), içerdikleri akrilamid miktarını etkilemektedir. Kompozisyonu akrilamid oluşumu için doğal olarak elverişli olan patates bitkisinden parmak patates ve cips gibi ürünlerin üretimi sırasında oluşan akrilamid miktarının sınırlandırılabilmesi için işleme koşullarını değiştirmek alınabilecek önlemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda kızartma koşullarının akrilamid oluşumu üzerinde önemli etkisi olduğu ortaya konmuş, hatta kızartma sıcaklığının ve süresinin patatesin indirgen şeker içeriği ile birlikte akrilamid oluşumu açısından en önemli parametreler olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, akrilamidin yüksek sıcaklıkta (>120°C) ve düşük nem koşullarında asparajin ve indirgen şekerler (glukoz ve fruktoz) arasında gelişen Maillard reaksiyonu sonucunda oluştuğuna işaret etmektedir. FDA/CFSAN (2002) verilerine göre patates cipsleri 117-2762 µg/kg seviyelerinde akrilamid içermektedir.

Kızarmış patates ürünleri sadece yüksek akrilamid içerikleri nedeni ile değil, ayrıca yüksek yağ içerikleri (özellikle patates cipsi) nedeni ile de tüketici sağlığı açısından önem arz etmektedir. Genellikle ince patates dilimlerinin yenilebilir sıcak yağ içerisinde % 2 nem içeriğine kadar kızartılması ile elde edilen patates cipsi [Baumann ve Escher, 1995] ağırlıkça % 35-45 arasında yağ içermektedir [Garayo ve Moreira, 2002]. Bu nedenle patates cipsinin sahip olduğu kalorinin önemli bir kısmı

(% 60) içerdiği yağdan kaynaklanmaktadır [Gladwell, 2001]. Yüksek yağ içerikli diyet ile obesite ve kalp-damar hastalıkları arasında pozitif bir ilişki bulunduğundan [Glew, 1988; Lissner ve Heitmann, 1995; Swinburn vd., 2004; Insel vd., 2006] patates cipsi, yüksek yağ ve kalori içeriği nedeni ile tüketici sağlığı açısından potansiyel risk teşkil etmektedir.

Literatürde patates cipsinde akrilamid oluşumunun ve yağ içeriğinin azaltılması konusunda yapılmış bir çok çalışmaya rastlanmaktadır [Kita vd., 2004; Granda vd., 2004; Pedreschi vd., 2004, 2005; Mestdagh vd., 2008; Rommens vd., 2008; Vicklund vd., 2008; Kita ve Fiegel, 2008; Knol vd., 2009]. Bu çalışmalar arasında farklı son kurutma metodlarının (sıcak hava ile kurutma, vakumda kurutma, mikrodalga ile kurutma vb.) kullanıldığı sınırlı sayıda uygulama mevcuttur. Ancak yıllardır bisküvi/kraker tipi ürünlerde son kurutma amacı ile başarılı bir şekilde uygulanan ve seçici olarak yalnızca suyu ısıtan radyo frekansı ile ısıtma yönteminin [Clark, 2011] kullanıldığı bir çalışma henüz yapılmamıştır.

Bu çalışmada kısmen kızartılmış patates dilimlerine radyo frekansı son kurutma işlemi uygulanmıştır. Radyo frekansı son kurutma ile kuru olan dilim yüzeyinin aşırı ısınmayacağı ve bu sayede yüzey ve yüzeye yakın bölgelerde meydana gelen akrilamid oluşumunun büyük ölçüde azaltılacağı, aynı zamanda bu yöntemle patates cipsinin yağ içeriğinin de azalacağı düşünülmüştür. Çalışmada radyo frekansı son kurutma uygulamasının patates cipsinin akrilamid ve yağ içeriğinin yanı sıra tekstür ve renk gibi kalite özellikleri üzerine etkisi de belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. PATATES

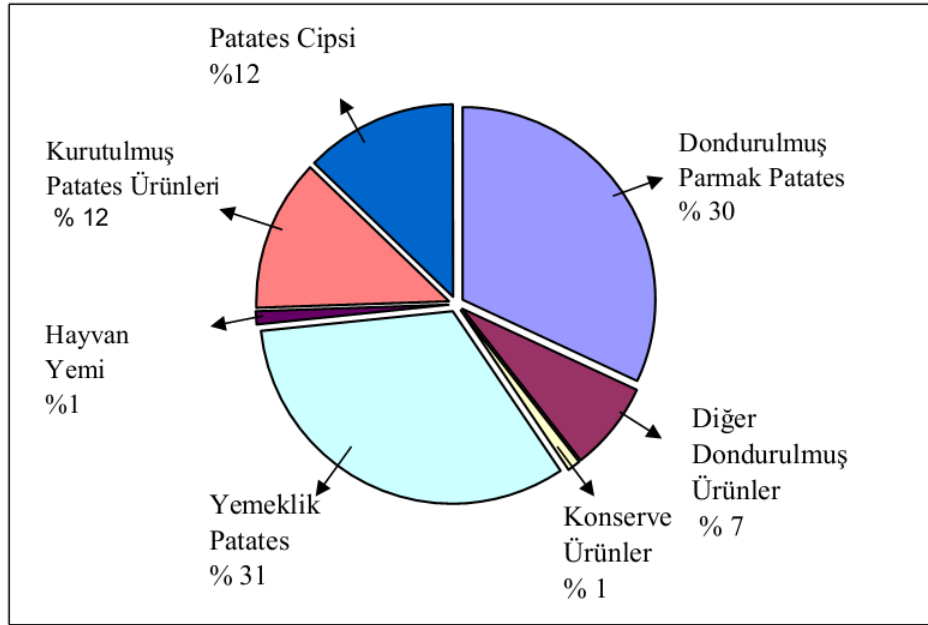
Patates, çeşitli şekillerde hazırlanıp servis edilebilen karbonhidrat içeriği bakımından zengin bir besin kaynağıdır. Hasat edilen taze üründe ağırlıkça % 80 oranında su ve % 20 oranında kuru madde bulunmaktadır. Protein içeriği de oldukça yüksektir. Buna ek olarak patates yumrusunun yağ içeriği düşüktür. Aynı zamanda bazı vitamin ve minerallerce de zengin olan patates bitkisinin 150 gramı günlük C vitamini ihtiyacının neredeyse tamamını karşılayabilir. *Solanum tuberosum* türüne giren tek yıllık bir kültür bitkisi olan patates için yumrunun besin içeriği Çizelge 2.1 de verilmiştir. Patatesin toplam kuru ağırlığının yaklaşık % 80'ini oluşturan karbonhidratların ortalama % 70'i nişasta, % 0,5-1'i sakkaroz, % 0,5-2'si indirgen şeker ve % 6-8'i diyet lifidir. Sakkaroz, glukoz, fruktoz patatesteki bulunan başlıca şekerlerdir. Patatesteki aminoasit miktarının yarısına yakını asparajin ve glutamin oluşturmaktadır [Tuta, 2009].

Çizelge 2.1. Patates yumrusunun kimyasal bileşimi [Lusas ve Rooney, 2001]

Bileşen	Ortalama Değerler (%)	
	Minimum	Maksimum
Su	63	87
Toplam katı miktarı	13	37
Karbonhidrat	13	30.5
Yağ	0.02	0.96
Protein	0.7	4.6
Mineraller	0.44	1.99

Gelişmiş ülkelerde patatesten cips, dondurulmuş parmak patates, nişasta, püre, patates unu vb. ürünlerin üretilmesinde yararlanılmaktadır.

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. Dünyada dondurulmuş patates ürünleri üretimi 4,5 milyon tonun üzerinde olup, bu miktarın yaklaşık % 86’sı parmak patatesi oluşturmaktadır [Tuta, 2009].



Şekil 2.1. ABD’deki işlenmiş patates ürünleri [Tuta, 2009]

Kızartma veya cips olarak kullanılacak patatesin, parmak patates ve cips veriminin yüksek olması istenir. Ayrıca kızartma sırasında az yağ absorbe etmeleri hem sağlık yönünden hem de maliyetin düşük olması bakımından istenen bir özelliktir. Bu iki özellikten daha önemlisi, cips ve parmak patatesin rengidir. Cips ve kızarmış patatesin altın sarısı ve tekdüze bir renk göstermesi arzu edilir. Çabucak kahverengiye dönüşen, üzerinde lekeli yanıklar bulunan cipsler tüketici tarafından tercih edilmemektedir [Karadoğan, 1994].

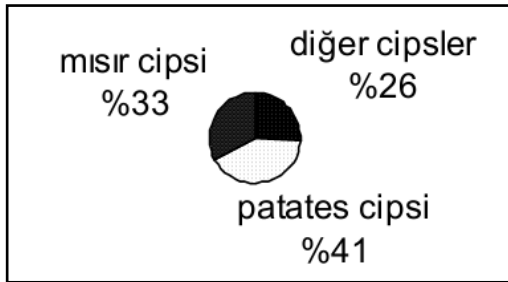
Patates cipsi sektörü dünyada henüz 17 yıllık geçmişe sahiptir [Doğa Tohumculuk Online, 2007]. Son yıllarda hazır gıdaya olan rağbetin artmasına paralel

olarak dünyada kişi başına patates cipsi tüketimi de artış göstermektedir. Bazı ülkelerde kişi başına yıllık patates cipsi tüketimi Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kişi başına patates cipsi tüketimi [Doğa Tohumculuk Online, 2007]

Amerika	10.0 kg
Almanya	5.0 kg
İspanya	2.5 kg
Portekiz	1.4 kg
Türkiye	0.45 kg
İngiltere	5.4 kg
Hollanda	3.0 kg
Yunanistan	1.6 kg
Ortadoğu ülkeleri	2.0 kg

AC Nielsen’in 2002 yılında Türkiye cips pazarı ve pazar paylarına dair yapmış olduğu araştırmanın sonuçlarına göre Türkiye cips pazarının en büyük bölümünü % 41’lik payıyla patates cipsinin oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 2.2. Türkiye cips pazarı [Lays Online, 2002]

2.1.1. Patates Cipsi Üretimi

Cipse işlenecek patateslerin bazı temel karakteristiklere sahip olması gerekmektedir. İlk olarak, patatesler en yüksek verimle hasat edilebilecekleri özel bir bölgede yetiştirilmelidirler. Yumrular kaliteli ve cipse işlenebilir boyutlara sahip, çevresel etkilere ve meydana gelebilecek hastalıklara karşı dirençli olmalıdır ve depolanmaları sırasında cipslik kalitelerini korumalıdır. Ayrıca patates yumrusu, cipse işlendiğinde kabul edilebilir bir renk sağlamalı (düşük indirgen şeker içeriği), yüksek kuru madde içeriğine sahip olmalı, kabuklarının soyulması sırasında yüksek

verim sağlamalıdır. Yumrular leke, şekil bozukluğu gibi kusurlardan uzak ve son ürüne iyi bir tekstür ve aroma sağlayacak kalitede olmalıdır.

Cipse işlenebilir nitelikteki patatesler Şekil 2.3'deki işlem sırasıyla ürüne işlenir. Yüksek kalitede ve homojen bir cips üretimi için önemli olan bu işlem basamaklarının her biri spesifik parametrelere sahiptir [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.1. Hammadde Alımı ve Boyutlandırma

Patatesler cips fabrikasına geldiğinde tüm ürünler incelenir. Patatesler işletmeye çeşitli özellikler değerlendirilerek kabul edilir: yumruların sıcaklığı, kokusuz olması, kirlilik etmenlerinden arınmış olması, görünümü ve genel sertliği incelenir.

İşletmeye kabul edilen ürünler boyutlarına göre sınıflandırılır. Bazı yumruların elde edilen dilimler laboratuvar ortamında kızartılarak cips renk kontrolü yapılır. İndirgen şeker (% 0-0.15 arası) ve sakkaroz içeriği (% 1.5'ten az) kontrol edilir. Patatesler işlenmeye uygun ise, direkt üretim için ayıklama ünitesine gönderilir, üretim daha sonra gerçekleştirilecekse uygun koşullarda depolanır [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.2. Ayıklama

Patateslerin kasalanması sırasında karışmış olabilecek taş, metal, tahta parçası gibi etmenlerin uzaklaştırılması aşamasıdır. Bu gibi unsurlar ürünün cipse işlenmesi sırasında ekipmanlara ciddi zararlar vermekte ve dilimleme ünitesinde problemlere neden olabilmektedir. Ayıklama işlemi, patates yumrularının dikey pervane sistemleri ya da ızgaralı yıkama sistemleri kullanılarak su içerisinde yüzdürülmesiyle yapılır. İyi bir şekilde ayıklanmış patates yumruları üretimin sonraki aşaması için taşıyıcı bantlara aktarılır [Lusas ve Rooney, 2001].



Şekil 2.3. Cips üretim teknolojisi [Lusas ve Rooney, 2001]

2.1.1.3. Soyma

Yumruların kabukları kesikli ya da sürekli sistemler kullanılarak soyulabilir. Yumrunun yaşına bağlı olarak genellikle zımpara yüzeyli silindirik kabuk soyucular ya da fırçalı merdaneler kullanılır. Soyma işlemiyle birlikte yine yumrunun depolama yaşına, soyma ünitesinde kalma süresine ve soyucunun tipine bağlı olarak ağırlıkta yaklaşık olarak % 20 azalma meydana gelir [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.4. Yıkama - Boylama

Bu üretim aşaması, patateslerden dilimleme öncesi tüm kusurların uzaklaştırılması, temiz ve düzgün patateslerin işlenmesi için önemli bir basamaktır. Kalitesiz patateslerin dilimleme ve kızartılması işlemlerinden önce hammaddeden ayıklanması kolay ve etkili bir yöntemdir. Günümüzde kusurlu patateslerin ayıklanması için elektronik boylayıcılar kullanılmaktadır. Bu sayede enerji ve yağ verimliliği sağlanmış ve daha etkin bir pişirme işlemi gerçekleştirilmiş olur [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.5. Dilimleme - Patates Dilimlerinin Yıkanması

Dilimleme, bir patates cipsi üretiminin en önemli aşamasıdır. Kusursuz bir dilimin kenarları düzgün olmalı ve dilim yüzey dokusunda çatlama ya da doku zedelenmeleri bulunmamalıdır. İyi bir dilimin yağ absorbe etmesi daha az olur. Dilimleyicide çok sayıda bıçağın yer aldığı bölümler bulunur ve ürün bu bölümlerden geçerken istenilen kalınlıkta dilimler elde edilir. Dilimleyicinin bıçakları değişik şekil ya da kalınlıklara ayarlanabilir. Haznenin dönmesiyle oluşan merkezkaç kuvvetiyle, patatesler keskin bıçaklara doğru fırlatılır dilimlerin çıkması sağlanır. Sonunda patates dilimlerinin yıkanma aşamasına sıra gelir. Hepsi dev bir silindir içinde yaklaşık 1 dakika boyunca serin suyla döne döne yıkanır [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.6. Kurutma ve/veya Kızartma

Son üründe yağ içeriğinin önemli bir kriter olması bakımından prosesin bu aşaması oldukça önem taşımaktadır. Marketlerde düşük yağ içerikli/yağ içermeyen cipse duyulan ilginin artmasıyla cips üretim sürecinde değişimler meydana gelmiştir. Ürünün son nem değerine kurutulması işlemi yağda kızartma ile yapılabildiği gibi, fırınlama ve konvensiyonel kurutma ile de kuruma sağlanabilmektedir.

Son ürün yağ içeriğinin kontrol edilmesinde dikkat edilmesi gerekenler:

- Hammadde cinsi seçimi
- Dilim kalınlığı ve yağ ile temas eden yüzey alanı
- Kızartmanın daha yüksek sıcaklıkta daha kısa sürede gerçekleştirilmesi şeklinde sıralanabilir.

Patates cipsi son nem değerine konvensiyonel yöntemler kullanılarak kurutuluyorsa işlem süresi daha uzun olur. Fakat renk ve nemin kontrolü daha kolay sağlanabilir [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.7. Cipslerin Kalite Kontrolü

Kızartma ve/veya kurutma işlemleri sonrasında elde edilen patates cipslerinden yanmış, rengi veya yapısı kusurlu olanlar kontrol edilerek ayıklanır. Geçmişte kontrol amacıyla kusurlu cipsleri ayıklayan seçici personeller bu aşamada görev almıştır. Günümüzde ise elektronik ekipmanlar bu amaçla kullanılmaktadır.

2.1.1.8. Tuzlama/Çeşnilendirme

Aperatif gıdaların tüketiciler için en önemli karakteristik özelliği son ürünün lezzetidir. Patates cipsi de dahil olmak üzere bir çok aperatif gıda tuzlanarak sunulmaktadır. Genellikle patates cipsleri kızartma işleminin hemen ardından tuzlanarak, sıcak yağın tuz kristallerini tutması özelliğinden yararlanır. SFA'nın (Snack Food Association) atıştırmalık gıdalar için önerdiği tuz miktarı % 0.25-1.75 aralığıdır [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.9. Paketleme

Aperatif gıdalar piyasada paketlenmiş halde bulunur. Ambalajlama ve kapatma makineleri kullanılarak çok katmanlı ambalajlarda paketlenen cips vb. aperatif gıdalar dünyanın çeşitli bölgelerine bu şekilde dağıtılır. Paketleme malzemesinin temelini metalik folyo oluşturmaktadır [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.1.10. Depolama

Paketlenmiş cipsler depolarda dağıtım merkezlerine ya da mağazalara dağıtılmak üzere bekletilir. Depoların sıcaklığı raf ömrü süresince ürünün korunması için düzenli olarak kontrol edilmeli, oda sıcaklığının altında tutulmalıdır [Lusas ve Rooney, 2001].

2.1.2. Patates Cipsinin Kalite Özellikleri

2.1.2.1. Tekstür

Tekstür; çok-parametrel bir özellik olarak tanımlanan ve gıdanın mekanik, geometrik ve akustik özellikleriyle ilişkilendirilen bir parametredir [Szczeniak, 1987].

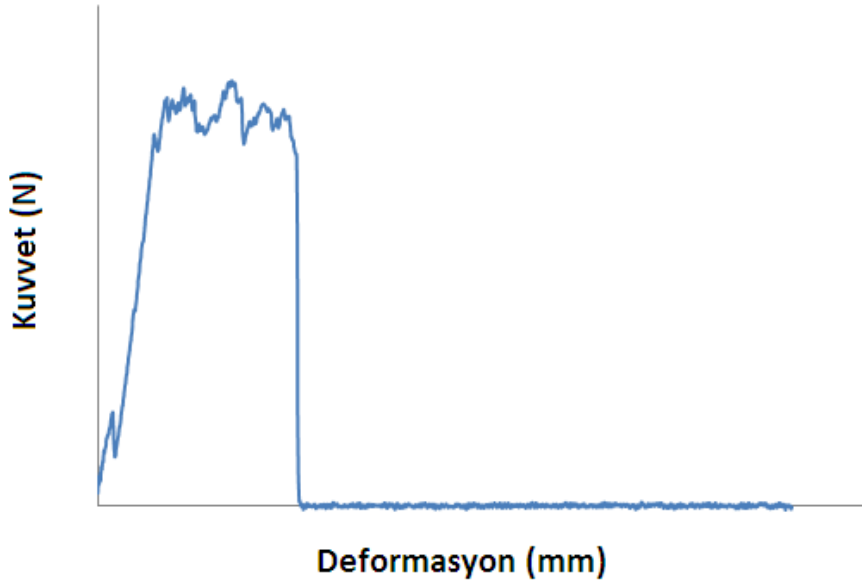
Patates cipslerinin karakteristik gevrek tekstürü son ürünün kalitesinin en önemli indikatörlerinden biridir. Cips tekstürü genellikle çıtırlık ve sertlik özelliklerinin bütünü olarak tanımlanmaktadır [Salvador vd., 2009; Bourne vd., 1966; Smith, 1975]. Bu karakteristik özellikler tüketicinin beğenisini etkileyen önemli faktörlerdir.

