



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VAKUM İMPREGNASYON ÖN İŞLEMİNİN
KIZARTILMIŞ PATATESLERDE AKRİLAMİD
OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Berkay CİRİT

BURDUR, 2019

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**VAKUM İMPREGNASYON ÖN İŞLEMİNİN
KIZARTILMIŞ PATATESLERDE AKRİLAMİD
OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Berkay CİRİT

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

BURDUR, 2019

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Berkay CİRİT tarafından Prof. Dr. Yusuf YILMAZ yönetiminde hazırlanan “Vakum İmpregnasyon Ön İşleminin Kızartılmış Patateslerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 27/05/2019

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

(Başkan)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

(İmza)

Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

(İmza)

Doç. Dr. Fatma IŞIK

(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi

(İmza)

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Vakum İmpregnasyon Ön İşleminin Kızartılmış Patateslerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

27 / 05 / 2019

Berkay CİRİT

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda bana yardımcı olan değerli Danışman Hocam Prof. Dr. Yusuf YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam sırasında yardımını esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY'a teşekkür ederim.

Asparajin, glukoz, fruktoz ve akrilamid analizleri için verdiği teknik destekten dolayı Doç. Dr. Hale SEÇİLMİŞ CANBAY'a ve araştırmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Özge GÖKÇE'ye teşekkür ederim.

0272-YL-15 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim sırasında beni her anlamda destekleyen eşim Seza CİRİT'e ve eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan annem Hülya CİRİT'e, babam İsmet CİRİT'e ve kardeşim Yaren CİRİT'e sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mayıs, 2019

Berkay CİRİT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	8
2. GENEL BİLGİLER	11
2.1. Akrlamid ve Kimyasal Yapısı.....	11
2.2. Akrlamid Oluşum Mekanizması	12
2.2.1. Maillard Reaksiyonu ve Akrlamid Oluşumu	12
2.2.2. Asparajinden Akrlamid Oluşumu	14
2.2.3. Yağlardan Akrlamid Oluşumu	15
2.3. Akrlamidin Sağlık Üzerine Etkileri	16
2.3.1. Nörotoksik Etkileri	16
2.3.2. Üreme Toksisitesi ve Gelişim Üzerine Etkileri	17
2.3.3. Kanserojenik Etkileri	17
2.4. Gıdalarda Akrlamid Oluşumunu Azaltma Yolları	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Araştırma Materyali	23
3.1.2. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar.....	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası	23
3.2.2. Akrlamid Analizi	27
3.2.3. Asparajin Analizi	28
3.2.4. Glukoz ve Fruktoz Analizleri	29
3.3. İstatistiksel Analizler.....	30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	31
4.1. Asparajin, Fruktoz ve Glukoz İçerikleri	31
4.2. Akrlamid İçerikleri.....	34
5. SONUÇ	38
KAYNAKLAR.....	39
ÖZGEÇMİŞ.....	49

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Akrilamidin kimyasal yapısı	11
Şekil 2.2. Maillard reaksiyonu ile akrilamid oluşum mekanizması	13
Şekil 2.3. Asparajinin enzimatik dekarboksilasyonu ile akrilamid oluşumu	15
Şekil 2.4. Yağlardan akrilamid oluşum mekanizması	15
Şekil 3.1. Çözeltilerin hazırlanması işlemi, a) Kimyasalların tartılması ve b) Çözeltilerin oluşturulması	24
Şekil 3.2. Patateslerin hazırlanması işlemi, a) Patateslerin yıkanıp-soyulması, b) Dilimlenmesi ve c) Standart hale getirilmesi	24
Şekil 3.3. Parmak patateslerin çözeltilere daldırılarak farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemi uygulanması, a) Çözeltilerin hazneye koyulması, b) Parmak patateslerin ilave edilmesi, c) Sürenin ayarlanması ve d) Vakum impregnasyon işlemi.....	25
Şekil 3.4. Daldırma çözeltilerinin falkon tüplerine alınması.....	26
Şekil 3.5. Daldırma çözeltilerinin saklama koşulları	26
Şekil 3.6. Parmak patateslerin kızartılması işlemi	27
Şekil 4.1. Farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde işlem süresine göre akrilamid azalma oranlarında meydana gelen değişime ilişkin grafik	36