Ham patatesin özellikleri ve cips üretim koşulları cips tekstürünün ortaya çıkmasında önemli faktörlerdir. Ham patatesin nişasta içeriği, yumru konumlandığı bölge ve son ürün nem içeriği yine tekstürü etkileyen önemli ölçütlerdir [Segnini vd., 1999]. Pedreschi ve Moyano (2005a) yapmış oldukları bir çalışmada haşlama sonrası yapılan ön-kurutma işleminin yağ absorpsiyonunu azalttığı ve cips çıtırlığını artırdığını ortaya koymuşlardır.

Patates cipsinin tekstürüne ve yağ içeriğine etki eden bir diğer faktör ise kızartma sırasında kullanılan yağın çeşidi ve sıcaklığıdır [Kita vd., 2007].

Cips tekstürü duyuusal ve enstrümental yöntemler kullanılarak ölçülebilir [Szczeniak vd., 1963]. Enstrümental yöntemler arasında, patates cipsi üç nokta destekli zemine yerleştirilerek ve bir kırma probu kullanılarak yapılan kırma testi uygulanan en genel yöntemdir. Test sonucu elde edilen verilerden maksimum kırma kuvveti, örneğin tekstürünün önemli bir ölçütüdür [Pedreschi ve Moyano, 2005a; Pedreschi vd., 2007; Segnini vd., 1999; Bourne vd., 1966].

Şekil 2.4'te bir cips örneğine ait tekstür analizi sonucu elde edilen tipik kuvvet-deformasyon eğrisi görülmektedir. Burada eğrinin artış gösterdiği bölüm örneğin esnekliğinin bir fonksiyonudur. Esneklik, örneğin mekanik özelliklerine ve yapısal bileşenlerine bağlıdır. Cips kırılmadan önce ulaşılan en yüksek kuvvet (F_{maks}) sertlik olarak tanımlanır [Miranda ve Aguilera, 2006].



Şekil 2.4. Patates cipsi örneğine ait tipik kuvvet-deformasyon eğrisi

Cipsin çıtırılığı için genellikle düşük kuvvet değerlerinde 'kırılgan' tanımı yapılır. Daha yüksek kuvvet değerlerine sahip fark edilebilir kırılmalarda ise kuvvetin yanında tekstürün bir ölçütü olan ses de devreye girmektedir [Duizer, 2001].

Vincent (1998) yapmış olduğu bir çalışmada, patates cipslerine uyguladığı tekstür analizi sonucunda elde ettiği egrideki piklerin sayısını ve piklerin karşılık

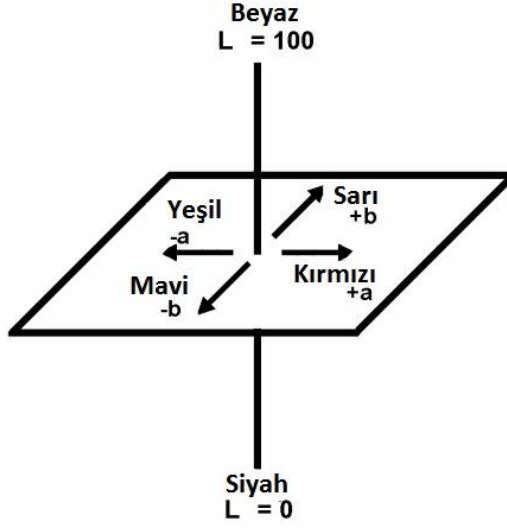
geldiği kuvvet değerlerini kaydetmiştir. Piklerin sıklığının, cipsin çıtırlığının bir ölçüsü olduğunu ifade etmiştir.

Kita ve Figiel (2008) yaptıkları çalışmada, cipsler üzerinde farklı son kurutma yöntemleri kullanarak son ürüne tekstür analizi uygulamışlardır. Çalışmada 50 °C’de sıcak hava ile kurutma, 50 °C’de vakum kurutma, oda sıcaklığında vakum kurutma ve mikrodalga (480 W) yöntemlerinin tekstür özellikleri üzerine etkisi değerlendirilmiştir. 175 °C’de kızartma işlemi ile % 20, % 15 ve % 5 nem içeriğine getirilen 1.8 mm kalınlığındaki patates dilimleri bu yöntemler kullanılarak % 2 nem değerine gelinceye kadar kurutulmuştur. Yapılan analizler sonucu işlem görmüş örneklerin kontrol örneklerine göre daha sert ve daha az esnek olduğu belirtilmiştir.

2.1.2.2. Renk

Kızarmış patates ürünlerinin en önemli kalite faktörlerinden biri de renktir. Kızartma işlemi sırasında gerçekleşen eş zamanlı ısı-kütle transferleri ürünün rengini de etkilemektedir [Krokida vd., 2001; Segnini vd., 1999]. Kızarmış patates ürünlerinde renk oluşumu, patatesin şeker içeriği, amino asit ya da protein zenginliğine ve kızartma süresine-sıcaklığına bağlı olarak Maillard tepkimesi sonucunda gerçekleşir [Leon vd., 2006; Mackay vd., 1990; Marquez ve Anon, 1986].

Kızarmış patates ürünlerinin renk tanımlamalarında, uluslar arası standart olan L^* , a^* , b^* parametreleri kullanılmaktadır [Pedreschi vd., 2006b]. Elektromanyetik spektrumda kısa, orta ve uzun dalgaboyuna sahip ışınlar insan gözü tarafından algılanabilmektedir. Bu ışınlar renk temelinde mavi, kırmızı ve sarı olarak adlandırılırlar. Bu üç temel rengin algılanabilmesi için üç boyutlu bir renk sistemi gerekmektedir (Şekil 2.5). Renk uzayı olarak adlandırılan bu renk sisteminde L^* parametresi (Luminans) parlaklığı (açıklık-koyuluk) ifade eder ve 0 (siyah) – 100 (beyaz) aralığında değişen değerler alır. a^* ve b^* parametreleri ise -120 ile +120 arasında değişen değerler alabilmekte ve sırasıyla yeşilden kırmızıya, maviden sarıya değişimi göstermektedirler [Pedreschi vd., 2006b; Mendoza vd., 2007].



Şekil 2.5. Lab renk uzayı

Günümüzde gıda endüstrisi kızarmış patates üreticileri, ürünlerinin görüntü kalitesini iyileştirmek için çalışmalara yapmaktadırlar. Gün geçtikçe bilinç kazanan tüketiciler, kızarmış patates ürünlerinin görünümü ile tat, çıtırlık, sağlık açısından güvenilirlik ve diğer fizikokimyasal özelliklerini ilişkilendirmekte ve bu durum tüketici beğeni seviyesini de etkilemektedir [Segnini vd., 1999; Mendoza vd., 2007]. Patates cipsinin görünüm özelliklerinden en önemlisi olan renk, tüketicinin ürün kalitesi hakkında fikir edinmesini sağlayan bir parametredir [Segnini vd., 1999; Marique vd., 2003].

Segnini vd. (1999) yapmış oldukları çalışmada, patates cipsi rengi için dört tanımlamada bulunmuşlardır. Sarı renk, cipsin Agtron cihazıyla belirlenen rengi; yüzeyde meydana gelen kahverengi renk, işlem sırasında hammaddede bulunan şeker miktarından kaynaklanan rengi; yüzeyde oluşan çok koyu ya da siyah renk, işlem sırasında yanma meydana gelmesiyle oluşan rengi; saydamlık ise cipsin transparan renk özelliğini göstermektedir [Romani vd., 2009]. Çalışmada araştırmacılar aynı zamanda video tekniği ve görüntü analizi temelli bir prosedür geliştirerek L^* , a^* , b^* renk sisteminde patates cipsinin rengini, gri tonlamalı görüntüler aracılığıyla da istenmeyen kahverengi lekelerin varlığını ölçmüşlerdir. Bu tekniğin renkleri ayırma

duyarlılığının insan gözünün algısı ile iyi bir korelasyon gösterdiğini kanıtlamışlardır [Mendoza vd., 2007].

Krokida vd. (2001) yılında kızartma işlemi boyunca patatesin renginin nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada; örneklerin L^* değerlerinin (parlaklığının), kızartma işleminin ilk aşamalarında arttığını daha sonraki aşamalarda ise değişmediğini ortaya koymuşlardır. Çalışmada aynı zamanda kızartma yağının sıcaklığının artmasıyla örneklerin parlaklığının olumsuz etkilendiği belirlenmiştir. Parlaklığın yanı sıra a^* ve b^* parametrelerinin de proses değişkenlerinden etkilendiği ve yağ sıcaklığının 170 °C ve altında olduğu durumlarda daha az kahverengi ve daha sarı ürünlerin elde edildiğini göstermişlerdir. Dilim kalınlığının da renk üzerinde etkili olduğu, daha ince dilimlerin daha sarı renkte ve daha az parlak olduğu saptanmıştır. Kızartma işleminde kullanılan yağ tipinin renk parametreleri üzerindeki etkisinin ise istatistiksel olarak ihmal edilebilir olduğu ortaya koyulmuştur.

2.1.2.3. Yağ İçeriği

Yağ içeriği, kızarmış patates ürünleri ve cips endüstrisi için en önemli kalite parametrelerinden biridir. Bu ürünlerde son ürün yağ içeriğini etkileyen bazı parametreler; ürün şekli, kızartma süresi ve sıcaklığı, nem içeriği, gözeneklilik, gözenek boyutu dağılımı ve hammaddeye uygulanan ön ya da son uygulamalardır [Bouchon vd., 2003; Moreira vd., 1999; Saguy ve Pinthus, 1995].

Patates cipsi yüksek yağ içeriği nedeni ile tüketici sağlığı açısından önem taşımaktadır. Genellikle ince patates dilimlerinin yenilebilir sıcak yağ içerisinde % 2 nem içeriğine kadar kızartılması ile elde edilen patates cipsi [Baumann ve Escher, 1995] ağırlıkça % 35-45 arasında yağ içermektedir [Garayo ve Moreira, 2002]. Bu nedenle patates cipsinin sahip olduğu kalorinin önemli bir kısmı (% 60) içerdiği yağdan kaynaklanmaktadır [Gladwell, 2001]. Yüksek yağ içerikli diyet ile obezite ve kalp-damar hastalıkları arasında pozitif bir ilişki bulunduğundan [Glew, 1988; Lissner ve Heitmann, 1995; Swinburn vd., 2004; Insel vd., 2006] patates cipsi, yüksek yağ ve kalori içeriği nedeni ile tüketici sağlığı açısından potansiyel risk teşkil

etmektedir. Son yıllarda Amerikan Kalp Vakfı ve diğer sağlık kuruluşları, yağ tüketiminin alınan toplam kaloringin % 30'unu geçmemesi yönünde görüş belirtmekte ve gıdaların yağ içeriğinin azaltılmasının önemine dikkat çekmektedirler [Mai Tran vd., 2007].

Kızartılmış patates ürünlerinde yüzey çıtırılığı ve yağlılığı gibi temel özellikler kızartma işlemi sırasında meydana gelen yapısal değişikliklerdir. Kızartma ile birlikte buharlaşan su yapıdan uzaklaşırken yüzeyde büyük gözeneklerin açılmasına neden olur. Yapıya yağ alımı da bu gözeneklerden olur [Mehta ve Swinburn, 2001; Mellema, 2003].

Kızartılmış ürünlerdeki toplam yağ içeriği iki sınıfa ayrılabilir: kızartma işlemi sırasında absorbe edilen yağ ve soğutma sırasında yüzeyden emilen yağ. Yağ emiliminin önemli bir kısmı, ürün kızartma yağından çıkarılıp soğumaya başladığı anda yüzeydeki emme ve salınım hareketlerine bağlı olarak gerçekleşir [Bouchon ve Pyle, 2004; Gamble vd., 1987; Moreira vd., 1997].

Patates cipsi kızartma işlemi sırasında ağırlıkça % 30-50 arasında yağ absorbe eder. Cips üretiminde kullanılan yağ, cipsin ekonomik değerini belirleyen önemli hammaddelerden biridir. Bu nedenle cips yağ içeriği maliyet açısından da cips üreticileri için önem kazanmaktadır. Yüksek yağ içeriği yalnızca maliyeti artırmakla kalmaz, yağlılığın artmasıyla ürün bayatlamaya daha duyarlı hale gelir ve tüketici tercihini olumsuz etkiler. Yağ içeriğinin gereğinden düşük olması ise daha az lezzetli ve tekstürel yapısı daha sert ürünlerin oluşmasına sebep olduğu için yine tüketicilerce tercih edilmez [Gupta vd., 2000].

Kızartılmış 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 gözenekliliğin 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 [Tuta, 2009].

2.2. AKRİLAMİD

Akrilamid ($\text{CH}_2=\text{CHCONH}_2$), molekül ağırlığı 71.08 g olan, beyaz renkli, katı kristal formda, hızlı bir şekilde polimerizasyona uğrayabilen sentetik bir monomer olması bakımından endüstride önem taşıyan bir bileşiktir. Suda yüksek çözünürlük gösterir ve metanol, etanol, aseton gibi diğer çözücülerde de çözünebilir [Grivas vd., 2002; Eriksson, 2005].

Akrilamid, ilk kez 1893 yılında Almanya’da Christian Moureau tarafından kimyasal bir bileşik olarak bulunmuştur [Becalski vd., 2002; Eriksson, 2005]. Ticari olarak 1952–1954 yılları arasında kimyasal amaçlı Almanya’da kullanılmış, gıda ve sulardaki önemi ise 2002 yılında İsveç Gıda Komisyonu tarafından ortaya koyulmuştur [FDA, 2004]. Polimer formdaki akrilamid toksik özellik göstermezken, monomerinin insan sinir sistemi için toksik etkisi bulunmakta olup, muhtemel kanserojen özellik göstermektedir [Dybing vd., 2003; Hogervorst vd., 2007; Tareke vd., 2000].

Gıdalar pişirme, fırınlama, kızartma, kavurma, sterilizasyon gibi ısıl prosesler ile ürüne işlenmektedirler. Bu işlemler yaklaşık 90-200 °C’lerde olmaktadır. Yapılan araştırmalar, yüksek oranda indirgen şeker ve aminoasit içeren gıdaların yüksek sıcaklıklarda işlenmesi sırasında akrilamid oluşumunun meydana geldiğini ortaya koymuştur. Gıdalarda oluşan akrilamid miktarı gıdadan gıdaya değişiklik göstermekle birlikte, ürünlerin proses edilme sıcaklıklarına bağlı olarak değişmektedir [Claeys vd., 2005].

Dünya Sağlık Örgütü ve Gıda Güvenliği ve Uygulamalı Beslenme Merkezi (Center for Food Safety and Applied Nutrition, CFSAN) ve Tubitak’ın yapmış olduğu araştırmalar sonucunda piyasada bulunan bazı gıda maddelerine ait akrilamid içeriğini Çizelge 2.4’te verilmiştir [FDA/ CFSAN, 2002; Granda, 2005]. Kızartma ve

kavurma gibi çok daha yüksek sıcaklıklara ulaşılan işlemlere maruz kalan ürünlerde akrilamid seviyesi daha yüksek olmaktadır.

Çizelge 2.3. Çeşitli gıdalara ait TÜBİTAK ve FDA akrilamid seviyesi verileri

Gıda	Akrilamid seviyesi (µg/kg)
Pirinç pilavı	SDA
Kebap, döner, ızgara et	SDA
Çavdar ekmeği	SDA
Beyaz ekmek (kabuk)	40-160
Kızarmış ekmek	200
Hazır çorbalar	40-60
Bebe bisküvisi	400-600
Bisküvi	70-130
Kraker	70-200
Kahvaltılık gevrekler	80-350
Kek	140-1410
Fırınlanmış ürünler	230-300
Parmak patates	330-3700
Patates cipsi	117-2762

SDA: Saptanabilir değerlerin altında

Gıdalarda akrilamid miktarını düzenleyen yasal bir uygulama henüz bulunmamaktadır. Ancak Dünya Sağlık Örgütü, içme suları için akrilamid miktarını 0,1 ppb ile sınırlamıştır [Tuta, 2009].

Hogervorst vd. (2007) yıllarında yapmış oldukları bir çalışmada ilk kez insan denekler üzerinde akrilamidin etkilerini araştırmış ve sonuçta akrilamidin rahim, yumurtalık ve böbrek kanseri riskini artırdığını rapor etmişlerdir.

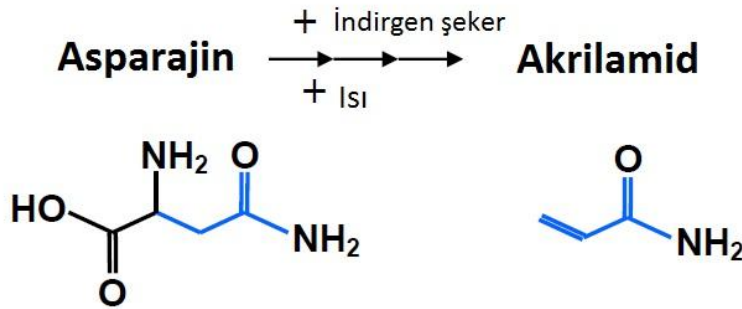
2.2.1. Akrilamid Oluşum Mekanizması

Isıl işlem görmüş gıdalarda akrilamid oluşumuyla ilgili çeşitli teoriler ortaya koyulmuştur [Claeys vd., 2005]. Proteinden zengin gıdalar işlendiğinde oldukça düşük seviyelerde akrilamid (5-50 ppb) içermekte ancak karbonhidrat içeriği de yüksek olan gıdalarda işlem sırasında akrilamid oluşumu daha fazla (150-4000 ppb) gerçekleşmektedir [Tareke vd., 2002].

Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizmasıyla ilgili farklı teoriler ortaya konulmuştur:

1. Lipitlerin transformasyonu ya da karbonhidratların ve aminoasitlerin ayrışması sonucu ortaya çıkan akrolein ya da akrilik asit reaksiyonu,
2. Malik asit, laktik asit ve sitrik asit içeren temel bazı organik asitlerin dehidrasyonu-dekarboksilasyonu,
3. Karbonhidratlar ve proteinler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu [Richmond ve Borrow, 2003].

Gıdalarda akrilamid oluşumuyla ilgili en genel teori, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak bilinen Maillard tepkimesi ile yakından ilişkili olduğudur [Mestdagh vd., 2007; Stadler vd., 2002; Mottram vd., 2002]. Maillard tepkimesinin gerçekleşmesinde öncül maddeler gıdadaki en önemli aminoasit olan asparajin ve indirgen şekerlerdir (glukoz, fruktoz) [Claeys vd., 2005; Brathen vd., 2005; Rydberg vd., 2003]. Akrilamid oluşumunda asparajin, akrilamid molekülünün ana iskeletini oluşturmaktadır. Bu durum akrilamidin ve asparajinin kimyasal formüllerine bakıldığında daha net anlaşılmaktadır. Şekil 2.6 asparajin ve akrilamidin kimyasal formüllerini göstermektedir [Granda, 2005].



Şekil 2.6. Akrilamid

Akrilamidin oluşumu için 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklara çıkılmalıdır. Akrilamid karbonhidratın zengin olduğu gıdalarda kızartma, kavurma, fırınlama gibi çok yüksek sıcaklıkların uygulandığı işlemlerde daha yüksek seviyelerde oluşmakta, haşlama gibi işlemlerde ise akrilamid oluşmamaktadır [Pedreschi vd., 2006a; Williams, 2005].

Bir gıdanın işlenmesi sırasında meydana gelen akrilamid oluşumu yalnızca öncül maddeleri ne kadar içerdiği ya da hangi sıcaklıkta işlendiği ile ilgili değildir. Gıdanın pH'ı ve nem içeriği gibi faktörler de akrilamid oluşumuna etki etmektedir.

Maillard reaksiyonu, proteinlerin yapısında bulunan asparajinin serbest amino grubu ile indirgen şekerler arasında gerçekleşir. Tepkime sonuna doğru aroma bileşikleri, kahverengi azotlu polimerler ve co-polimerler oluşur. Akrilamid oluşumu da bu sırada gerçekleşir [Amrein vd., 2003; Grivas vd., 2002]. Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ürünler öncül maddelerin (amino grubu ve indirgen şeker) yapısına da bağlıdır. Bu nedenle farklı gıdalarda ısıl işlemle farklı tepkimeler gerçekleşir [Stadler vd., 2002]. Çiğ patatesin yapısında yüksek miktarda akrilamid oluşumuna neden olan öncül maddeler bulunmaktadır. Bu nedenle parmak patates ve patates cipsi gibi ürünlerde yüksek miktarda akrilamid oluşumu görülmektedir.

Parmak patates ya da patates cipsi gibi yüksek sıcaklıklarda (≈ 180 °C) kızartılarak işlenen ürünlerde, patates dilimlerinin yağa daldırılması sırasında eş-zamanlı ısı ve kütle transferi gerçekleşmektedir. Isınmaya başlayan dilim zamanla kurumakta, ilerleyen süreçte nemin azalmasına ve kabuk oluşumuna bağlı olarak nemin uzaklaşması zorlaşmaktadır. Kızartma işleminin sonlarını doğru düşük nem ve yüksek sıcaklık koşulları üründe akrilamid oluşumunu teşvik etmektedir.

2.2.2. Akrlamid Oluşumuna Etki Eden Faktörler

2.2.2.1. Patatesin Asparajin ve İndirgen Şeker İçeriği

Patetes yumrusunda akrilamid oluşumu için öncül maddeler olan asparajin ve indirgen şekerler yüksek oranda bulunmaktadır. Yumrunun toplam şeker içeriği ise patatesin çeşidine, yetiştirildiği bölgeye, hasat zamanına ve hasat sonrası depolanma süresine bağlı olarak değişmektedir [Übeyitoğulları, 2005]. Çiğ patatesin aminoasit miktarının yaklaşık % 40'ı asparajinden oluşmaktadır [Tuta, 2009].

Asparajinin, önemli miktarda akrilamid oluşmasına sebep olan tek aminoasit olduğu rapor edilmiştir [Granda, 2005]. Özellikle parmak patates ve patates cipsi gibi kızartılmış patates ürünlerinde yüksek miktarda akrilamid oluşmasının nedeni, patatesin Maillard reaksiyonunda öncül madde olan asparajini yüksek oranda içermesidir [Wilde vd., 2005].

Granda vd. (2004) yaptıkları bir çalışmada; 6 farklı patates türünden elde ettikleri patates dilimleri üzerinde atmosferik basınçta ve vakum ortamında kızartma işlemi uygulamışlar ve hem patates cinsinin hem de kızartma ortamının akrilamid oluşumu üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda en yüksek indirgen şeker içeriğine sahip türden elde ettikleri dilimlerin akrilamid içeriğinin de en yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Mottram vd. 2002 yılında yapmış oldukları çalışmada, farklı aminoasitler kullanarak bir çok Maillard reaksiyonu gerçekleştirmiş ve aminoasit türünün akrilamid oluşumu üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla glukoz ile farklı aminoasitler sırasıyla 185 °C'de reaksiyona sokulmuş ve oluşan akrilamid miktarları tayin edilmiştir. Asparajin ile glukozun reaksiyonundan belirgin miktarda (221 mg / mol) akrilamid oluştuğunu, diğer aminoasitler (glisin, sistein, metiyonin) kullanıldığında ise saptanabilir miktarlarda akrilamid oluşmadığını gözlemlemişlerdir.

Çiğ patateste 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 [Tuta, 2009].

Patatesin depolandığı ortamın koşulları da üründe akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler arasındadır. Granda (2005) yapmış olduğu bir çalışmada kızartma işlemi sonucu akrilamid oluşumu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla patates örneklerini 2 hafta boyunca 2 ve 20 °C'lerde depolamıştır. Depolama sıcaklığının yüksek olduğu durumda patates yumrusunun indirgen şeker içeriğinde meydana gelen azalma, düşük sıcaklıkta depolanan örneklerden elde edilen ürünlere göre akrilamid miktarında 10 kat azalma sağlamıştır.

2.2.2.2. Dilim Kalınlığı

Patatesler yağ içerisinde kızartılırken, ısı ve kütle transferi eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Isı transferi yağdan ürün yüzeyine konveksiyonel, ürün yüzeyinden merkezine doğru ise kondüksiyonel olarak gerçekleşir patates dilimindeki su buharlaşır, bu sırada yağ dilim içerisine nüfuz etmeye başlar.

Gıdadan uzaklaşan nemin ve gıdaya hapsolan yağın miktarı gıdanın şeklinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Kızartma yağı sıcaklığı arttıkça, aynı kızartma süresi için nem içeriği daha düşük olurken, yağ miktarı daha fazla olmaktadır. Ayrıca patates dilimlerinin kalınlığı arttıkça, aynı kızartma süresi için nem içeriğinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Patates dilimlerinin kalınlığı örneklerin yağ içeriğini de önemli derecede etkilemektedir. Daha ince patates dilimi, aynı kızartma süresinde daha fazla yağı bünyesine almaktadır [Krokida vd., 2000].

Kızartma prosesi sırasında ürünün yüzey alanı/hacim oranı akrilamid oluşumuna etki etmektedir. Hacmin sabit kalması koşulu ile yüzey alanı daha büyük olan üründe akrilamid oluşumu daha fazla olmaktadır. Gökmen ve Palazoğlu (2009)

yapmış oldukları çalışmada farklı dilim geometrisine sahip örnekler hazırlamış ve yüzey alanı/ hacim oranının son ürün akrilamid içeriği üzerine etkisini incelemişlerdir. Disk biçiminde olan örnekte, geometrisi şerit ve küp olan örneklerden daha yüksek miktarda akrilamid oluştuğu belirlenmiştir.

2.2.2.3. İşlem Süresi-Sıcaklığı

Kızartılmış patates ürünlerinin işlenmesi sırasında uygulanan yüksek sıcaklık ve/veya uzun süreli işlem, oluşan akrilamid miktarını, oluşum hızını ve oluşan akrilamidin tekrar bozunmasını arttırmaktadır. Akrilamid oluşumunda kızartma yağı sıcaklığı ve işlem süresi ana faktörlerdir [Matthaus vd., 2004; Amrein, 2005; Williams, 2005]. Son üründe oluşan akrilamidin büyük bir miktarı kızartmanın son aşamalarında olmaktadır ve oluşum miktarı üstel bir artış göstermektedir [Romani vd., 2008]. Bazı araştırmacılara göre ise kızartma sıcaklığı ile akrilamid oluşumu arasında üstel, kızartma süresi ve akrilamid oluşumu arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır [Matthaus vd., 2004; Gökmen vd., 2006].

Gökmen vd. (2006) yapmış oldukları bir çalışmada; akrilamid oluşumunda kızartma sıcaklığının, kızartma süresinden daha etkin olduğunu rapor etmişlerdir. Kızartma süresi sabit kalmak koşulu ile kızartma sıcaklığındaki artış akrilamid oluşumunun üstel bir fonksiyon ile, kızartma sıcaklığı sabit olmak koşulu ile kızartma süresindeki artış ise akrilamid konsantrasyonunun lineer bir fonksiyon ile arttığını göstermişlerdir.

Williams (2005) yaptığı bir çalışmasında kızartma sıcaklığının 150 °C'den 175 °C'ye ve kızartma süresinin 3 dakikadan 5 dakikaya artması durumlarının, son üründe oluşan akrilamid konsantrasyonunda önemli artışa neden olduğunu belirtmiştir. Pedreschi vd. (2005b) kızartma sıcaklığının 190 °C'den 170 °C ve 150 °C'ye düşürülmesi durumunda akrilamid oluşumunda sırasıyla % 68 ve % 88'lik azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

2.2.3. Kızarmış Patates Ürünlerinde Akrilamid Oluşumunu Azaltmaya Yönelik Çalışmalar

Kızarmış patates ürünlerinde oluşan akrilamid miktarının azaltılması için yapılabilecek işlemler arasında ön işlem uygulama ve proses değişkenlerinin son ürünün kalite parametrelerini etkilemeyecek biçimde modifikasyonu yer almaktadır. Ön işlem olarak suda bekletme, haşlama, asitli suda bekletme, enzim ile muamele etme gibi işlemler uygulanabilir.

Pedreschi vd. (2004) akrilamidi azaltmaya yönelik yaptıkları bir çalışmada kızartma öncesi örneklerle çeşitli ön işlemler uygulayarak önemli sonuçlar elde etmişlerdir. İlk olarak patatesleri distile suda farklı sürelerde bekletmiş, distile suda bekletme süresinin patatesin glukoz, fruktoz, sakaroz ve asparajin içeriğinde önemli bir farklılık yaratmadığını belirlemişlerdir. Bir sonraki ön işlem olarak patates dilimlerini farklı sıcaklık/süre kombinasyonlarında sıcak suda bekletmiş, elde edilen örneklerin kontrol örneklerine kıyasla ortalama % 76 daha az glukoz ve asparajin içerdiğini saptamışlardır. Diğer bir ön işlem olarak patates dilimlerini kızartma öncesi sitrik asit solüsyonuna daldırmışlar, bu işlemin son üründe oluşan akrilamid miktarında önemli bir azalma sağladığını ortaya koymuşlardır. Sitrik asit ile ön işlem uygulamasının etkisi iki farklı mekanizmanın bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. pH'nın düşmesi etkin mekanizma iken, patates dilimleri solüsyon içerisinde iken asparajinin ve glukozun yapıdan ayrılması da akrilamid oluşumunu etkilemiştir. Bu çalışmada ayrıca kızartma sıcaklığının akrilamid oluşumu üzerine etkisi de incelenmiş, kızartma sıcaklığının artmasıyla hem kontrol örneklerinde hem de ön işlem uygulanmış tüm örneklerde akrilamid oluşumunda belirgin bir artış olduğu rapor edilmiştir. Zyzak vd. 2003'te patates dilimlerine asparajinaz enzimi ile ön işlem uygulayarak son ürün akrilamid içeriğinde % 99 azalma sağlamışlardır.

Kita vd. (2004) bir çalışmalarında, farklı asit çözeltilerinde bekletme ve haşlama ön işlemlerinin akrilamid oluşumu üzerine etkisini incelemişlerdir. Ayrıca çalışmada daha kısa kızartma süresi ve daha düşük kızartma sıcaklığı uygulamaları ile ön kurutma işleminin kombine etkisi de incelenmiştir. Haşlama ve asit

çözeltisinde bekletme uygulamalarının, son ürün akrilamid içeriğinde azalma sağladığı, en etkili asidin ise asetik asit (20 °C’de 60 dakika) olduğu belirlenmiştir. Ön kurutma işlemi, patates dilimleri 185 °C’de kızartıldığında yaklaşık % 70, 160 °C’de kızartıldığında yaklaşık % 80 oranında akrilamid miktarında azalma sağlamıştır.

Patates cipsinde akrilamid oluşumunu azaltmaya yönelik önemli çalışmalardan biri de Granda ve Moreira’nın 2005 yılında vakum ortamında kızartma uygulaması ile yaptıkları çalışmadır. Düşük basınçta atmosferik basınca kıyasla kızartma yağının ve patates dilimlerinin içerisindeki suyun kaynaması noktası düşmekte, daha düşük sıcaklıkta kızaran patates dilimlerinin renk, tat gibi özellikleri iyileşmekte ve son ürünün yağ içeriği de kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında daha düşük olmaktadır. Bu çalışmada vakum uygulaması ile ürünlerin akrilamid içeriğinde % 94 azalma sağlanmıştır.

Palazoğlu ve Gökmen (2008) yaptıkları bir çalışmalarında, kızartma prosesinin sonlarına doğru akrilamid oluşumunun hızlanmasından dolayı kademeli kızartma uygulamasının akrilamid oluşumunu azaltacağını ortaya koymuşlardır. Çalışmada kontrol örneklerine 170 °C’de 4 dakikalık, kademeli kızartılan örnekler ise kızartmanın ilk dakikasında 170 °C ve son 3 dakikasında 150 °C’de kızartma işlemi uygulamışlardır. Kademeli kızartılan örneklerin akrilamid içeriğinin kontrol örneklerine göre % 58 daha az olduğu rapor edilmiştir.

2.3. RADYO FREKANSI ISITMA UYGULAMALARI

2.3.1. Radyo Frekansı Enerjisi

Elektromanyetik spektrumda $1 \times 10^6 - 3 \times 10^8$ Hz frekansları arasında kalan bölgeye radyo frekansı bölgesi adı verilmektedir. Bu aralıktaki bir frekansa sahip elektromanyetik alanın uygulanarak yapıldığı ısıtma işlemi de *radyo frekansı ısıtma* olarak isimlendirilir. Elektromanyetik spektrumda radyo frekansı (RF) ve mikrodalga enerjilerinin birlikte oluşturduğu bölgenin dielektrik bölge olarak tanımlanması sebebiyle, radyo frekansı ısıtma da bir dielektrik ısıtma olarak bilinmektedir.

Elektromanyetik alan kavramını ve varlığını ilk olarak 1832 yılında Michael Faraday ortaya koymuştur. 1883 yılında James Clerk Maxwell, radyo dalgalarının yapısını ilk kez matematiksel olarak ifade etmiştir. 1885'te Heinrich Hertz ise, Maxwell'in teorisini deneysel olarak kanıtlamış ve geçerliliğini ortaya koymuştur. Jacques-Arsène d'Arsonval ise, yüksek frekanslı düşük voltaja sahip alternatif akım ile hayvan denekler üzerinde yaptığı deneyler sonucunda radyo frekansı enerjisinin temel etkisinin ısı olduğunu saptamıştır. Bu teknolojinin gıda sanayindeki ilk uygulamaları ise II. Dünya Savaşı sonrasında rastlanmaktadır.

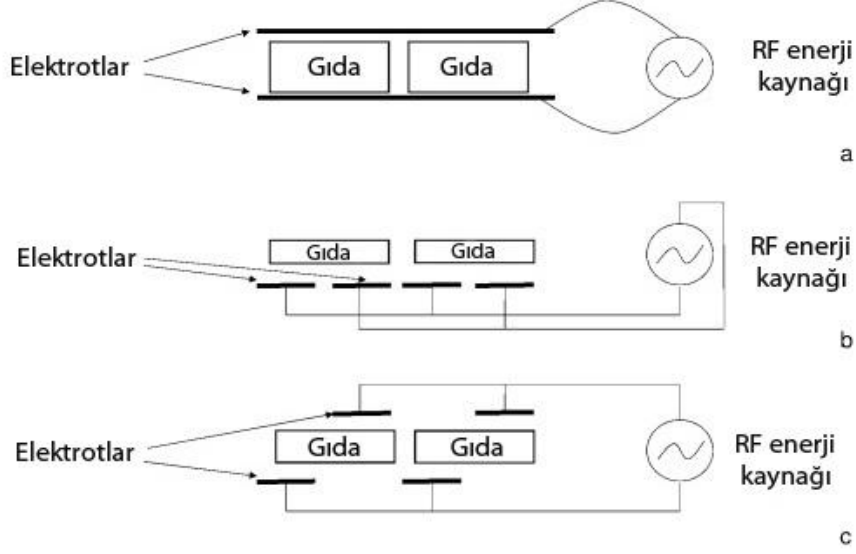
1946 yılında elektriksel ısı kavramının ortaya çıkmasıyla birlikte, radyo frekansı enerjisinin de etlerin pişirilmesi, ekmeğin ısıtılması, sebzelerin haşlanması ve kurutulması gibi amaçlarla kullanılabileceği düşüncesi doğmuştur. Ancak bu teknolojinin yüksek yatırım ve işletme maliyeti gerektirmesi nedeniyle o yıllarda ticari uygulamalara geçilememiştir. 1960 yılından sonraki uygulamaların çoğunda, dondurulmuş gıdaların çözdürülmesi amacıyla kullanılabilirliği incelenmiş ve bazı endüstriyel hatlarda uygulamaya geçilmesi mümkün olmuştur. 1980'li yıllarda bisküvilerin pişirme sonrası son kurutma işleminin yapılabileceğini gösteren çalışmalar yapılmıştır. 1990'lı yıllarda ise pastörizasyon ve sterilizasyon yöntemi olarak kullanılabilmesi için bazı teknik problemlerin çözülmesi açısından üzerinde çalışılan bir yöntem olmuştur [Zhao vd., 2000].

2.3.1.1. Radyo Frekansı Isıtmanın Temel Prensipleri

Radyo frekansı ısıtma bölgesi, elektromanyetik spektrumun 1-300 MHz aralığını kapsıyor olmasına rağmen endüstriyel, bilimsel ve medikal uygulamalarda Federal İletişim Komisyonu tarafından belirlenen frekansların kullanımına izin verilmektedir. Bu frekanslar, 13.56 ± 0.00678 , 27.12 ± 0.16272 , 40.68 ± 0.02034 MHz değerleridir [Marra vd., 2009; Datta ve Davidson, 2000].

Bir radyo frekansı ısıtma sistemi genel olarak 4 ana bileşenden meydana gelir. Jenaratör (üreteç) bölümünde radyo frekansı enerjisi üretilmektedir. Aplikatör kısmında ise elektrotlar bulunur. Bu bölüm elektrik alanının yaratılacağı ve ürünün

yerleştirilerek ısıtılacağı bölümdür. Ürün taşıma ekipmanı, özellikle endüstriyel uygulamalarda ürünün cihaz içindeki sürekliliğini ve taşınmasını sağlayan “bant” gibi sistemlerdir. Kontrol sistemi ise; proses süresi, materyalin işleme hızı, uygulanan elektromanyetik alanın şiddeti, radyo frekansı gücü gibi parametreleri, dijital olarak otomatik ya da manuel kontrol etmemizi sağlayan bileşendir [Tang ve Wang, 2005].

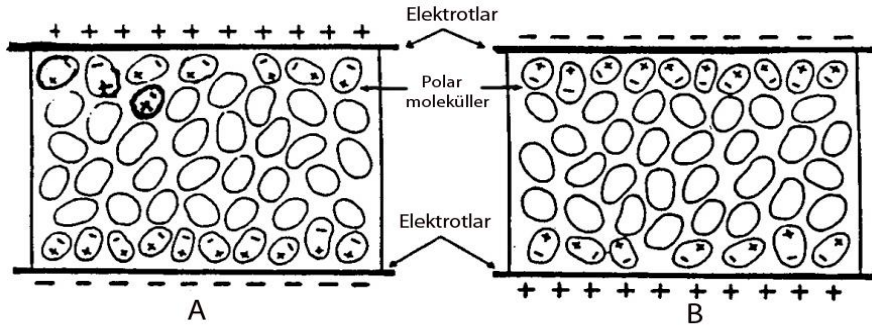


Şekil 2.7. RF ısıtma sistemlerinde kullanılacak elektrot tipleri: (a) paralel plaka, (b) fringe-field, (c) aşamalı paralel plaka (çapraz direkt)

Radyo frekansı cihazında paralel plaka elektrotlar en yaygın kullanılan aplikatör sistemleridir. Bunların yanı sıra, elektrotların yan yana sıralanmasıyla oluşan fringe-field ve karşılıklı-çapraz konumlanan aşamalı elektrotlar mevcuttur (Şekil 2.7). Genellikle 10 mm'nin altındaki kalınlıklara sahip ürünler için fringe-field, orta kalınlıktaki ürünler için çapraz direkt elektrot tipinin kullanılması önerilmektedir. Elektrot tipi seçimi, işlenecek ürünün özelliklerine göre yapılmalıdır [Tewari ve Juneja, 2007].

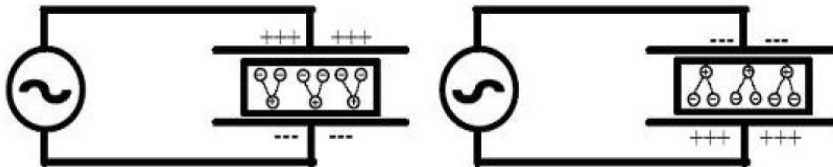
2.3.1.2. Radyo Frekansı Enerjisi Isıtma Mekanizması

Örneğe alternatif elektrik alanı uygulandığında, örnek içinde bulunan negatif iyonlar elektriksel alanın pozitif bölgesine, pozitif iyonlar ise negatif bölgesine doğru hareket ederler. İyonik yer değiştirme (iyonik dipolarizasyon) olarak adlandırılan bu olayın yanı sıra; su gibi dipolar moleküller, elektrik alanın sürekli değişen polaritesine bağlı olarak salınım hareketine benzer bir hareket sergileme eğilimine girerler. Radyo frekansı ısıtmada etkin bir diğer mekanizma olan bu olay ise dipol rotasyon olarak adlandırılmaktadır [Macrowave Online; Datta ve Davidson, 2000].