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Asparajın analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve analiz koşulları	29
Tablo 3.2. Glukoz ve fruktoz analizlerinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve analiz koşulları	29
Tablo 4.1. Distile su içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi	31
Tablo 4.2. NaCl çözeltisi içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi	32
Tablo 4.3. CaCl ₂ çözeltisi içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi	33
Tablo 4.4. KCl çözeltisi içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi	33
Tablo 4.5. Farklı çözeltilere daldırılarak farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde akrilamid konsantrasyonunun değişimi	34
Tablo 4.6. Farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde akrilamid konsantrasyonu ile impregnasyon çözeltilerinin asparajın, fruktoz, glukoz içerikleri arasında Pearson korelasyon katsayıları (n=24).....	37

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

DNA	: Deoksiribonükleikasit
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
g/kg	: Gram/kilogram
g/L	: Gram/litre
GC-MS	: Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
JIFSAN	: Gıda Güvenliği ve Uygulamalı Beslenme Ortak Enstitüsü
kPa	: Kilopascal
L	: Litre
LC-MS	: Sıvı Kromatografisi-Kütle Spektrometresi
M	: Molarite
m/z	: Kütle/yük
mg	: Miligram
mg/kg	: Miligram/kilogram
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
N	: Normalite
nm	: Nanometre
NOAEL	: Olumsuz Etkinin Gözlenmediği Miktar
pH	: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi
ppb	: Milyarda bir birim
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TSE	: Türk Standardları Enstitüsü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
µg/g	: Mikrogram/gram
µg/kg	: Mikrogram/kilogram
µL	: Mikrolitre
µm	: Mikrometre

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Vakum İmpregnasyon Ön İşleminin Kızartılmış Patateslerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi

Berkay CİRİT

**Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Mayıs, 2019

Akrilamid nörotoksik, karsinojenik ve genotoksik etkilere sahip bir bileşiktir. Karbonhidrat ve protein bakımından zengin olan gıdalarda kızartma ve kavurma gibi ısı işlemler sırasında akrilamid oluşma riski literatürde değişik çalışmalarda rapor edilmiştir. Vakum impregnasyon işlemi, ozmotik dehidrasyon işlemi hızlandıran bir teknolojidir. Bu tez çalışmasında parmak patatesler kızartma öncesi ön işlem olarak, distile suyun yanı sıra 0,1 M derişimdeki NaCl, KCl ve CaCl₂ çözeltilerine 5, 10 ve 15 dakika süresince vakum altında daldırmak suretiyle maruz bırakılmıştır. Daldırma çözeltilerinde glukoz, fruktoz ve asparajin analizi yapılmıştır. Vakum impregnasyon işlemine 10 ve 15 dakika süreyle maruz bırakılan patatesler derin kızartma tekniği kullanılarak yaklaşık 175°C sıcaklığındaki ayçiçek yağı içerisinde 5 dakika kızartılmış ve kızartılmış patateslerin akrilamid içeriği belirlenmiştir. Çalışma sonunda, 15 dakika boyunca 0,1 M KCl ve NaCl çözeltilerine daldırma işleminin akrilamid oluşumunu sırasıyla %95 ve 91 oranında; distile su içerisine daldırma işleminin ise akrilamid oluşumunu %71 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, endüstriyel uygulamalarda hızlı bir teknik olan vakum impregnasyon tekniğinin kızartılmış patateslerde akrilamid oluşumu engellemek amacıyla önemli bir potansiyle sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: akrilamid, vakum, patates, kızartma, vakum impregnasyon

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0272-YL-15 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M.Sc. Thesis

Effect of Vacuum Impregnation Pre-Treatment on Acrylamide Formation in Fried Potatoes

Berkay CİRİT

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

May, 2019

Acrylamide is a compound with neurotoxic, carcinogenic and genotoxic effects. The risk of acrylamide formation during heat treatments such as frying and roasting in foods, rich in carbohydrates and proteins, has been reported in various studies in the literature. Vacuum impregnation is a technology that accelerates the osmotic dehydration process. In this thesis, French potatoes were exposed to distilled water as pre-treatment, as well as the impregnation in 0.1 M NaCl, KCl and CaCl₂ solutions for 5, 10 or 15 minutes under vacuum. The glucose, fructose and asparagine contents of impregnation solutions were determined. Potatoes exposed to vacuum impregnation for 10 and 15 minutes were deep-fried in the sunflower oil at a temperature of 175°C for 5 minutes, and the acrylamide content of fried potatoes was determined. Results indicated that acrylamide formation in potatoes that were vacuum impregnated by 0.1 M KCl and NaCl solutions for 15 minutes was 95% and 91%, respectively, and vacuum impregnation in distilled water decreased acrylamide formation by 71%. In conclusion, vacuum impregnation technique, which is a fast technique in industrial applications, has a significant potential to prevent acrylamide formation in fried potatoes.