Şekil 2.8. İyonik yer değiştirme hareketi (iyonik dipolarizasyon)

27.12 MHz frekansta uygulanan elektrik alan için bu hareketler saniyede 27 milyonu aşkın kez tekrar edilir. Moleküllerin sürtünme ve salınım hareketlerine bağlı olarak kinetik enerjileri yükselir ve ısınma gerçekleşir. Apolar moleküller ise (katı ve sıvı yağlar, kuru bileşenler gibi) elektriksel alanın polaritesinden etkilenmez ve neticede radyo frekansı enerjisiyle direkt ısınmazlar. Yani radyo frekansı enerjisi, seçici olarak su bileşenini ısıtmaktadır [Cheremisinoff, 1996].



Şekil 2.9. Dipolar moleküllerin değişen polarite sonucu gösterdiği bir uçtan diğerine dönme hareketi (dipol rotasyon)

Elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölgesinde daha çok iyonik yer değiştirme, radyo frekansı bölgesinde ise hem iyonik yer değiştirme hem de dipol rotasyon etkin mekanizmalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenledir ki radyo frekansı ısıtmada çözülmüş iyonlardan çok su iyonlarının varlığı ve miktarı önem taşımaktadır [Zhao vd., 2000].

Frekansın artmasına bağlı olarak ortama aktarılan enerji miktarı da artış göstermektedir. Ancak bu durumun da bir üst sınırı vardır. Moleküllerin rotasyonu, kafes yapının sınırlamaları sebebiyle, belli bir frekansın üzerindeki değerlerde dış alandan etkilenmez duruma gelir. Moleküler kafesteki sınırlamalar nedeniyle maksimum miktardaki enerjinin aktarılabilirdiği frekansa debye rezonansı adı verilmektedir. Gıdalarda bulunan farklı moleküllerin debye rezonansı oluşturdukları frekans aralıkları da farklılık göstermektedir. Bu frekanslarda moleküllerin dielektrik kayıp faktörleri de maksimum olmaktadır [Zhao vd., 2000].

Gıda endüstrisinde gelişen radyo frekansı ısıtma uygulamalarında, gıda maddelerinin radyo frekansı aralığındaki dielektrik özelliklerinin kesin olarak bilinmesi zorunludur [Zhao vd., 2000]. Materyaller bir elektromanyetik dalgaya maruz bırakıldıklarında, elektrik enerjisini depolama ve dağıtma eğilimine girerler. Uygulanan enerjinin ne kadarını absorbe edeceklerinin bir ölçütü olan dielektrik sabiti (ϵ') ve depoladıkları enerjinin ne kadarını ısı enerjisine dönüştüreceklerinin bir ölçütü olan dielektrik kayıp faktörü (ϵ'') ise dielektrik özelliklerdir [Regier ve Schubert, 2005; Dibben, 2001].

Dielektrik özellikler, materyalin kompozisyonu (özellikle nem içeriği), yoğunluğu, uygulanan elektromanyetik dalganın frekansı ve sıcaklık gibi parametrelerden etkilenebilmektedir. Bir materyale ait dielektrik özelliklerin bilinmesi durumunda, RF ısıtma uygulaması için gerekli optimum frekans veya frekans aralığı, işlem süresi belirlenerek daha etkin ve verimli ısınma işlemi gerçekleştirilebilir [Zhao vd., 2000]. Dielektrik materyalin, elektromanyetik enerjiyi absorbe etmesinden kaynaklanan sıcaklık artışı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir (Nelson, 1996).

$$\rho Cp \frac{\Delta T}{\Delta t} = 55.63 \times 10^{-12} f E^2 \epsilon''$$

Burada;

ρ : yoğunluk (kg/m^3)

C_p : özgül ısı (J/kgK)

ΔT : sıcaklık artışı ($^{\circ}\text{C}$)

Δt : süre (s)

f: frekans (Hz)

E: elektrik alan şiddeti (V/m)

ε'' : dielektrik kayıp faktörünü göstermektedir.

Elektromanyetik ısıtma sırasında ürüne iletilen elektromanyetik dalganın gıda yüzeyiyle karşılaştıktan sonra içeriye doğru ilerlerken, gücünün $1/e$ değerine (e : Euler sayısı= 2.718) düştüğü derinlik penetrasyon derinliği olarak ifade edilir [Morales vd., 2010]. Penetrasyon derinliği aşağıdaki eşitlikte verilmiştir:

$$dp = \frac{C}{2\pi f \sqrt{2\varepsilon' \left[\sqrt{1 + \left(\frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}\right)^2} - 1 \right]}}$$

Burada;

C: ışığın boşluktaki hızı (3×10^8 m/s)

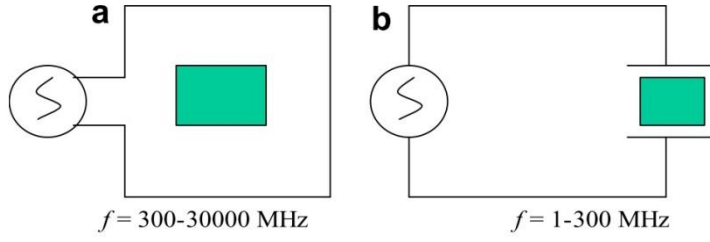
f: frekans (Hz)

ε' : dielektrik sabiti

ε'' : dielektrik kayıp faktörünü göstermektedir.

Daha derine penetre olabilme, daha düşük frekanslarda sağlanabilmektedir. Bu nedenle gıdalara uygulanan radyo frekansı enerjisi, mikrodalga enerjisinin 10 katı kadar daha yüksek penetrasyon derinliğine sahip olabilmektedir [Tang ve Wang, 2005; Morales vd., 2010]. Radyo frekansı ısıtmada seçilen frekansın dalga boyu

ısıtılacak örneğin boyutlarından daha büyük olmaktadır. Mikrodalgada ise elektromanyetik dalganın gıdaya yönlendirildiği metal üniteler yer almaktadır (Şekil 2.10). Ürün yüzeyinde aşırı ısınmış bölgeler ya da iç bölgede soğuk kalmış noktaların oluşma olasılığı radyo frekansı ısıtmada daha azdır. Ayrıca radyo frekansı enerjisi mikrodalga enerjisine kıyasla üründe daha homojen elektriksel alan oluşturmakta ve tekdüze ısıtma sağlayabilmektedir.



Şekil 2.10. Mikrodalga (a) ve radyo frekansı (b) ısıtma uygulamalarının prensibi [Marra vd., 2009]

2.3.2. Radyo Frekansın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Radyo frekansı ısıtmanın gıda endüstrisindeki uygulamaları; ısıtma, dondurulmuş gıdaların çözündürülmesi, sebzelerin haşlanması, unlu mamullerin ve et ürünlerinin pişirilmesi, yine et ürünlerinin pastörizasyonu/sterilizasyonu, kurutma/son kurutma olarak sınıflandırılabilir. Tüm bu işlemlerde gıdaya uygulanan frekans aralığı 9-150 MHz, ulaşılan sıcaklık aralığı 2-100 °C, işlem süresi aralığı ise 20 s – 34 dk'dır. En genel haliyle radyo frekansı enerjisi küfleri inhibe etmekte, referans işlemlere göre gıdada daha az besinsel kayıp yaratmakta, renk ve aroma özelliklerini oldukça iyi muhafaza edebilmekte, çözünme işlemi daha az çözünme kaybına neden olmakta, çok daha hızlı ve homojen ısıtma sağlamakta ve kaliteli duyusal özelliklere sahip ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktadır [Zhao vd., 2000].

Orsat vd. (2004) yaptıkları çalışmada, vakum paketlenmiş et dilimlerini radyo frekansı ısıtma uygulamasıyla pastörize etmişlerdir. 27.12 MHz frekanslı 600 W gücünde radyo frekansı ısıtıcı kullanarak örneklerin merkezini 85 °C'ye ısıtıp bu sıcaklıkta 5 dk bekletmişlerdir. Referans yöntemlere göre radyo frekansı ile pastörize

edilen örneklerin bakteri yüklerinin ve nem kayıplarının daha etkin azaltılabildiği, duyu kalitenin ise iyileştirildiği rapor edilmiştir. Et ürünlerinin pastörizasyon süreleri radyo frekansı ısıtma kullanılarak % 79 azaltılabilmektedir [Zhang vd., 2006].

Radyo frekansın çözündürme amaçlı kullanımına yönelik ilk çalışmalarda [Jason ve Sanders, 1962; Sanders, 1966], dondurulmuş etlerin çözündürülmesi amacıyla 35-40 MHz frekanslı radyo frekansı ünitelerinden yararlanılmıştır. Homojen şekle sahip olmayan balık eti gibi et örneklerinde çözünmenin her noktada eş-zamanlı olmadığı saptanmış, ancak suya daldırma tekniğiyle çok hızlı bir şekilde çözünme sağlanarak bu sorun ortadan kaldırılmıştır. Çözünme süresinin kalınlığa bağlı olarak değiştiği, ancak geleneksel yöntemlere göre çözünme kaybının minimize edildiği saptanmıştır.

Radyo frekansı enerjisi kullanılarak gıdaların pişirilmesi ile ilgili çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Radyo frekansı enerjisi ile kurabiye tipi fırıncılık ürünlerinin pişirilmesi sırasında renk bozulmasına ve aroma kaybı meydana gelmemekte, tekstürel özellikler ve kalite iyileşmekte, homojen ısınma sağladığı için merkez bölgesi de dahil olmak üzere tüm yapı aynı anda aynı miktarda pişmektedir [Zhao vd., 2000].

Son yıllarda bütün haldeki et ya da kıyılmış etlerin radyo frekansı ile pişirilmesine yönelik oldukça fazla çalışma yapılmıştır [Laycock vd., 2003; Zhang vd., 2004; Brunton vd., 2005]. Çalışmalarda kullanılan 27.12 MHz frekanslı ve 600 W ile 1.5 kW güç aralığında değişen radyo frekansı pişiricilerin, et örneklerinin pişme süresini klasik yöntemlere kıyasla 1/25-1/30 kat kısalttığı belirtilmiştir. RF sistemle pişirilen et ürünleri daha az nem kaybına sahip, renk ve su tutma kapasitelerinin kabul edilebilir skalada, daha yumuşak ve çiğnenebilir özellik göstermişlerdir.

2.3.3. Radyo Frekansı Son Kurutma

Gıda güvenliği ve kalitesi söz konusu olduğunda radyo frekansı enerjisinden gıda endüstrisinde en çok fırıncılık sektöründe gıdaların son kurutma işleminin gerçekleştirilmesi amacıyla yararlanılmaktadır.

Geleneksel yöntemlerde ürünü çevreleyen hava öncelikli olarak ısınmakta ve ısı enerjisi ürüne konveksiyon, kondüksiyon gibi ısı iletim mekanizmalarıyla iletilmektedir. Ürünün yüzeyi iç bölgelerden daha çabuk ısınmakta ve zaman içinde yüzey özellikleri bundan olumsuz etkilenmektedir (yanma, koyu kahverengi renk, kabuk oluşumu gibi). Ayrıca iç bölgelerin yüzeyden daha nemli kalması sonucu ürün nem dağılımının homojen olmamasına bağlı olarak yüzeyde çatlama ve bisküvide kırılmaların meydana gelmesi gibi sonuçlar doğmaktadır. Fırınlama işleminde, ürünün arzu edilen son nem değerine ulaşması için pişirme işlemi sürdürülürken; yüzeydeki kabuk oluşumu, işlemin sonuna doğru iç kısımlardan nemin uzaklaşmasını ve ısı enerjisinin yüzeye yakın bölgelerden iç kısımlara nüfuz etmesini zorlaştırmakta, böylece koşullar akrilamid oluşumu için uygun bir hal almaktadır. Radyo frekansı enerjisi seçici olarak su moleküllerini ısıttığından geleneksel yöntemin bahsedilen tüm olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır.

Radyo frekansı son kurutma işlemi genel olarak hacimsel ısıtma, renkte iyileştirme, yüzeyde pişme sırasında meydana gelen sorunları (çatlak, yanma, sertlik) ortadan kaldırma, ürün akrilamid seviyesini azaltma, aroma kaybını azaltma, işleme kapasitesini artırma ve enerji tasarrufu gibi önemli avantajlar sağlamaktadır [Strayfield Online, 2010].

2.3.4. Radyo Frekansı Son Kurutmaya Yönelik Çalışmalar

Radyo frekansı enerjisinin son kurutma işleminde kullanılarak akrilamidi azaltmaya yönelik literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Anese vd. (2008) yaptıkları bir çalışmada kek ve bisküvilere radyo frekansı son kurutma uygulamış ve son ürün akrilamid içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kek örnekleri geleneksel yöntem (hava sirkülasyonlu fırın) kullanılarak % 10 (a/a) nem içeriğine ulaştıktan sonra hedef nem içeriği olan % 3.5 (a/a) nem değerine radyo frekansı son

kurutma (3.5 kW - 27.12 MHz) uygulanarak getirilmişlerdir. Benzer şekilde bisküvi örnekleri de % 10 (a/a) nem değerine geleneksel yöntem ile, hedef nem içeriği olan % 3 (a/a) nem değerine ise RF son kurutma ile getirilmişlerdir. Kontrol örnekleri hedef nem değerine geleneksel yöntemle getirilmişlerdir. RF uygulanan örnekler ve kontrol örneklerine akrilamid analizi uygulanmıştır. RF son kurutma uygulanarak elde edilen keklerin akrilamid içeriği kontrol örneklerine göre % 50 daha az, bisküvi örneklerinin akrilamid değerlerinin ise kontrol örneklerinden % 35 daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca RF son kurutma ürünlerin işlenme sürelerinde önemli bir düşüş sağlamıştır. Ancak, RF ısıtma uygulanan keklerde iç kısmın dış kısma göre çok daha fazla ve hatta aşırı esmerleştiği not edilmiş, bu gözlemden hareketle de RF ısıtma tekniğinin bisküvi gibi ince ürünler için daha uygun olduğu rapor edilmiştir.

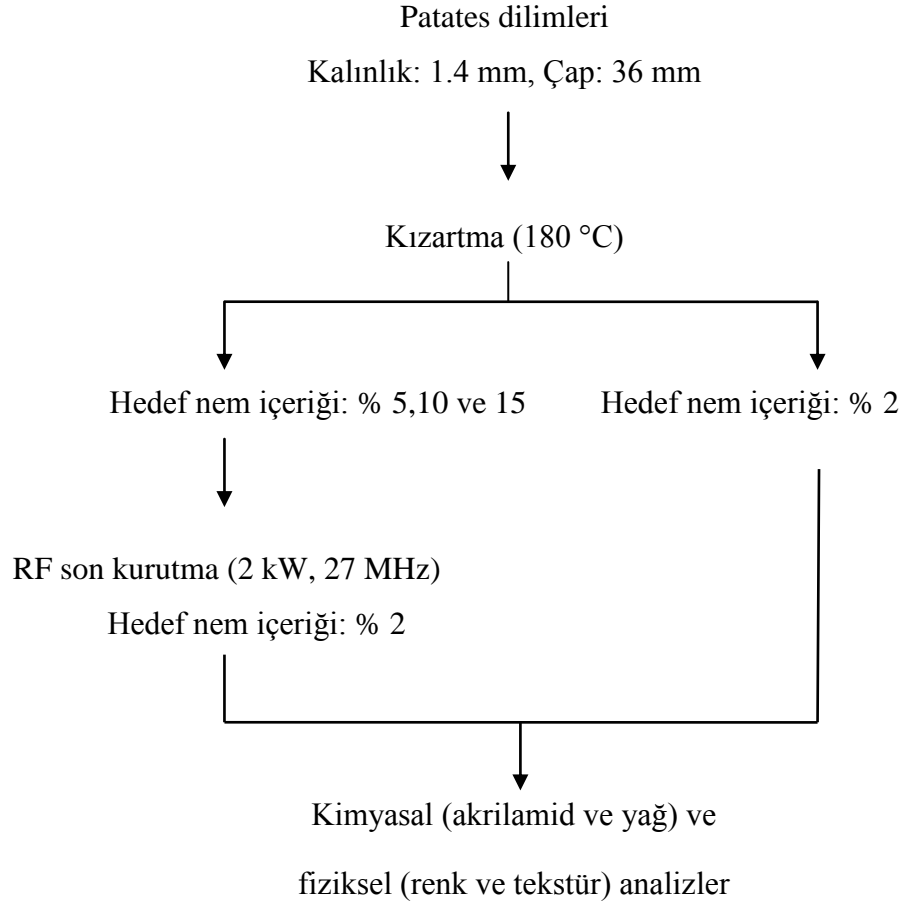
Palazoğlu vd. (2012) bisküvi örneklerinde RF ısıtmanın son kurutma amacıyla kullanımının akrilamid içeriği ve renk özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla kontrol örnekleri geleneksel konveksiyonel fırınlama yöntemiyle 205 °C’de 11 dakika pişirilmiş, RF son kurutma ise örneklere iki farklı şekilde uygulanmıştır. İlk olarak bisküviler 205 °C’de 9 dakika fırınlandıktan sonra 30 saniye boyunca RF ısıtma (2 kW – 27 MHz) uygulanmıştır (RF-1). Bir diğer uygulama ise 205 °C’de 8 dakika fırınlanan ürünlere 45 saniye RF ısıtma uygulaması şeklinde gerçekleştirilmiştir (RF-2). Akrilamid analizi sonucunda kontrol, RF-1, RF-2 örneklerinin akrilamid içeriğinin sırasıyla 107.3, 74.6, 51.1 µg/kg olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca renk analizi sonucu RF ısıtma uygulanan örneklerin kontrol örnekleri ile benzer renk özellikleri gösterdiği belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. MATERYAL

3.1.1. Patates Dilimlerinin Hazırlanması

Patatesler (Lady Claire, Anka Tohumculuk, Nevşehir) elektrikli bir dilimleme makinası (GE300, Celme, Italy) kullanılarak 1.4 ± 0.1 mm kalınlığında kesilmiştir. Daha sonra daire kesitli plastik bir kesme kalıbı ile 36 mm çapında yuvarlak dilimler elde edilmiştir. Patates dilimleri, yüzey nişastasının uzaklaştırılması için 1 dk süre ile saf su içerisinde manyetik karıştırıcı üzerinde karıştırılarak yıkandıktan sonra kağıt havlu ile hafifçe kurulanmıştır. Dilimlerin hazırlanması ve sonraki aşamalar Şekil 3.1 de verilmiştir.

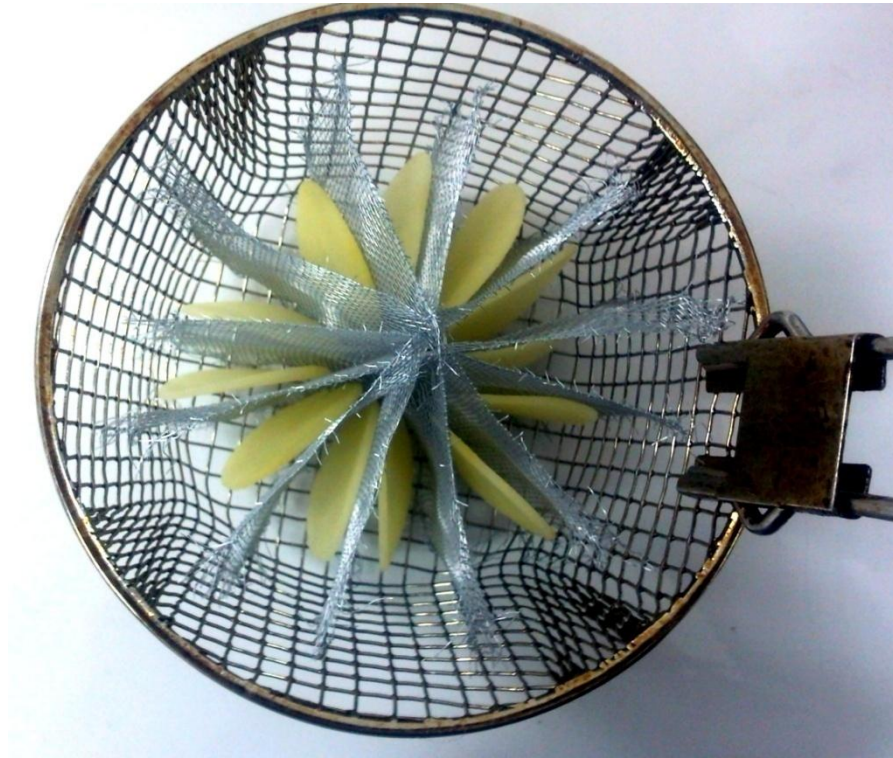


Şekil 3.1. Çalışmanın aşamaları

3.2. YÖNTEM

3.2.1. Kızartma İşlemi

Kızartma işlemi 5 L hacimli elektrikli yağ banyosunda (5 L, Precisdig, J.P. Selecta, Spain) ayçiçek yağı (Ona, Marsan Gıda, Adana) kullanılarak yapılmıştır. Endüstride kızarmış patates ürünlerinin kızartma işlemi genellikle 180 °C de yapılmaktadır [Pedreschi vd., 2005a]. Bu nedenle deneyler sırasında kızartma sıcaklığı olarak 180 °C seçilmiştir. Yukarıda belirtildiği şekilde hazırlanan patates dilimleri (12 adet), homojen kızartma sağlayabilmek için tasarlanan ve her bir dilim için ayrı bir bölme bulunduran tel kızartma sepetinin içerisinde (Şekil 3.2) yağın içerisine tamamı ile daldırılarak kızartılmıştır (Şekil 3.3). 180 °C deki yağ içerisinde dilimlerin nem içeriğinin ağırlıkça % 2, % 5, % 10 ve % 15 olması için gereken kızartma süreleri belirlenmiştir. % 2 nem içeriğine kadar kızartılan patates dilimleri kontrol örneği olarak değerlendirilmiştir. % 5, % 10 ve % 15 nem içeriğine kadar kızartılan dilimler ise ayrı ayrı RF-kurutma işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.2. Tel kızartma sepeti içerisindeki dilimler



Şekil 3.3. Kızartma ünitesi

3.2.2. RF Son Kurutma İşlemi

% 5, % 10 veya % 15 nem içeriğine kadar kısmen kızartılan patates dilimleri kızartma işleminin hemen ardından yığın halinde bantlı RF tünel fırınına (maksimum güç 2 kW, 27.12 MHz, Sonar Elektronik ve Makine, İzmir) alınarak nem içeriğinin hedeflenen düzeye (ağırlıkça % 2) gelmesi sağlanmış, bunun için gerekli süre ve bant hızı gibi parametreler belirlenmiştir (Şekil 3.4). Hedef nem içeriğine ulaşıp ulaşılmadığına yığının farklı yerlerinden alınan patates cipslerinde yapılmış olan nem tayininin sonucuna göre karar verilmiştir. RF fırınına giren farklı nem içeriğine (ağırlıkça % 5, % 10 ve % 15) sahip dilimler için ayrı ayrı işlem süresi (bant hızı) parametresi belirlenmiştir. Kontrol ve RF-kurutma işlemine tabi tutulmuş patates dilimlerinde kimyasal (akrilamid ve yağ) ve fiziksel (renk ve tekstür) testler yapılmıştır. Akrilamid analizi için kullanılacak örnekler işlem sonunda kilitli poşetler içerisine aktarılarak analiz yapılana kadar -18 °C de muhafaza edilmiştir. Örneklerin akrilamid analizleri üç gün içerisinde tamamlanmıştır.



Şekil 3.4. RF tünel fırın

3.2.3. Çiğ Patatese Uygulanan Analizler

3.2.3.1. Asparajın Tayini

Asparajın analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama ekstraksiyon aşamasıdır. Ekstraksiyon işlemi üç kademedен oluşmaktadır. Birinci kademedē 200 mg örnek ependorf tüp içerisinde tartılarak üzerine 1ml su eklenmiştir. 5 dk vorteks ile karıştırıldıktan sonra 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) çözeltisi eklendikten hemen sonra 30 dk süreyle vorteks ile karıştırma yapılmıştır. Örneklerin üzerine 0.9 ml n-hekzan eklenerek ve 5 dk vorteks ile karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sonrasında faz ayrımı gerçekleşmesi ile üstte kalan hekzan fazı pipet yardımıyla alınarak atılmıştır. İşlemler üç kez tekrarlanmıştır.

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 kullanılan % 50 pH 4.2 asetat tamponu ve % 50 asetonitrilin akış hızı 0.7 ml/dk olarak ayarlanmıştır. Kolon sıcaklığı 25 °C'ye ayarlanmıştır.

3.2.3.2. İndirgen Şeker Tayini

İki aşamalı ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. 1 gr örnek falkon tüpler içerisine tartıldıktan sonra üzerine 9 ml 70°C saf su, 0.5 ml Carrez 1, 0.5 ml Carrez 2 çözeltisi eklenmiştir. 3 dk vorteks ile karıştırma işleminin ardından 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 karıştırıldıktan sonra 6000 rpm de 7 dk santrifüj işlemi uygulanarak süzüntü tüpe aktarılmıştır. Her iki ekstrakta ait süzüntü de vorteks ile karıştırılarak eppendorf tüplere alınmıştır. 10000 rpm de 10 dk santrifüj işlemi gerçekleştirildikten sonra süzüntü viallere alınarak enjeksiyona hazır hale getirilmiş ve her bir örneğe ait süzüntüden 20 µL lik bir hacim HPLC'ye (Agilent 1100, Agilent Tech., Australia) 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 0.7 ml/dk akış hızında 0.01 N H₂SO₄ kullanılmıştır.

3.2.4. Patates Cipsine Uygulanan Analizler

3.2.4.1. LC-MS ile Akrilamid Tayini

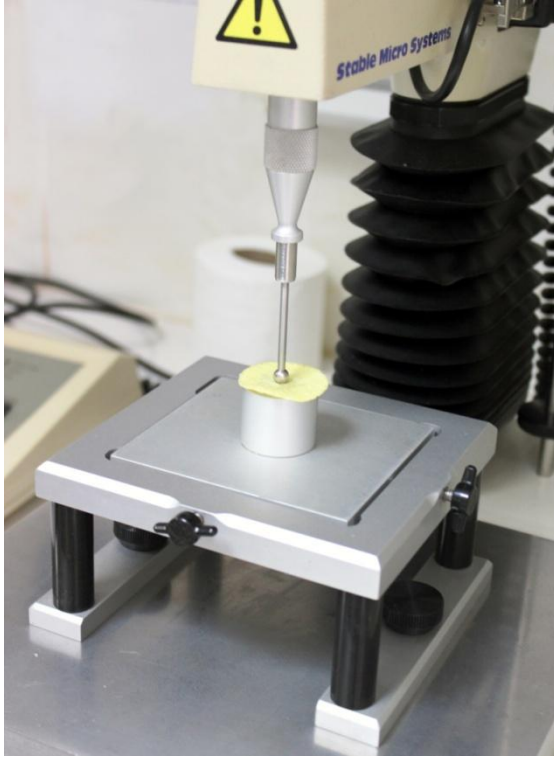
Patates cipsi örneklerinde akrilamid analizi için asitlendirilmiş su ekstraksiyonu ve katyon değiştirici reçine ile temizleme esaslı bir yöntem kullanılmıştır [Şenyuva ve Gökmen, 2006]. Bunun için homojenize edilmiş 1 g kızarmış patates örneği 9 ml 0.2 mM asetik asit çözeltisi ile vorteks karıştırıcıda 3 dakika süreyle ekstrakte edilmiştir. Daha sonra 0.5 ml Carrez 1 ve 0.5 ml Carrez 2 çözeltileri ilave edilerek karışım 5000 rpm'de 10 dk süreyle 0°C'de santrifüj edilmiştir. Üstteki katı yağ uzaklaştırıldıktan sonra sulu ekstrakt katı çökeltiden ayrılmış ve önceden koşullandırılmış (1 ml metanol ve 1 ml su ile) Oasis MCX kartuştan 1 damla/saniye hızında geçirilmiştir. İlk sekiz damla atılmış, geri kalan damlalar cam vial içerisinde toplanmıştır. Örnek 0.45 µm filtreden geçirildikten sonra LC-MS ile analiz edilmiştir. LC-MS analizleri Agilent 6130 model multimode Single Quadrupole LC-MS cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Kromatografik separasyon için Atlantis T3 kolon (150 x 4.6 mm i.d., 3 µm) kullanılmıştır. MS iyonizasyonunda APCI tekniği kullanılmış, dedeksiyon SIM modunda m/z 72 ve m/z 55 iyonları üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.2. Yağ Tayini

Patates cipslerinin yağ içeriği Soxhlet yöntemi [AOAC, 1995] kullanılarak belirlenmiş, bunun için otomatik Soxhlete cihazı (VELP Scientifica, SER 148/6, İtalya) kullanılmıştır. Her bir örnekten kartuş içerisine yaklaşık 5 g 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

Patates cipsinin tekstür ölçümü, kontrol örnekleri için dilimler kızartma yağından çıkarıldıktan, RF-kurutma işlemine tabi tutulan örnekler için ise dilimler RF tünel fırınından çıktıktan 2 dk sonra Texture Analyzer cihazı (TA-XT2i , Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1 mm/s prob hızı ve 5 mm uzaklık (prob-cips yüzeyi arası mesafe) değerleri kullanılarak her deney için 6 adet cips diliminde tekstür ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5'te gösterilen 6.35 mm çapındaki küresel prob (cips kırılma donanımı) ile kırma testi yapılmıştır. Her deney 3 kez tekrarlandığından her tekrar için 6 cips dilimi olmak üzere her örnek için toplam 18 tekstür ölçümü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kuvvet-deformasyon eğrisinde ilk önemli azalmanın görüldüğü kuvvet değeri (maksimum kuvvet) sertlik, maksimum kuvvete kadar olan eğrinin eğimi sıklık (stiffness), kuvvet-deformasyon eğrisinde ortaya çıkan piklerin (kuvvet eğrisindeki salınımın 0.025 N'dan daha yüksek olması durumunda oluşan pikler değerlendirmeye alınmıştır) sayısı ise çıtırılık ile ilişkilendirilmiştir.



Şekil 3.5. Cips kırılma probu ve kırma testinin uygulanması

3.2.4.4. Nem Tayini

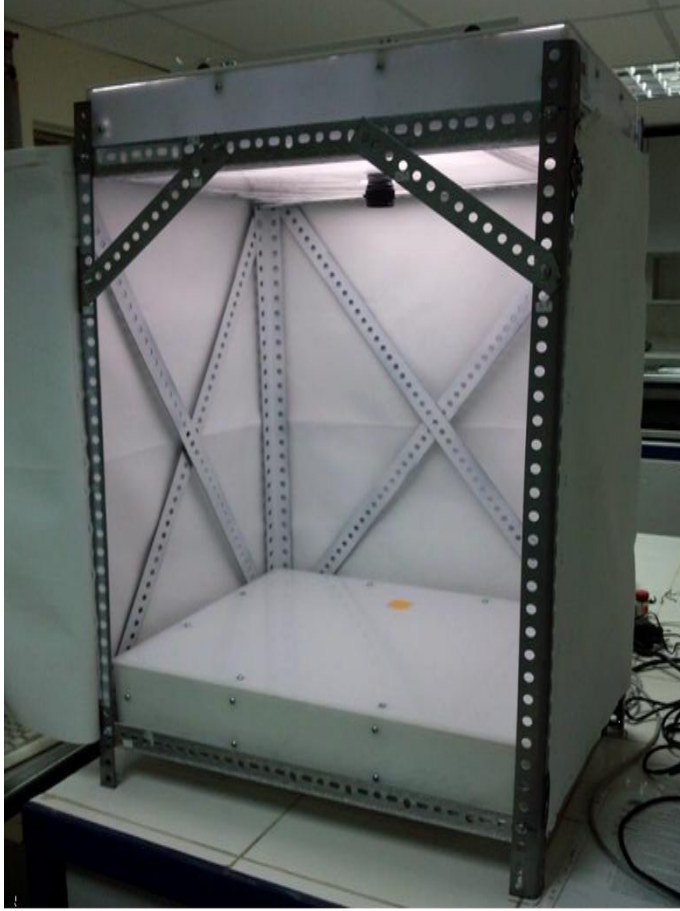
Patates cipslerinin nem içeriğini belirlemek için örnekler 105 ± 1 °C'de (UFE400, Memmert, Germany) sabit tartıma gelinceye kadar bekletilmiş, tartım yapılarak nem miktarı tayin edilmiştir [AOAC, 1975].

3.2.4.5. Renk Analizi

Cips örneklerinin renk analizi, Machine Vision dijital renk analizi düzeneği (Mersin Üniv., Gıda Müh. Bölümü) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu düzenek kullanılarak yapılan renk analizi, cihaz içerisine sabitlenmiş referans bir renk ile örneklerin L^* , a^* , b^* değerlerinin karşılaştırılması prensibine dayanmaktadır. Renk ölçüm cihazı, kontrollü ve aydınlatma koşulları tanımlanmış bir dijital kamera içeren özel tasarlanmış bir renk ölçüm kabinidir ve Şekil 3.6'da gösterilmiştir (D65 aydınlatma sistemi [Luzuriaga vd., 1997]). Sonuçlar görüntüsü alınan test örneğinin fotoğrafının her bir pikseli için L^* , a^* , b^* değerlerinin ortalaması olarak tanımlanmakta ve bu amaçla geliştirilen özel bir yazılım ile (LensEye, Version 10.1.7, Engineering and Cyber Solutions, FL) örneğin ortalama L^* , a^* ve b^* değerleri hesaplanmaktadır [Balaban, 2008]. Cips dilimlerinde meydana gelen renk değişimi (E^*), eşitlik (1) kullanılarak toplam renk değişimi (ΔE^*) olarak belirlenmiştir.

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

Bu eşitlikte yer alan L_0^* , a_0^* ve b_0^* parametreleri çiğ patates dilimine ait renk değerleri; L^* , a^* ve b^* ise cips örneklerine ait renk değerleridir.



Şekil 3.6. Örneklerin dijital görüntülerinin elde edilmesi amacı ile kullanılan kontrollü ışık kabini

Renk analizi örneklerine; kontrol grubu için ürünler kızartma yağından çıkarıldıktan, RF son kurutma uygulanan örnekler ise RF tünel fırından çıkarıldıktan 2 dk sonra uygulanmıştır. Bunun için aynı uygulamaya ait 6 adet örnek analiz cihazı içerisine yerleştirilmiş, referans renk ile birlikte görüntüleri alınmıştır. Görüntüler yazılıma aktarılarak test örneklerinin ve kontrol grubu örneklerin referans renge göre L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri elde edilmiştir.

3.2.4.6. Duyusal Analiz

Cips örneklerinin duyusal analizinde 9 puanlı hedonik test kullanılmış ve analiz, EK 1'de verilen duyusal analiz formu kullanılarak kontrol örnekleri ile RF son kurutma uygulanan örnekler eşliğinde panelistlere sunulmuştur. Panelistlere her

uygulamaya ait 2 adet örnek ve uygulamalar için ayrı birer form verilmiş ve analiz toplam 18 panelist ile (Panelistler, duyuşal analize aşına olan Mersin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü akademik personeli arasından seçilmiştir) gerçekleştirilmiştir. Kontrol örnekleri ve diğer iki uygulamaya ait test örnekleri için bekleme süresinin objektif duyuşal değerlendirmeyi etkilememesi adına tüm örnekler 5 dakikalık bekleme süresinin ardından panelistlere sunulmuştur. Panelistlerden örnekler arasında ağızlarını onlara verilen su ile çalkalamaları istenmiş ve böylelikle her örnek grubunun daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Analiz sırasında örneklerin kodlandığı sayılar, Microsoft Office Excel 2007 programı ile 0'dan 9'a kadar rakamların üçer haneli sayılar elde edilecek şekilde kullanılmasıyla rastgele oluşturulmuştur. Yine daha objektif sonuçların elde edilebilmesi amacıyla farklı uygulamalara ait örneklerin panelistlere veriliş sırası da sürekli değiştirilmiştir. Her örnek 6 kez birinci, 6 kez ikinci ve 6 kez üçüncü sırada olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneklerden her paneliste ikişer tane sunulmuştur. Panelistlere duyuşal test öncesi bilgilendirme yapılmış ve örnekleri soldan başlayarak değerlendirmeleri istenmiştir. Örneğin, 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma uygulaması RF-1, 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma uygulaması da RF-2 olarak adlandırılmak üzere; örnekler 1. paneliste RF-1 (780) – Kontrol (858) – RF-2 (235), 8. paneliste Kontrol (722) – RF-1 (356) – RF-2 (154), 18. paneliste Kontrol (867) – RF-2 (309) – RF-1 (429) veriliş sırası ve kodları ile sunulmuştur.



Şekil 3.7. Duyusal analiz test ortamı

Duyusal analizde katılımcılardan; cips örneklerini renk, sertlik, çıtırlık, tat ve genel beğeni açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Patates cipslerinde renk kriteri koyu kahverengiden açık sarıya (golden yellow) değişen bir parametredir ve açık sarı renge sahip cipsler yüksek kaliteli olarak değerlendirilmektedir [Moreira vd., 1999]. Sertlik bütün haldeki cipsin ön dişler ile ilk kırıldığı anda gösterdiği direnç, çıtırlık ise çiğneme esnasında hissedilen kırılma ve algılanan sesin şiddetinin bütünü olarak tanımlanmaktadır [Salvador vd., 2009]. Genel beğeni de görsel, tekstürel özellikler ile lezzet algısının bütünü oluşturulan bir nicelik olarak değerlendirilmiştir.

3.2.4.7. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar, SPSS (SPSS for Windows, Release 11.5, 2002, LEAD Technologies Inc.) istatistik yazılımı kullanılarak ANOVA and Tukey post hoc testleri ($\alpha = 0.05$) ile analiz edilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. KIZARTMA SÜRESİ

3.1.1 de belirtildiği gibi hazırlanan patates dilimleri 180 °C sıcaklıktaki yağ içerisinde kızartılmış; dilimlerin % 2, % 5, % 10 ve % 15 nem değerine ulaşması için gerekli süreler belirlenmiştir. 12 adet dilime eş zamanlı kızartma işlemi uygulanmış, dilimlerin birbirine yapışmasını engellemek ve nem içeriğinin homojen dağılmasını sağlamak amacıyla kızartma sepetinde her dilim ayrı bir hücreye yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Dilimlerin ortalama % 2, % 5, % 10 ve % 15 nem değerlerine ulaşması sırasıyla 110, 95, 80 ve 70 saniyelik kızartma işlemi sonunda gerçekleşmiştir (Çizelge 4.1).

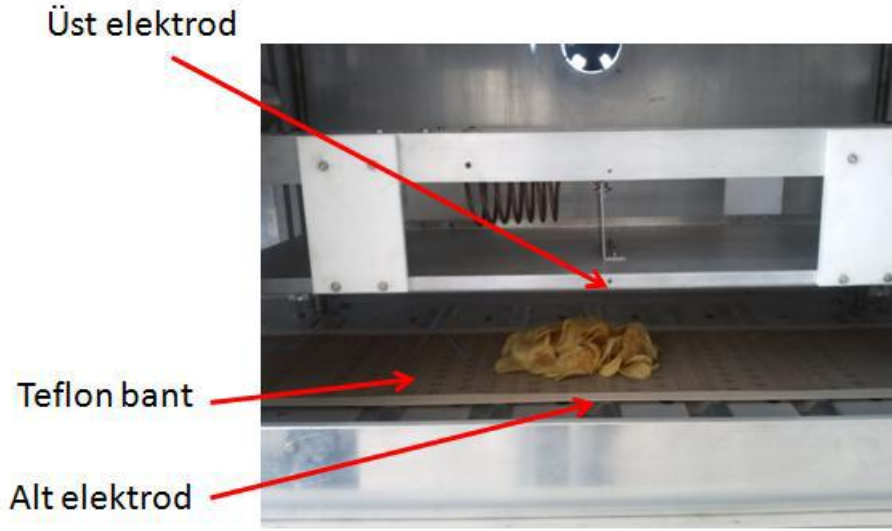
Çizelge 4.1. Çalışmada gerçekleştirilen uygulamalar ve nitelikleri

Örnek	180 °C’de kızartma süresi (s)	RF son kurutma süresi (dk)	Ürünlerin ortalama son nem içeriği (%)	
			Kızartma sonrası	RF-kurutma sonrası
Kontrol	110	-	≤ 2	-
RF-1	95	5	5	≤ 2
RF-2	80	5	10	≤ 2
RF-3	70	-	15	-

Kızartma sürelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan ön denemeler sırasında, farklı hasat mevsimlerinde temin edilen patateslerin (deney koşulları, cins ve temin edilen firmanın aynı olmasına rağmen) aynı kızartma sürelerinde farklı nem içeriğine eriştiği gözlemlenmiştir. Bu durum bir çok araştırmacı tarafından spesifik gravite ve kuru madde içeriği ile ilişkilendirilmektedir [Kunkel vd., 1951; Morales vd., 1992; Khan vd., 1995; Lusas ve Rooney, 2001]. Patates yumrusundaki toplam katı miktarı ve spesifik gravite arasında bir pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Yüksek spesifik graviteye sahip (daha az nem içeren) yumrudan elde edilen dilimlerden kızartma prosesi sırasında nemin uzaklaşması daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Ön denemeler sırasında Mart ve Eylül aylarında temin edilen Lady Claire tipi patateslerin, uygulanan deneysel parametreler aynı olmasına rağmen nem içerikleri farklı olmuştur. Bu nedenle asıl denemeler patates örnekleri firmadan temin edilmez derhal gerçekleştirilmiştir.