Keywords: acrylamide, vacuum, potatoes, frying, vacuum impregnation

The present M.Sc. Thesis was financially supported by the Coordinatorship of Scientific Research Projects of Burdur Mehmet Akif Ersoy University under the Project number of 0272-YL-15.

1. GİRİŞ

Karbonhidrat ve protein bakımından zengin gıdalarda kızartma ve kavurma gibi ısı işlemler sırasında akrilamid oluşma riski literatürde ortaya koyulmuştur (Kaplan vd., 2009). Çiğ ya da haşlanmış gıdalarda akrilamide rastlanmadığı, akrilamidin doğal ürünlerde oluşmadığı; meyve ve sebzeler çiğ veya haşlanarak tüketildiği zaman akrilamid açısından herhangi bir risk taşımadığı bildirilmiştir (IARC, 1994; Becalski vd., 2003; Taeymans vd., 2004; Claeys vd., 2005; Yıldırım, 2010).

Akrilamid, çoğunlukla L-asparajinin amino grubundan ve indirgen şekerlerin (esas olarak glukoz) bir karbonil grubundan oluşur. İndirgen şekerler ile birlikte serbest asparajin, 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda Maillard reaksiyonu sonucu önemli miktarda akrilamid oluşturur (Mottram vd., 2002; Stadler vd., 2002; Zyzak vd., 2003; Levine ve Ryan, 2009).

Isıl işlem uygulanmış patates ürünlerinde, özellikle patates cipsleri ve derin yağda kızartılmış patateslerde akrilamid içeriği yüksek olabilmektedir (Yuan vd., 2007). Farklı patates çeşitlerinin ısı işlem sırasında akrilamid oluşturma potansiyeli, yumrularda bulunan indirgen şekerlerin (örneğin glukoz ve fruktoz) ve asparajinin konsantrasyonu ile ilişkilidir (Zyzak vd., 2003). Asparajin, patateslerde genellikle en çok bulunan serbest amino asittir (Muttucumaru vd., 2017). Bunun yanı sıra patatesin yetiştiği toprağın özelliği, patatesin çeşidi, patatesin depolanması, iklimik koşullar, kızartılacak patatesin kesimi ve şekli ile kesilmiş patatesin kurulanması ve kızartma işlemlerinin tümü akrilamid oluşumunda etkili faktörlerdendir (Vinci vd., 2012). Akrilamid oluşumuna neden olan kızartma işlemi değişkenleri; sıcaklık ve pişirme süresine, ısıtma sıvısıyla temas yüzeyinin boyutuna ve patates ile yağ arasındaki ilişkiye de bağlıdır (FAO/WHO, 2002; Kaplan vd., 2009). Geniş temas yüzeyi önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde akrilamid oluşumuna yol açar çünkü daha fazla öncül madde yüksek sıcaklıklara maruz kalır (Lorenzo, 2013).

Kızarmış ekmek, bisküvi, krakerler, kurabiye, tost, kahvaltılık tahıllar, fırın ürünleri, unlu mamuller, kavrulmuş kuruyemişler, şerbetli tatlılar, patlamış mısır, kavrulmuş kahve gibi birçok ısı işlem uygulanmış gıda yüksek akrilamid içeriğine sahiptir (Mestdagh vd., 2007; Bagdonaite vd., 2008; Kocadağlı vd., 2012). TÜBİTAK tarafından pirinç pilavı, tahin helvası, kebab, döner, ızgara ve çavdar ekmeği gibi bazı gıdalarda akrilamidin ölçülebilir değerin altında olduğu; patates kızartması ve çeşitli fırıncılık

ürünlerinde ise en yüksek oranlarda olduğu tespit edilmiştir. Türk halkının en çok tükettiği ekmeğin kabuk kısmında akrilamid bulunduğu, ekmeğin içinde ise akrilamid oluşmadığı saptanmıştır (Gökmen ve Şenyuva, 2006).