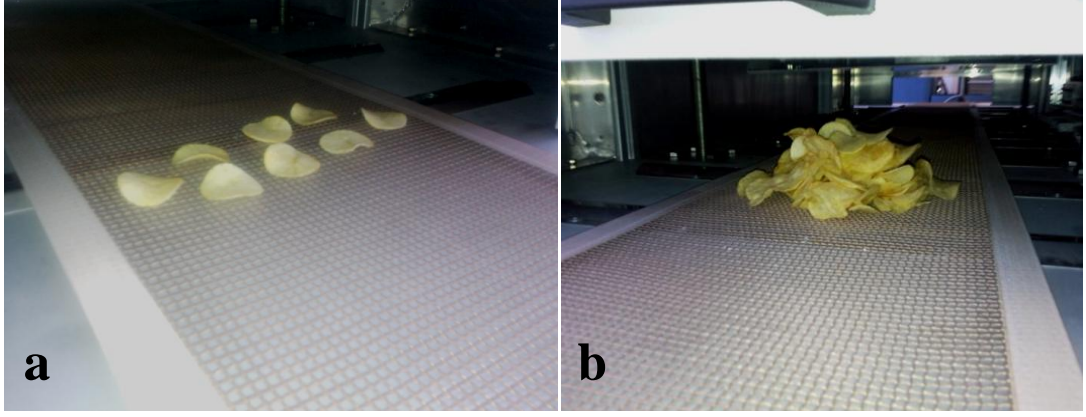
4.2. RF SON KURUTMA İŞLEMİ

Kızartma işlemi uygulanarak % 5 ve % 10 nem değerine getirilen örnekler RF tünel fırında hedef nem içeriği olan % 2 değerine kadar fırınlanmıştır. Kısmen kızartılan ürünler seri bir şekilde RF tünel fırına yerleştirilmiş, fırın hızı (20 cm/dk) ve optimum elektrot plaka mesafesi parametreleri ayarlanarak 5 dk kurutma işlemi uygulanmıştır (Çizelge 4.1). Ürün miktarı, ürüne etkiyen akım miktarı, RF tünel fırın gücü gibi parametreler değerlendirilerek en uygun elektrot plaka mesafesinin 90 mm olduğuna karar verilmiş ve çalışmalar bu değer ile sürdürülmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. RF fırının elektrodaları

12 adet dilim ile yapılan tekraralarda, ürünler RF tünel fırında ne kadar süre ile kalırlarsa kalsınlar ısınma gerçekleşmediği görülmüştür. Bu duruma sebep olarak radyo frekansı enerjisine maruz kalan ürün miktarının (dolayısı ile su molekülü miktarının) yetersiz kalmış olabileceği düşünülmüş ve ürünlerin RF tünel fırına yığın halinde yerleştirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçla test örnekleri ile aynı kalınlığa sahip, ancak daha büyük çaplı (50 mm) cipsler (ağırlıkça % 2-3 nem içeriğinde) hazırlanmış ve RF son kurutma sırasında test örneklerinin bu yığın ile birlikte işlem görmesi sağlanmıştır. Yığın cipslerinin çapları test örneklerinden (36 mm) farklı olduğundan örnekler fırın çıkışında kolaylıkla tanımlanabilmiştir. Yığın yöntemi ile etkin ve homojen ısınma gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Tek tabaka (a) ve yığın (b) halinde RF fırına giren patates dilimleri

Ancak, bu kez de kurumanın homojen olmadığı ve radyo frekansı işlemi uygulanan örneklerin nem içerikleri arasında büyük farklar olduğu gözlenmiştir. Bu durumun, yığın kalınlığının homojen olmamasından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Patates dilimleri bant üzerine konulduğunda, yığının ortasında bir tepe oluşmakta ve kenarlara doğru yığın kalınlığı azalmaktadır (Şekil 4.2-b). Yığın kalınlığının (4 cm) her yerde eşit olmasını sağlamak amacı ile dilimler halka şeklinde plastik bir kase (16 cm çapında ve 5 cm derinliğinde) içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Radyo frekansı enerjisini absorbe etmediği için polipropilen malzeme seçilmiştir. Bu şekilde homojen kurutma sağlanabilmiştir.



Şekil 4.3. Radyo frekansı ile homojen kurutmanın sağlanabilmesi için kullanılan plastik kase

Ön denemeler sırasında % 15 nem içeriğine kadar kızartılan ürünlerde RF son kurutma işlemi uygulanırken dilimlerin merkeze yakın noktalarında yanma meydana gelmiştir (Şekil 4.4). Bu durumun sebebi, dilim nem içeriğinin her noktada homojen olmaması ve merkeze yakın bölgelerin kenarlara göre daha nemli olmasıdır. Radyo frekansı enerjisi seçici olarak su bileşenini ısıttığı için, dilimin belli bir nem değerinin üzerine çıkan merkez bölgesi daha fazla enerji absorbe etmiş ve ani ısınmaya bağlı yanma meydana gelmiştir. Ön denemeler sırasında elde edilen bu bulgulara göre yaklaşık % 15 nem değerine kadar kızartılan örneklerde RF son kurutma işleminin uygulanamayacağı görülmüştür. 2008 yılında yapılan benzer bir çalışmada da, kısmen fırınlanan kek ve bisküvi örneklerine RF son kurutma uygulanmış; bisküviye nazaran daha yüksek hacimli kek örneğinde merkez bölgelerde kararma/yanma meydana geldiği rapor edilmiştir [Anese vd., 2008].



Şekil 4.4. % 15 nem değerine kadar kısmen kızartılan test örneğine RF-kurutma uygulamasının etkisi

Radyo frekansı ile kurutma işlemi sırasında dilimlerin ulaştığı sıcaklığı görmek amacı ile fiber optik sıcaklık probları ve 4-kanallı fiber optik sıcaklık ölçüm cihazı (UMI-4, Fiso, Canada) kullanılmıştır (Şekil 4.5). Yığın içerisinde farklı iki noktaya yerleştirilen problar (Şekil 4.6) yardımı ile dilimlerin sıcaklığı kaydedilmiştir.



Şekil 4.5. RF kurutma sırasında dilim sıcaklıklarını ölçmek için kullanılan fiber optik sıcaklık ölçüm düzeneği



Şekil 4.6. Yığın içerisinde yerleştirilen fiber optik sıcaklık probunu

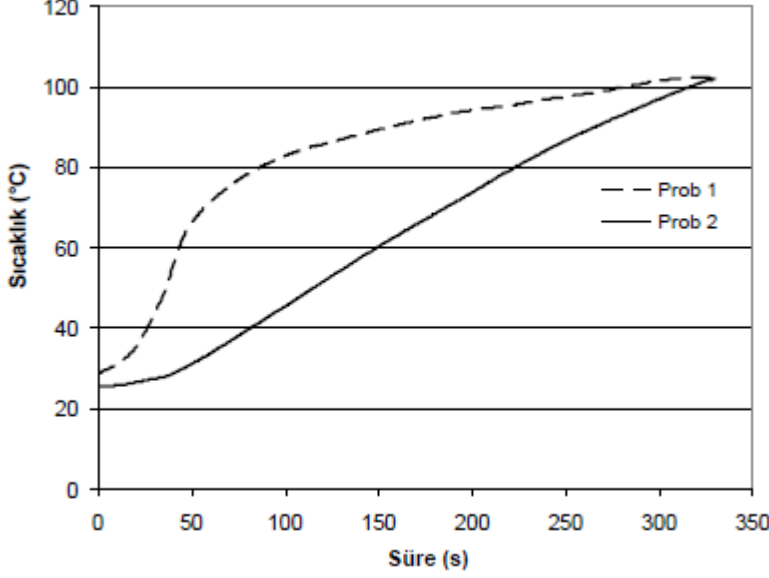
4.3. AKRİLAMİD İÇERİĞİ

Çalışmada kullanılan patateslerin nem içeriği % 81.1, toplam indirgen şeker içeriği 1.52 ± 0.37 g/kg (yaş ağırlık) ve serbest asparajin içeriği ise 2.49 ± 0.19 g/kg (yaş ağırlık) olarak belirlenmiştir. Lady Claire, düşük indirgen şeker içerikli bir patates çeşidi olması sebebi ile ticari patates cipsi üretimi için yaygın olarak tercih edilmektedir [Foot vd., 2007]. Her ne kadar cipse işlenecek patateslerin indirgen şeker içeriği için bir üst limit belirtilmemiş olsa da Avrupa Birliği Gıda ve İçecek Sanayileri Konfederasyonu, kızarmış patates ürünlerinde akrilamid oluşumunun sınırlandırılması için patates cipsi üreticilerine indirgen şeker içeriği 3 g/kg'ı aşmayan patates çeşitlerini kullanmayı önermiştir [CIAA, 2006]. Bu bilgilere dayanarak, bu çalışmada kullanılan patateslerin indirgen şeker konsantrasyonunun (1.52 g/kg) tavsiye edilen sınırlar içerisinde olduğu söylenebilir.

180 °C'de 110 s kızartma işlemi uygulanan örneklerin (kontrol) akrilamid içeriği 80.4 ± 10.4 ng/g olarak tespit edilmiştir. Çalışmada patates dilimlerinin 180 °C'lik kızartma yağı içerisindeki 110 saniyelik işlem süresinin 95 saniyeye kısaltılarak RF son kurutma işleminin uygulanmasıyla (RF-1) akrilamid içeriğinin % 26.1 oranında (59.4 ng/g) , 80 saniyeye kısaltılarak RF son kurutma işleminin uygulanmasıyla (RF-2) ise % 31.8 oranında azaldığı (54.8 ng/g) tespit edilmiştir.

95 ve 80 s kızartılan örneklerin radyo frekansı kurutma işleminden önceki akrilamid içeriklerinin ise sırası ile 64.1 ve 53.3 ng/g olduğu görülmüştür. Buna göre radyo frekansı kurutma işlemi sırasında akrilamidin oluşmadığı söylenebilir. Radyo frekansı kurutma işlemi sırasında dilimlerin sıcaklığının patatesin içerisindeki suyun kaynama sıcaklığını (çözünmüş madde konsantrasyonuna bağlı olmakla birlikte genellikle ~ 102 °C) geçmemesi (Şekil 4.7) akrilamid oluşumunu sınırlandırmıştır. Şekil 4.7, kısmen kızartılmış patates dilimleri içerisindeki suyun RF uygulaması ile kaynama sıcaklığına getirilecek ölçüde etkin bir ısıtma yapılabildiğini göstermektedir. Aynı zamanda, RF uygulaması sırasında dilimlerin sıcaklığının suyun kaynama noktasından daha yüksek değerlere çıkamayacağı anlaşılmaktadır. Bu da, ürünün yüksek sıcaklıklara maruz kalmadan daha kontrollü bir şekilde ısıtılacağı anlamına gelmektedir. Radyo frekansı, suyu seçici olarak ısıttığından

kuru bölgelerin ısınması söz konusu olmayacaktır. Şekil 4.7'de yığın içerisine yerleştirilen problardan birinin (Prob 1) daha nemli bir bölgeye yerleştirilmiş olduğu anlaşılmaktadır.

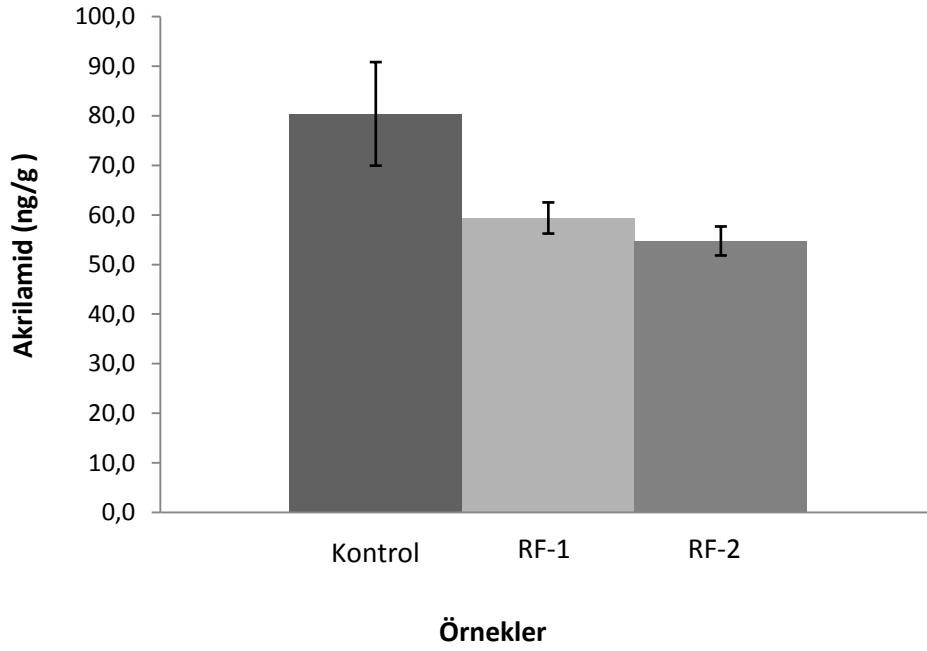


Şekil 4.7. RF uygulaması sırasında yığın içerisinde iki farklı noktada elde edilen sıcaklık grafikleri

Akrilamid oluşumunun 120 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleştiği ve büyük oranda yüzeyde olduğu belirtilmektedir [Gökmen vd., 2006]. Kızartma işlemi sırasında dilimlerin kızartma yağı ile karşılaşması birlikte yağdan ürüne olan ısı transferi hızla ürün yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Kızartmanın başlarında dilimden süratle buharlaşarak uzaklaşan nem, ürün yüzey sıcaklığının 100 °C'nin çok üzerine çıkmasına izin vermemekte ve başlangıçta akrilamid oluşumu minimum düzeyde gerçekleşmektedir. Kızartmanın ilerleyen aşamalarında ise gerek yüzeyde kabuk oluşumuna gerekse de üründen uzaklaşabilecek nem miktarının azalmasına bağlı olarak yüzey sıcaklığı 120 °C'ye yaklaşmakta veya üzerine çıkmakta ve akrilamid oluşumu gerçekleşmektedir.

Şekil 4.8'de kontrol, RF-1 ve RF-2 örneklerinin akrilamid içeriği gösterilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre; 180 °C'de 95 s kızartılarak 5 dk süreyle RF son kurutma uygulanan örneklerin (RF-1) akrilamid seviyesinin, kontrol örneğine göre %26.1 daha az (80.4 ng/g'dan 59.4 ng/g'a) olduğu belirlenmiştir. Yine

180 °C'de 80 s kızartılarak 5 dk RF son kurutma uygulanan örneklerin (RF-2) akrilamid seviyesi, kontrol örneğine göre % 31.8 daha az (80.4 ng/g'dan 54.8 ng/g'a) olduğu görülmüştür. Geleneksel kızartma yöntemi ile hedef nem içeriği olan % 2 değerine ulaşmaya kadar ürünler kızartılırken, yüzeyde meydana gelen kuruma ile birlikte ortam şartları akrilamid oluşumu için daha uygun (yüksek sıcaklık-düşük nem) hale gelmektedir. Bundan dolayı ürünlerdeki toplam akrilamid büyük ölçüde prosesin sonlarına doğru oluşmaktadır. RF son kurutma işlemi ile örneklerin yüzeyinde oluşan kurumunun kısmen önüne geçilmiş, kızartma prosesi erken sonlandırılarak akrilamid oluşumu da sınırlandırılmıştır.



Şekil 4.8. Örneklerin akrilamid içeriği (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2: 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

4.4. YAĞ İÇERİĞİ

Kontrol örneklerinin ve RF son kurutma uygulanan test örneklerinin yağ içeriği Çizelge 4.2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kontrol örneğine göre kızartma işlemi 15 saniye erken sonlandırılan RF-1 örnekleri ve kontrol örneklerinin yağ içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını göstermektedir ($p>0.05$). RF-2 örneklerinin ise kontrol örneğine göre % 11.6 daha az yağ içerdiği

görülmektedir. Genellikle ince patates dilimlerinin yenilebilir sıcak yağ içerisinde % 2 nem içeriğine kadar kızartılması ile elde edilen patates cipsi [Baumann ve Escher, 1995] ağırlıkça % 35-45 arasında yağ içermektedir [Garayo ve Moreira, 2002]. Bu bilgiler doğrultusunda RF son kurutma uygulanan örneklerin yağ içeriğinin kabul edilebilir düzeyde olduğu ve kızartmanın kontrol grubuna göre 30 saniye erken sonlandırıldığı RF-2 örneklerinin yağ içeriğinde önemli bir azalma sağlandığı söylenebilir.

Çizelge 4.2. Kontrol örneklerinin ve RF son kurutma uygulanan örneklerin yağ içeriği (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2: 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

Örnek	Kontrol	RF-1	RF-2
Yağ İçeriği (%)	33.41±1.37 ^a	33.04±0.58 ^a	29.53±0.58 ^b

Aynı satırda yer alan ve aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p > 0.05$).

4.5. TEKSTÜR ANALİZİ

Tekstür deneyleri sonucunda kontrol örnekleri ile RF son kurutma uygulanan örneklerin maksimum kuvvet (F_{maks}) ve toplam pik sayısı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür ($p > 0.05$). Yapılan çalışmada kontrol, RF-1 ve RF-2 örneklerine ait tipik tekstür grafikleri Şekil 4.9'da, çalışmaya ait aletsel olarak elde edilen tekstür değerleri de Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Probu cips yüzeyine temas ettiği an itibariyle kuvvet artış göstermekte, cipsin kırılması ile de kuvvette önemli derecede azalma meydana gelmektedir. Kırılmanın gerçekleştiği andaki cipsin proba gösterdiği direnç maksimum kuvvete karşılık gelmekte ve sertlik olarak nitelendirilmektedir. Şekil 4.9'dan, patates cipsi örneklerini kırmak için gerekli kuvvetin 2.0-3.0 N arasında olduğu görülmektedir. Leeratanarak vd. (2006) tarafından yapılan çalışmada da, ticari olarak üretilen bir patates cipsi örneği için maksimum kuvvet 1.9 N olarak rapor edilmiştir. Literatürde, patates cipsi için 2.0-3.0 N arasında maksimum kuvvetin rapor edildiği başka çalışmalar da bulunmaktadır [Salvador vd., 2009; Garayo ve Moreira, 2002; Segnini vd., 1999]. Şekil 4.9'da görülen eğrinin artış gösterdiği bölüm ise örneğin esnekliğinin bir fonksiyonudur [Miranda ve Aguilera, 2006].

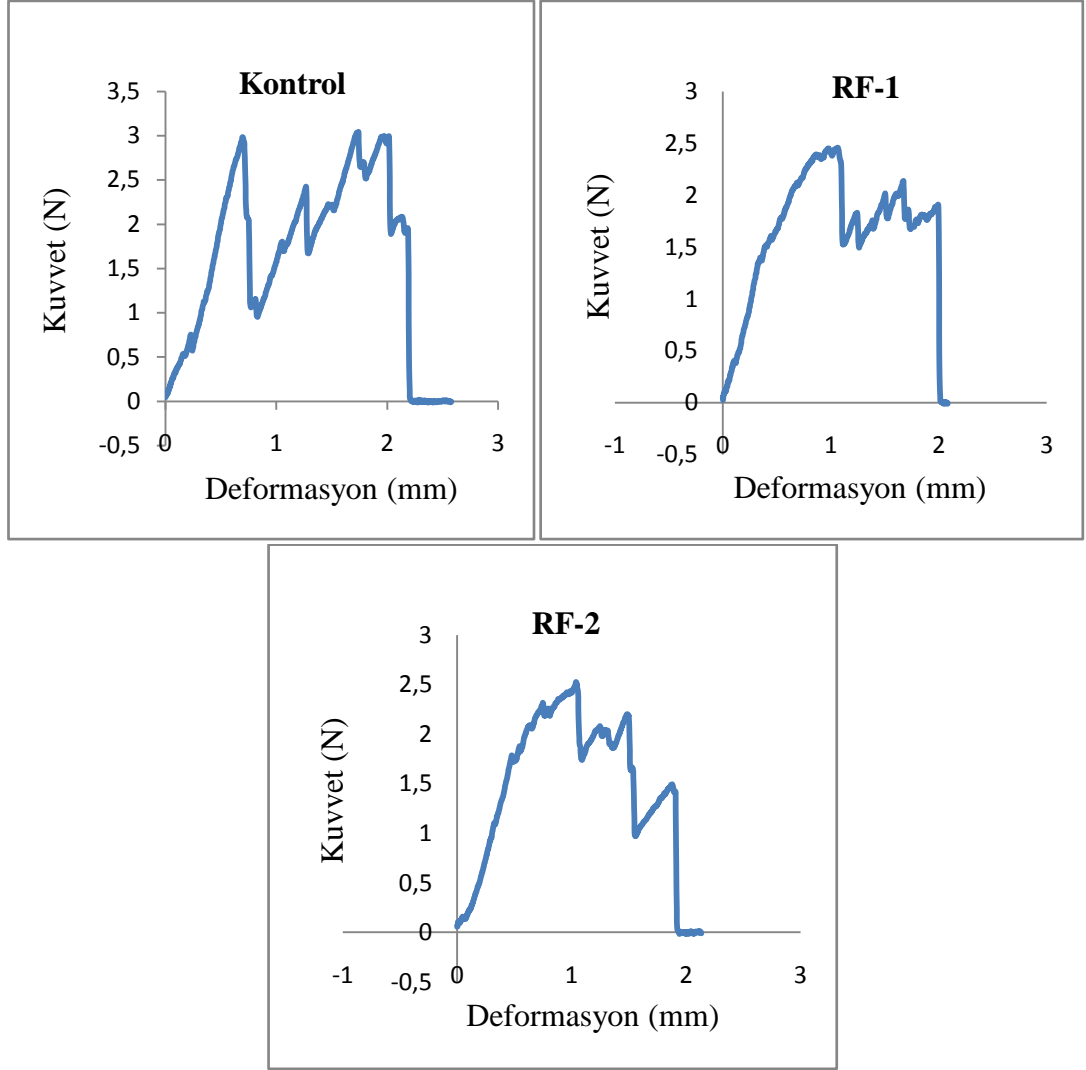
Çizelge 4.3 incelendiğinde, kontrol ve RF son kurutma uygulanmış örneklere ait F_{maks} değerleri arasındaki farkın önemli olmadığı görülmektedir ($p>0.05$). RF son kurutma işlemi duyuşal açıdan sertlik olarak hissedilen maksimum kuvvet değerinde hissedilebilir bir farklılık yaratmamış, bu durum duyuşal analizden elde edilen sonuçlarla da doğrulanmıştır. Salvador vd. (2009) tekstür deneylerinden elde ettikleri kuvvet-deformasyon eğrilerinde 0.049 N değerinin üzerinde olduğu belirlenen piklerin toplam sayısını çıtırılık ile ilişkilendirmiş, toplam pik sayısının daha yüksek olduğu örnekleri daha çıtır olarak değerlendirmişler. Bu çalışmada toplam pik sayısı parametresi açısından kontrol örneği ve RF son kurutma uygulanmış örnekler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiş ($p>0.05$) ve RF son kurutma uygulamasının cips için arzu edilen çıtırılık derecesinde olumsuz bir etki yaratmadığı düşünölmüştür. Bu durum yine yapılan duyuşal analizden elde edilen sonuçlarla doğrulanmıştır.

Çizelge 4.3. Aletsel olarak elde edilen tekstür değerleri (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2 : 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

Örnek	Maksimum kuvvet (N)	Deformasyon (mm)	Eğim (N/mm)	Toplam pik sayısı
Kontrol	2.70±0.77 ^a	0.75±0.23 ^a	3.80±1.58 ^a	11.8±5.6 ^a
RF-1	2.21±0.37 ^a	1.10±0.41 ^b	2.24±0.90 ^b	13.1±4.1 ^a
RF-2	2.30±0.67 ^a	1.03±0.54 ^b	2.64±1.63 ^b	11.9±3.0 ^a

Aynı sütunda yer alan ve aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($p > 0.05$)

Deformasyon değeri ise kontrol örneği için daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4.3). Dolayısı ile maksimum kuvvetin deformasyona bölünmesi ile elde edilen eğim değeri kontrol örneği için daha yüksektir. Eğimin yüksek olması materyalin sıkı yapılı (stiff) olduğunun bir göstergesidir. Bu durum, kontrol örneğini kırmak için daha büyük bir kuvvetin gerektiğini ve kontrol örneğinin daha kırılğan (brittle) olduğunu göstermektedir. RF-1 ve RF-2 örnekleri ise daha düşük bir kuvvet ile kırılmış ve kırılmadan önce daha fazla deforme olmuşlardır. Bu da, bu iki örneğin kontrol örneğine oranla daha esnek veya diğeri daha az kırılğan bir yapıya sahip olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 4.9. Örneklere ait tipik kuvvet-deformasyon eğrileri (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2: 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

4.6. RENK ANALİZİ

RF son kurutma uygulamasının patates cipsinin rengi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan renk analizi sonucu elde edilen L^* , a^* , b^* değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmektedir. RF son kurutma uygulanan örnekler ile kontrol örneklerine ait parlaklığın (açıklık-koyuluk) bir ifadesi olan L^* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). a^* değeri yeşilden kırmızıya değişen renk aralığını tanımlamakta olup, negatif yöne doğru artış kırmızılığın azaldığını göstermektedir. RF son kurutma uygulanan her iki grup örnek ile kontrol

örneklerine ait a^* değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($p < 0.05$) ve RF-kurutma uygulanan örneklerin kontrol grubuna göre daha az kırmızı olduğu belirlenmiştir. Pozitif değerleri sarı rengin şiddetini ifade eden b^* değeri açısından kontrol örnekleri ile RF-2 örnekleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz, RF-1 örneklerinin bu diğer iki gruptan farkı ise önemli bulunmuş; RF-1 örneklerinin sarı renk derecesinin diğer iki örnek grubuna göre daha az olduğu belirlenmiştir. Bu durum Şekil 4.10'da verilen örneklere ait görüntüler ile de doğrulanmaktadır.

Çizelge 4.4. Patates cipsi örneklerinin renk parametre değerleri (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2 : 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

Örnek	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
Çiğ patates†	87.91	-14.09	47.18	-
Kontrol	84.71±2.16 ^a	-5.81±3.48 ^a	64.23±2.48 ^a	19.56±3.05 ^a
RF-1	85.96±2.67 ^a	-9.75±3.52 ^b	62.02±1.92 ^b	16.12±2.35 ^b
RF-2	85.81±2.78 ^a	-8.93±3.49 ^b	65.33±2.03 ^a	19.54±1.18 ^a

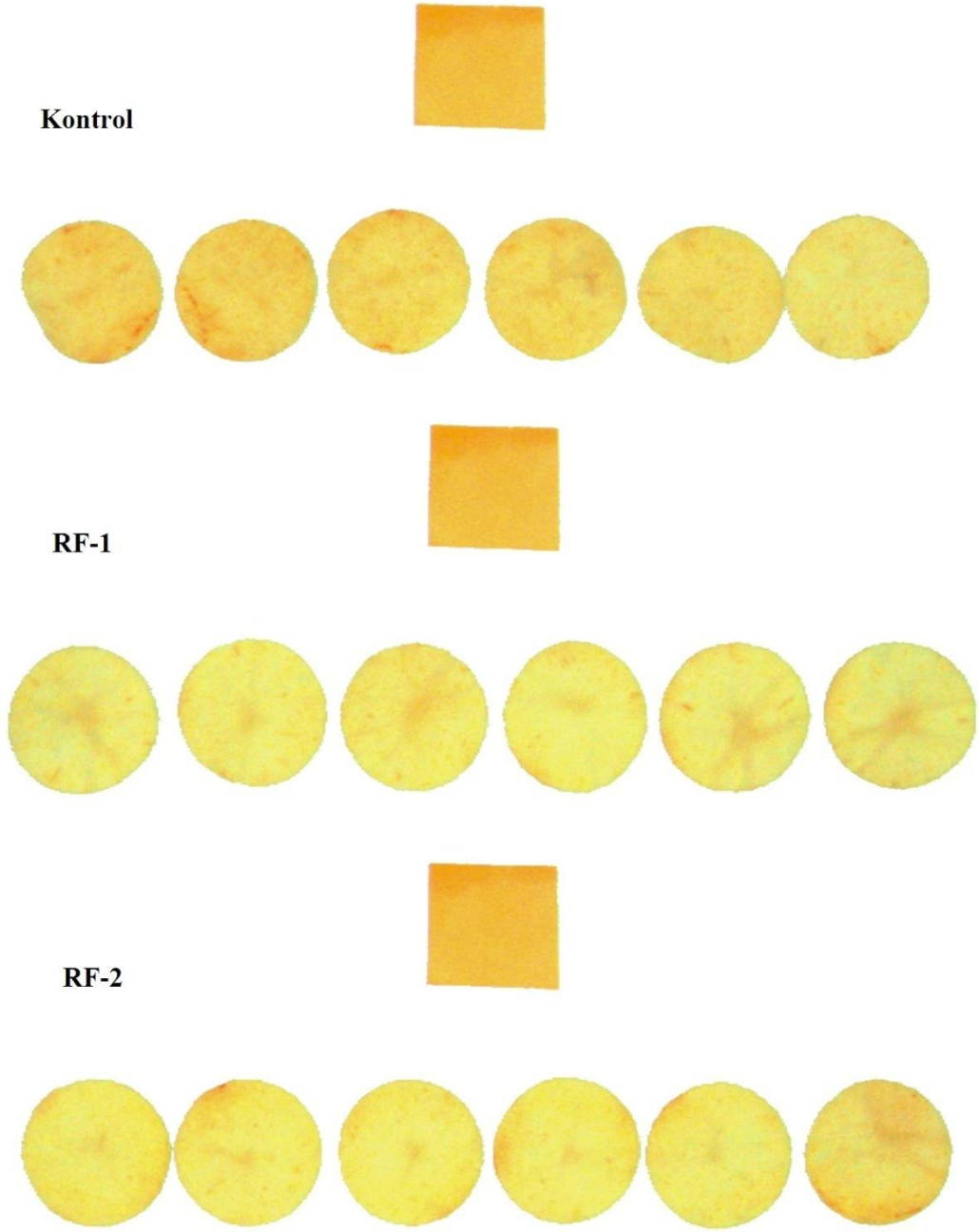
Aynı sütunda yer alan ve aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($P > 0.05$). † ΔE^* değerleri, çiğ patatese ait L^* , a^* ve b^* değerleri referans alınarak hesaplanmıştır.

Tüketiciler tarafından patates kızarmış patates ürünlerinde kabul gören renk Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan altın sarısı olarak tanımlanan sarı renktir [Pedreschi vd., 2006b]. Renk oluşumunu etkileyen en önemli faktör ise patatesin kompozisyonudur [Leon vd., 2006]. Kızartılan patatesteki glukoz, fruktoz gibi indirgen şeker konsantrasyonlarının fazla olması üründeki rengin istenilen altın sarısı renginden daha koyu, arzu edilmeyen bir renk haline dönüşmesine neden olmaktadır [Claeys vd., 2005]. Aynı zamanda aynı sıcaklığa maruz kalan dilimin, farklı noktaları farklı sıcaklıklara ulaştığı için de renk oluşumu dilim içinde homojen gerçekleşmemektedir.

Diğer kızartılmış patates ürünlerinde olduğu gibi patates cipslerinde de L^* , a^* , b^* değerlerindeki değişim yorumlandığında, genel olarak a^* değerinin artması ürünün kırmızılığının arttığını göstermektedir. Ancak bu durum cips için istenen bir özellik değildir. b^* ve L^* parametrelerinin değerlerinin artması, elde edilen ürünlerin daha sarı renkli ve parlak olduğunun bir göstergesidir. Bu nedenle b^* ve L^* parametrelerinin artması; a^* parametresinin ise azalması cips için ideal olarak nitelenen altın sarısı rengin ortaya çıkması anlamına gelmektedir.

Pedreschi vd. (2005b), kızartma işlemi sırasında diğerlerine göre daha önemli ölçüde değişen renk parametresinin kırmızılığı temsil eden a^* değeri olduğunu rapor etmişlerdir. Kızartma işlemi ilerledikçe L^* ve b^* değerlerinde önemli bir değişme gözlenmezken esmerleşmenin artması ile birlikte a^* değerinin de arttığı görülmüştür. Aynı çalışmada, patates cipsinin akrilamid içeriği ile a^* değeri arasında doğrusal bir ilişki ($R^2 = 0.957$) olduğu saptanmıştır. Akrilamid içeriği ile a^* değeri arasındaki doğrusal korelasyon Pedreschi vd. (2006b) tarafından parmak patatesler ile yapılan çalışmada da gözlenmiştir.

Çizelge 4.4'te örneklerin ΔE^* renk değişim değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar RF-1 uygulamasına ait örneklerde renk değişiminin, kontrol ve RF-2 örneklerine göre daha az olduğunu ve bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğunu ortaya koymaktadır. 95 s boyunca kızartılan ürünlerde karakteristik rengin oluşması ve sonrasında uygulanan RF-kurutmanın renk değişimi üzerine etki etmemesinin bu duruma sebep olduğu düşünülmektedir. Ancak 80 s sonunda kızartma yağından çıkarılan RF-2 örnekleri için renk oluşumu tamamlanamamış RF son kurutma uygulaması sırasında da renk değişimi meydana gelmiştir.



Şekil 4.10. Örneklere ait renk analizi görüntüleri (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2: 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

4.7. DUYUSAL ANALİZ

Kontrol örneklerinin ve RF son kurutma uygulanan test örneklerinin duyu analizi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucu elde edilen bulgular; renk, sertlik, çıtırlık, tat ve genel beğeni parametrelerinin her biri için, RF son kurutma uygulanmış örnekler ve kontrol örnekleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ortaya koymuştur. RF-kurutma uygulaması, cips örneklerinin görsel, tekstürel ve duyu özellikleri üzerinde olumsuz bir etki yaratmamış, arzu edilen niteliklerdeki cipsler elde edilmiştir.

RF enerjisinin etlerin pişirilmesi ya da sebzelerin haşlanmasında kullanımına yönelik yapılan çalışmalarda [Zhao vd., 2000], uygulamanın ürünlerin renk ve tekstür parametrelerinde olumsuz değişiklikler yarattığı ve elde edilen ürünlerin tüketilemeyecek hal aldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada elde edilen duyu analizi sonuçları, RF enerjisinin kurutma amacıyla kullanımının bu gibi etkiler yaratmadığı, tüketilebilir nitelikte ürünlerin elde edilmesini sağladığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.5. Duyusal analiz sonuçları (Kontrol: 180 °C'de 110 s kızartma, RF-1: 180 °C'de 95 s kızartma + 5 dk RF kurutma, RF-2 : 180 °C'de 80 s kızartma + 5 dk RF kurutma)

Örnek	Renk	Sertlik	Çıtırlık	Tat	Genel Beğeni
Kontrol	6.28±1.67 ^a	5.88±1.50 ^a	6.78±1.26 ^a	7.11±1.78 ^a	7.22±1.56 ^a
RF-1	6.33±1.85 ^a	5.72±1.23 ^a	6.83±1.65 ^a	6.94±1.26 ^a	7.22±1.31 ^a
RF-2	6.94±1.55 ^a	5.83±1.15 ^a	6.72±1.41 ^a	7.17±1.54 ^a	7.17±1.62 ^a

Aynı sütunda yer alan ve aynı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (P > 0.05).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, patates cipsinin akrilamid ve yağ içeriğinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, geleneksel olarak yağda kızartılarak üretilen patates cipsinin üretimi için kızartma ve radyo frekansı kurutma işlemlerinin kombine olarak uygulandığı bir yöntem önerilmiştir. Kızartma işlemi ile nem içeriği ağırlıkça % 5-10'a getirilen patates dilimleri daha sonra radyo frekansı kurutma işlemine tabi tutularak nem içeriği patates cipsinin sahip olması gereken değere (\approx % 2) düşürülmüştür. Kızartma işleminin erken sonlandırılması ve son kurutmanın radyo frekansı uygulaması ile yapılması sayesinde patates dilimlerinin son ürün nem içeriğine ulaşılması için geçen sürede yüksek yağ sıcaklıklarına maruz kalması önlenmiştir. Önerilen yöntem ile kontrol örneğine (110 s kızartma) göre akrilamid içeriğindeki azalma, patates dilimleri 95 s yağda kızartıldıktan sonra RF ile kurutulduğunda % 26, 80 s yağda kızartıldıktan sonra RF ile kurutulduğunda ise % 32 olmuştur. Yağ içeriğinde ise kontrol örneğine göre % 12 oranında bir azalma elde edilmiştir (80 s kızartma + RF kurutma).

Önerilen yöntemin, patates cipsinin renk ve tekstür gibi kalite özellikleri üzerine etkisi de araştırılmıştır. Aletsel olarak yapılan analiz sonucunda RF-kurutma uygulanan örneklerin kontrol örneğine göre daha yumuşak ve daha az esmer, ancak aynı çıtırlıkta olduğu görülmüştür. Duyusal analizde örneklerin kalite özellikleri arasında bir fark görülmemiş; örnekler, panelistler tarafından eşit derecede beğenilmiştir.

Radyo frekansı kurutma işleminin % 15 nem içeren patates dilimleri için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır. Bu dilimlerin kızartma işlemi sonunda daha nemli kalan orta kısımları, radyo frekansı uygulaması sırasında daha fazla akım çekerek yanmalarına sebep olmuştur. Çalışmada elde edilen diğer bir bulgu, yığın kalınlığının radyo frekansı kurutmanın etkinliği ve homojenliği açısından kritik öneme sahip olmasıdır. Sonuç olarak, yöntemin endüstriyel olarak % 5-10 nem içeren kısmen kızartılmış patates dilimlerine uygulanabileceği ancak, dilimlerin belli ve sabit bir yığın kalınlığında radyo frekansı fırından geçirilmesi gerektiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- AC Nielsen, The Nielsen Company, Perakende Ölçüm Araştırması, (2002).
- Amrein, T., “Systematic Studies on Process Optimization to Minimize Acrylamide Contents in Food”, Doctoral Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Natural Science. 160 s, (2005).
- Amrein, T., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Ferraz, M., Biedermann, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., Amado, R., “Potential of Acrylamide Formation Sugars and Free Asparagine in Potatoes: A Comparison of Cultivars and Farming Systems”, Journal of Agriculture and Food Chemistry, 51: 5556-5560, (2003).
- Anese, M., Sovrano, S., Bortolomeazzi, R., “Effect of radiofrequency heating on acrylamide formation in bakery products”, European Food Research and Technology, 226: 1197-1203, (2008).
- AOAC. 1975. Official Methods of Analysis (12th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- AOAC. 1995. Official methods of analytical chemist (5th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Balaban M.O., “Quantifying nonhomogeneous colors in agricultural materials Part I: Method development”, Journal of Food Science, 73: 431-437, (2008).
- Baumann, B. and Escher, F., “Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices - I. Rate of drying and oil uptake”, Lebens Wiss Technol, 28: 395-403, (1995).
- Becalski, A., Lau, B.P., Lewis, D., Seaman, S.W., “Acrylamide in foods; occurrence, source”, Los Angeles CA, 22-26 s., (2002).
- Bouchon, P. and Pyle, D. L., “Studying oil absorption in restructured potato chips”, Journal of Food Science, 69(3): 115–122, (2004).
- Bouchon, P., Aguilera, J. M., & Pyle, L. (2003). Structure oil-absorption relationships during deep-fat frying. Journal of Food Science, 68, 2711–2716.
- Bourne, M. C., Moyer, J. C., Hand, D. B., “Measurement of food texture by a universal testing machine”, Food Technology, 20: 170–174, (1966).