Akrilamid oluşumu ciddi bir tehlikedir (Cross ve Sinha, 2006) ve deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu bileşenin nörotoksik, kanserojenik ve genotoksik özellikler gösterdiği ayrıca üreme sistemi üzerinde de çeşitli problemlere yol açtığı belirlenmiştir (Tamer ve Karaman, 2006; Parzefall, 2008). 1994 yılında Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından akrilamid “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırılarak Grup 2A’ya dahil edilmiştir (IARC, 1994). Akrilamid üzerine yapılan risk değerlendirme çalışmalarında, ortalama veriler dikkate alınarak Gıda Tarım Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü’nün danışma toplantısında ortalama akrilamid alımının 0,3-0,8 µg/kg vücut ağırlığı/gün olduğu bildirilmektedir (FAO/WHO, 2002). Genç kuşakta kanser gelişme riskini arttırdığı ve çocuklar en fazla risk altında olduğu için (Pedreschi vd., 2014) akrilamidin gıdadaki varlığı Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından halk sağlığı tehlikesi olarak kabul edilir (Latzin vd., 2012).

Akrilamid oluşumunu engelleyici çay kateşinleri, ferulik asit, sodyum bikarbonat ve amonyum bikarbonat gibi bileşenlerin kullanımı akrilamid miktarının azaltılmasında önemlidir (Gökmen vd., 2006; Gökmen ve Palazoğlu, 2009). Kalsiyum klorürün (CaCl_2) endüstriyel açıdan uygulanabilir ve ucuz olması, duyuşal açıdan ağızda istenmeyen bir tat bırakmaması gibi olumlu etkilerinden dolayı uygulama potansiyeli yüksektir (Ou vd., 2008). Kalsiyum klorürün, patates kızartmalarında akrilamid oluşumunu sınırlandırmada etkili olduğu bildirilmiştir (Gökmen ve Şenyuva, 2005). Patates kızartmalarında kızartma işlemi öncesinde, kısa süreli uygulanan haşlama işleminin ve sitrik asit çözeltisinde bekletmenin akrilamid oluşumu azalttığı; 10 ve 20 g/L sitrik asit çözeltisi ile 1 saat muamele edilen patates örneklerinde oluşan akrilamid miktarlarında %70’e yakın bir azalma sağlandığı rapor edilmiştir (Pedreschi vd., 2007a).

Akrilamid oluşumunu azaltma yöntemlerinin çoğu; glukoz, fruktoz ve asparajin gibi öncül maddeleri uzaklaştırmayı ya da farklı işlem modifikasyonları ile Maillard reaksiyonunu önlemeyi veya azaltmayı amaçlamaktadır. Ancak burada en büyük zorluk, son ürünün duyuşal özelliklerinden ödün vermeden kızarmış patateslerdeki akrilamid seviyesinin azaltılmasıdır (Pedreschi, 2009). Buna bir alternatif asparajinaz kullanımı olabilir. Asparajinaz, serbest asparajini akrilamid oluşumu için öncül bir madde olmayan aspartik asit ve amonyağa hidrolize eder. Bu kabiliyetinden dolayı akrilamid oluşumunu azaltmada potansiyel bir ajan olarak kabul edilir ve böylece Maillard reaksiyonu için

öncüleri azaltır (Amrein vd., 2004; Kornbrust vd., 2009). Ayrıca asparajinaz kullanımı ısıtılmış ürünlerin besleyici ve duyuşal özellikleri üzerinde kötü bir etkiye sahip değildir ve bazı araştırmacılar bu enzim ile muamele edilmiş patates kızartmalarının akrilamid içeriğinde %60 oranında azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir (Pedreschi vd., 2008; Hendriksen vd., 2009).

Gıdalardaki akrilamid oluşumu: işleme sıcaklığı, süre, indirgen şeker ve amino asit türleri ve içeriği, pH, nem içeriği ve kızartma yağları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir; bu da gıdalardaki akrilamidin işleme teknolojisinin değiştirilmesiyle azaltılabileceğini göstermektedir (Ciesarova vd., 2004). Yüksek sıcaklıklara maruz kalan ürünlerde düşük miktarda akrilamid içeren yüksek kaliteli yiyecek elde etmeyi amaçlayan ekonomik işleme teknolojilerindeki araştırmalar umut vermektedir. Bu araştırmalar Maillard reaksiyonunun öncüllerinin azaltılmasına veya gıda nemini arttırmaya dayalı bazı stratejilerden oluşmaktadır. Bu nedenle, kızartmadan önce patateslerde kütle transferini destekleyen teknolojiler akrilamid oluşumunun önlenmesinde ilgi konusudur (Antunes-Rohling vd., 2018).