- Brathen, E., Kita, A., Knutsen, S.H., Wicklund, T., “Addition of Glycine Reduces the Content of Acrylamide in Cereal and Potato Products”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53: 3259-3264, (2005).
- Brunton, N. P., Lyng, J. G., Li, W., Cronin, D. A., Morgan, D., McKenna, B., “Effect of radio frequency (RF) heating on the texture, color and sensory properties of a comminuted pork meat product”, *Food Research International*, 38: 337-344, (2005).
- Cheremisinoff, N. P., “Electrotechnology Industrial and Environmental Applications”, Noyes Publications, New Jersey, (1996).
- CIAA., The CIAA Acrylamide "Toolbox". Confederation of the Food and Drink Industries of the EU. <http://www.fda.gov/downloads/Food/FoodSafety/FoodContaminantsAdulteration/ChemicalContaminants/Acrylamide/UCM194530.pdf>, [12.07.2012], (2006).
- Claeys, W.L., De Vleeschouwer, K., Henrickx, M.E., “Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide”, *Trends in Food Science Technology*, 16(5):181–193, (2005).
- Clark, T.D., “The current status of radio frequency post-baking drying technology”, Presented at the 72nd Annual Technical Conference of the Biscuit and Cracker Manufacturers’ Association, Forth Worth, <http://www.radiofrequency.com/products/current.html> (31.07.2011)
- Datta A.K., Davidson PM, “Microwave and Radio Frequency Processing”, *Journal of Food Science*, 65: 32-41, (2000).
- Dibben, D., “Electromagnetics: Fundamental Aspects and Numerical Modeling”, Marcel Dekker, New York, 1-30 s., (2001).
- Doğa Tohumculuk Online: <http://www.dogaseed.com/?s=86> (22.10.2012)
- Duizer, L., “A review of acoustic research for studying the sensory perception of crisp, crunchy and crackly textures”, *Trends in Food Science and Technology*, 12: 17–24, (2001).
- Dybing, E., Sanner, T., “Risk assessment of acrylamide in food”, *Toxicology Science*, 75: 7-15, (2003).

- Eriksson, S., “Acrylamide in Food Products: Identification, Formation and Analytical Methodology”, Doctoral Thesis, Stockholm University, Department of Environmental Chemistry, 91 s., (2005).
- FDA, “Releases new data on acrylamide levels in food and final action plan”, Institute of Food Science and Technology, (2004).
<http://www.ifst.org/site/cms/contentviewarticle.asp?article=545>.
(21.08.2012)
- FDA/CFSSAN, “Explanatory data on acrylamide in foods”, U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Food and Drug Administration, Center of Food Safety Applied Nutrition, (2002).
- Foot R.J., Haase N.U., Grob, K., Gondé, P., “Acrylamide in fried and roasted potato products: a review on progress in mitigation”, *Food Add. Cont.*, 24: 37-46, (2007).
- Gamble, M. H., Rice, P., Selman, J. D., “Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. tubers”, *International Journal of Food Science and Technology*, 22: 233–241, (1987).
- Garayo, J. and Moreira, R., “Vacuum frying of potato chips”, *Journal of Food Engineering*, 55: 181-191, (2002).
- Gladwell, M., “The trouble with fries”, *The New Yorker*, 5: 52–57, (2001).
- Glew, G., “Frying of food, principles, changes, new approaches”, Chichester, England, 191 s., (1988).
- 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).
- 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).
- 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).

- Granda, C., Moreira, R.G., Tichy, S.E., “Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying”, *Journal of Food Science*, 69: 405–411, (2004).
- Granda, E., C., “Kinetics of Acrylamide Formation in Potato Chips”, Master Thesis, Texas A&M University, Biological and Agricultural Engineering, 171 s., (2005).
- Grivas, S., Jägerstad, M., Lingnert, H., Skog, K., Tornqvist, M., Aman, P., “Acrylamide in Food: Mechanisms of Formation and Influencing Factors During Heating of Foods”, *Scandinavian Journal of Nutrition*, 46 (4): 159–172, (2002).
- Gupta, P., Shivhare, U.S., Bawa, A.S., “Studies on frying kinetics and quality of French fries”, *Drying Technology*, 18: 311–21, (2000).
- Hogervorst, J.G., Schouten, L.J., Konings, E.J., Goldbohm, R.A., van den Brandt, P.A., “A prospective study of dietary acrylamide intake and the risk of endometrial, ovarian, and breast cancer”, *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention*, 16: 2304-2313, (2007).
- Insel, P., Turner, R.E., Ross, D., “Lipids: Not just fat. Discovering Nutrition 2nd ed”, Jones and Bartlett, Sudbury, Massachusetts, 646 s., (2006).
- Jason, A. C., Sanders, H. R., “Dielectric thawing of fish”, *Food Technology*, 16: 107-112, (1962).
- Karadoğan, T., “Bazı Patates Çeşitlerinin Cips ve Parmak (Kızarmış) Patates Kalitesi Üzerinde Bir Araştırma”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 30-38, (1994).
- Khan, I.A., Chaudry, M. S., Bhatti, K., Alvi, A. W., Aziz, S., “Evaluation of New Potato Strain for Chips Processing”, Pakistan Agricultural Research Council, Pak-Swiss Potato Development Project, Proceeding of National Seminar held at NARC, Islamabad, 23-25 April, PSPDP/PARC, 331-334 s., (1995).
- Kita, A., Brathen, E., Knutsen, S.H., Wicklund, T., “Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing”, *J. Agric. Food Chem.*, 52: 7011–7016, (2004).

- Kita, A., Figiel, A., “Effect of post-drying method on selected properties of potato chips”, *Acta Agrophysica*, 11: 91-100, (2008).
- Kita, A., Lisinska, G., Golubowska, G., “The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato chips”, *Food Chemistry*, 102: 1–5, (2007).
- Knol, J.J., Viklund, G.A.I., Linssen, J.P.H., Sjöholm, I.M., Skog, K.I., van Boekel, M.A.J.S., “Kinetic modelling: A tool to predict the formation of acrylamide in potato crisps”, *Food Chemistry*, 113: 103-109, (2009).
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., Marinou-Kouris, D. “Colour Changes during Deep Fat Frying”, *Journal of Food Engineering*, 48: 219-225, (2001).
- Krokida, M., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., “Water Loss and Oil Uptake As A Function of Frying Time”, *Journal of Food Engineering*, 44: 39-46, (2000).
- Kunkel, R., Gregory, J., Binkley, A. M., “Mechanical Separation of Potatoes into Specific Gravity Groups Shows Promise for the Potato Chips Industry”, *American Potato Journal*, 28: 690-696, (1951).
- Laycock, L., Piyasena, P., Mittal, G. S., “Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products”, *Meat Science*, 88: 4120-4131, (2003).
- Lays Online: <http://www.focus4bbdo.com/pdf/lays.pdf> (22.10.2012)
- Leeratanarak N., Devahastin S., Chiewchan N., “Drying kinetics and quality of potato chips undergoing different drying techniques”, *Journal of Food Engineering*, 77(3): 635-643, (2006).
- Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F., Leon, J., “Color measurements in L*a*b* units from RGB digital images”, *Food Research International*, (2006).
- Lissner, L. and Heitmann, B. L., “Dietary fat and obesity: Evidence from Epidemiology”, *Eur. J. Clin. Nutr.*, 49: 79-90, (1995).
- Lusas, E.W., Rooney, L.W., “Snack Food Processing”, CRC Press LLC, United States of America, 248 s., (2001).
- Luzuriaga, D., Balaban, M.O., Yeralan, S., “Analysis of visual quality attributes of white shrimp by machine vision”, *Journal of Food Science*, 62: 1–7, (1997).

- Mackay, G., Brown, J., Torrence, C., “The processing potential of tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L. after storage at low temperatures”, *Potato Research*, 33: 211–218, (1990).
- Macrowave Online, “How RF Heating Works”, <http://www.radiofrequency.com/rftech.html>, (21.08.2012).
- Mai Tran, T.T., Chen, X.D., Southern, C., “Reducing oil content of fried potato crisps considerably using a 'sweet' pretreatment technique”, *Journal of Food Engineering*, 80: 719-726, (2007).
- Marique, T., Kharoubi, P., Bauffe, P., Ducattillon, C., “Modeling of fried potato chips colour classification using image analysis and artificial neural network”, *Journal of Food Science*, 68(7): 2263–2266, (2003).
- Marquez, G., Anon, M.C., “Influence of reducing sugars and amino acids in the colour development of fried potatoes”, *Journal of Food Science*, 51: 157–160, (1986).
- Marra, F., Zhang, L., Lyng, J. G., “Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances”, *Journal of Food Engineering*, 91:497-508, (2009).
- 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).
- Mehta, U. and Swinburn, B.,. “A review of factors affecting fat absorption in hot chips”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41: 133-154, (2001).
- Mellema, M., “Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods”, *Trends in Food Science and Technology*, 14: 364 –373, (2003).
- Mendoza, F., Dejmek, P., Aguilera, J.M., “Colour and image texture analysis in classification of commercial potato chips”, *Food Research International*, 40: 1146–1154, (2007).
- Mestdagh, F., De Wilde, T., Fraselle, S., Govaert, Y., Ooghe, W., Degroodt, J., Verhé, R., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B., “Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes”, *Lebens Wiss Technology*, 41: 1648-1654, (2008).

- Mestdagh, F., Meulenaer, B.D, Peteghem, C.V., “Influence of Oil Degradation on The Amounts of Acrylamide Generated in A Model System and in French Fries”, *Food Chemistry*, 100: 1153-1159, (2007).
- Miranda, M. L., Aguilera, J., M. “Structure and Texture Properties of Fried Potato Products”, *Food Reviews International*, 22: 173-201, (2006).
- Morales, A. A., Bourne, M. C., Shomer, I., “Cultivar, Spesific Gravity and Location in Tuber Affect Puncture Force of Raw Potatoes”, *Journal of Food Science*, 57(6): 1535-1539, (1992).
- Morales, M. E., Valerio-Junco, L., Lopez-Malo, A., Garcia, H. S., “Dielectric Properties of Foods: Reported Data in the 21st Century and Their Potential Applications”, *Food Science and Technology*, 43: 1169-1179, (2010).
- Moreira, R. G., Sun, X., Chen, Y., “Factors affecting oil uptake in tortilla chips in deep-fat frying”, *Journal of Food Engineering*, 31: 485–498, (1997).
- Moreira, R.G., Castell-Perez, M.E., Barrufet, M. A., “Deep-Fat Frying: Fundamentals and Applications”, *Aspen Publishers: Gaithersburg*, 75-108, (1999).
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T., “Acrylamide is formed in the Maillard reaction”, *Nature*, 419: 448–449, (2002).
- Nelson, S.O., “Review and assessment of radio frequency and microwave energy for stored-grain insect control”, *Transactions of the ASAE*, 39: 1475-1484, (1996).
- Orsat, V., Bai, L., Raghavan, G. S. V., Smith, J. P., “Radio frequency heating of ham to enhance shelf-life in vacuum packaging”, *Journal of Food Process Engineering*, 27: 267-283, (2004).
- Palazoğlu, T. K., Coşkun, Y., Kocadağlı, T., Gökmen, V., “Effect of Radio Frequency Postdrying of Partially Baked Cookies on Acrylamide Content, Texture, and Color of the Final Product”, *Journal of Food Science*, (2012).
- 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).

- Pedreschi, F., & Moyano, P., “Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips”, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 38: 599–604, (2005).
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., “Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying”, *Lebens Wiss Technology*, 37: 679-685, (2004).
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., Troncoso, E., “Acrylamide Reduction Under Different Pre-Treatments in French Fries”, *Journal of Food Engineering*, 79: 786-793, (2006a).
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., “Acrylamide Content and Color Development in Fried Potato Strips”, *Food Research International*, 39: 40–46, (2006b).
- Pedreschi, F., Moyano, P. “Oil Uptake and Texture Development in Fried Potato Slices”, *Journal of Food Engineering*, 70: 557-563, (2005a).
- Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K., Granby, K., “Color changes and acrylamide formation in fried potato slices” *Food Research International*, 38: 1-9, (2005b).
- Pedreschi, F., Moyano, P., Santis, N., Pedreschi, R., “Physical properties of pre-treated potato chips”, *Journal of Food Engineering*, 79: 1471–1482, (2007).
- Prokop, S. and Albert, J., “Potatoes, nutrition and diet”, *International Year of The Potato*, <http://www.potato2008.org/en/potato/factsheets.html> (12.04.2012)
- Regier, M., Schubert, H., “Introducing microwave processing of food: principles and technologies”, *Woodhead Publishing, Cambridge*, 12-20 s., (2005).
- Richmond, P., Borrow, R., “Acrylamide in Food”, *The Lancet*, 361(2): 361-362, (2003).
- 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).
- Romani, S., Rocculi, P., Mendoza, F., Rosa, M. D., Image characterization of potato chip appearance during frying, *Journal of Food Engineering* 93, (2009), 487–494.
- Rommens, C.M., Yan, H., Swords, K., Richael, C., Ye, J., “Low-acrylamide French fries and potato chips”, *Plant Biotechnology Journal*, 6: 843-853, (2008).

- Rydberg, P., Ericson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., Tornqvist, M., “Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs”, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 7012-7018, (2003).
- Saguay, I. S. and Pinthus, E. J., “Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism”, *Food Technology*, 4: 142–145, (1995).
- Salvador, A., Varela, T., Sanz, T., Fiszman, S.M., “Understanding Potato Chips Crispy Texture By Simultaneous Fracture And Acoustic Measurements, And Sensory Analysis”, *Food Science and Technology*, 42: 763-767, (2009).
- Sanders, H.R., “Dielectric thawing of meat and meat products”, *Journal of Food Technology*, I: 183-192, (1966).
- Segnini, S., Dejmek, P., Oste, R., “Reproducible texture analysis of potato chips”, *Journal of Food Science*, 64: 309–312, (1999).
- Şenyuva, H.Z., Gökmen, V., “Interference-free determination of acrylamide in potato and cereal based foods by a laboratory validated liquid chromatography-mass spectrometry method”, *Food Chemistry*, 97: 539-545, (2006).
- Smith, O., “Potato chips”, *Potato processing* (Editör: Talburt, W. F.), The Avi Publishing Company, 305–402 s., (1975).
- Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M.C., Riediker, S., “Acrylamide from Maillard reaction products”, *Nature*, 419: 449-450, (2002).
- Strayfield Online, “Radio Frequency Heating and Post-Baking”, http://www.strayfield.co.uk/images/radio_frequency.pdf, (11.12.2010)
- Swinburn, B.A., Caterson, I., Seidell, J. C., James, W. P. T., “Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity”, *Public Health Nutrition*, 7 (1): 123-146, (2004).
- Szczesniak, A. S., “Correlating sensory with instrumental texture measurements. An overview of recent developments”, *Journal of Texture Studies*, 18: 1–15, (1987).
- Szczesniak, A. S., Brandt, M. A., Friedman, H. H., “Development of Standard rating scales for mechanical parameters of texture and correlation between the

- objective and the sensory methods of texture evaluation”, *Journal of Food Science*, 28: 397–403, (1963).
- Tang, J., Wang, Y., “Radio-frequency Heating in Food Processing”, *Novel Food Processing Technologies*, 692, (2005).
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Toemqvist, M., “Analysis of Acrylamide, A Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 4998-5006, (2002).
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Tornqvist, M., “Acrylamide: A cooking carcinogen?”, *Chemist Research. Toxicology*, 13:517-522, (2000).
- Tewari, G., Juneja V.K., “Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation 1st ed”, Blackwell Publishing, UK, 120 s., (2007).
- Tuta, S., “Dondurulmuş Patates Dilimlerine Uygulanan Mikrodalga ile Ön-Çözdürme İşleminin Parmak Patatesin Akrilamid İçeriği ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2009).
- Übeyitoğulları, F., “Hatay Yöresinde Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, *Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2005).
- Vicklund, G., Olsson, K.M., Sjöholm, I.M., Skog, K.I., “Variety and storage conditions affect the precursor content and amount of acrylamide in potato crisps”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 305-312, (2008).
- Vincent, J. F. V., “The quantification of crispness”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78: 162–168, (1998).
- Wilde, T.,D., Meulenaer, B.D., Mestdagh, F., Govaert, Y., Vandeburie, S., Ooghe, W., Fraselle, S., Demeulemeester, K., Peteghem, C.V., Claus, A., Degroodt, J.M., Verhe, R., “Influence of Storage Practices on Acrylamide Formation During Potato Frying”, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53: 6550-6557, (2005).
- Williams, J., “Influence of Variety and Processing Conditions on Acrylamide Levels in Fried Potato Crips”, *Food Chemistry*, 90: 875-881, (2005).

- Zhang, L., Lyng, J. G., Brunton, N. P., “Quality of radio frequency heated pork leg and shoulder ham”, *Journal of Food Engineering*, 75: 275-287, (2006).
- Zhao, Y., Flugstad, B., Kolbe, E., Park, J. E., Wells, J. H., “Using capacitance (radio frequency) dielectric heating in food processing and preservation. – a review”, *Journal of Food Process Engineering*, 23: 25-55, (2000).
- 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).

EKLER

Duyusal Analiz Formu

Değerli panelist; bu test, farklı yöntemler ile elde edilen patates cipsi örneklerinin duysal olarak değerlendirilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Size sunulan cips örneklerini soldan başlayarak RENK, SERTLİK, ÇITIRLIK, TAT ve GENEL BEĞENİ açısından değerlendiriniz ve skala üzerinde uygun gördüğünüz kutucuğu işaretleyiniz. İki örnek arasında su ile ağızınızı çalkalamayı unutmayınız.

ÖRNEK NUMARASI _____

RENK

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Koyu
kahverengi

Açık
sarı

SERTLİK

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Aşırı
yumuşak

Aşırı
sert

ÇITIRLIK

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Hiç
çıtır değil

Çok
çıtır

TAT

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Hiç
beğenmedim

Ne beğendim
ne beğenmedim

Çok
beğendim

GENEL BEĞENİ

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Hiç
beğenmedim

Ne beğendim
ne beğenmedim

Çok
beğendim

ÖZGEÇMİŞ VE ESERLER LİSTESİ

Adı Soyadı: Esra KOKLAMAZ

Doğum Tarihi: 10/08/1988

Öğrenim Durumu:

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lise	Matematik-Fen	M. Niyazi Altuğ Lisesi	2002-2005
Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2005-2010
Yüksek Lisans	Gıda Mühendisliği	Mersin Üniversitesi	2010-2013

(Varsa) Görevler:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
		XXXX-XXXX

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Koklamaz, E., Palazoğlu, T.K., Kocadağlı, T., Gökmen, V. 2013. Effect of combining conventional frying with radio frequency post-drying on acrylamide level and quality attributes of potato chips, Food and Bioprocess Technology (İncelemede).
2. Palazoğlu, T.K., Koklamaz, E. 2011. Application of Radio Frequency Heating as a Post-drying Step in Potato Chip Manufacturing. 13th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (AMPERE 2011), Toulouse, France.
3. Koklamaz, E., Palazoğlu, T.K. 2011. Production of low-acrylamide and low-fat potato chips by radio frequency post-drying of partially fried potato slices. NAFI 2011, Novel Approaches in Food Industry, 26-29 May 2011, Izmir, Turkey.