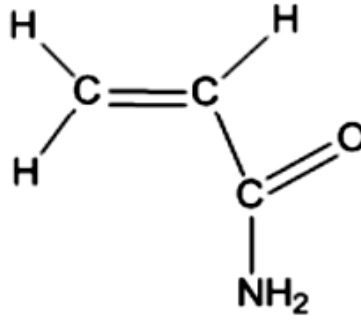
Vakum impregnasyon işlemi, ozmotik dehidrasyon işlemini hızlandıran bir teknolojidir. Ozmotik dehidrasyon, ozmotik çözelti içerisinde bitki dokusundan suyun belli oranlarda uzaklaştırılması için kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntem dondurma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma, havalı kurutma, vakumlu kızartma gibi koruma yöntemlerine tabi tutulan meyve ve sebzelerin besinsel, duyuşal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek ve bütünlüklerini korumak için uygulanan bir ön işlemdir (Silva vd., 2014).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, dilim şeklinde (parmak) kesilmiş patateslerde oluştuğu literatürde belirtilen akrilamid seviyesinin düşürülmesi için hızlı ve alternatif bir yöntem olarak vakum impregnasyon işleminin etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda dilimlenmiş patatesler distile suya ve çözeltilere (CaCl₂, KCl, NaCl) daldırılmak suretiyle vakum altında üç farklı süreye (5, 10 ve 15 dakika) maruz bırakılmıştır. Elde edilen patatesler yaklaşık 175°C sıcaklığındaki ayçiçek yağı içerisinde 5 dakika derin kızartma işlemiyle kızartılmış ve kızarmış patateslerde akrilamid konsantrasyonu belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Akrilamid ve Kimyasal Yapısı

Akrilamidin kimyasal formülü C_3H_5ON , moleküler ağırlığı 71,9 gram, kaynama noktası $192,6^{\circ}C$ ve erime noktası $87,5^{\circ}C$ 'dir. Bu monomer beyaz kristal formda oluşur, kokusuzdur ve kristal gibi taneciklidir. Akrilamid su, etanol, metanol, dimetil eter ve asetonda çözünür; heptan ve benzende ise çözünmez (Ötleş ve Ötleş, 2004; Girma vd., 2005; Zhang ve Zhang, 2007; Riboldi vd., 2014). Akrilamidin kimyasal yapısına Şekil 2.1'de yer verilmiştir.



Şekil 2.1. Akrilamidin kimyasal yapısı (Yıldız vd., 2010)

Akrilamid (2-propenamid), poliakrilamidi sentezlemek için akrilonitrilin hidrasyonu ile 1950'lerden beri üretilen bir kimyasaldır (Friedman, 2003). Poliakrilamid kozmetik ve ambalaj endüstrisinde, toprak ve şartlandırma ajanlarında, atık suyun ve içme suyunun arıtılması gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Ayrıca tütün dumanında da bulunmaktadır (Smith vd., 2000). Polimeri olmadığı halde akrilamid monomer toksiktir (IARC, 1994).

Akrilamid, yapısında konjüge bir çift bağ ve amid kısmına sahip olan yüksek oranda reaktif bir organik bileşiktir. Bu bileşiğin yüksek kimyasal aktivitesi temel olarak elektrofilik çoklu moleküler bağlarının varlığından kaynaklanmaktadır. Çift bağlar, amino ($-NH_2$) veya sülfidril ($-SH$) amino asitlere, peptidlere ve proteinlere nükleofilik hücum rolünü oynar. Amid grubunun varlığı sayesinde, bu bileşik hidrojen bağları oluşturabilir (Girma vd., 2005).

2.2. Akrlamid Oluşum Mekanizması

Akrlamidin tüm oluşum mekanizmaları henüz bilinmese de geçtiğimiz yıllarda akrlamidin gıdalarda oluşum mekanizması ile ilgili olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Akrolein, akrlamid oluşumunda öncül maddedir. Akrolein lipidlerin, amino asitlerin ve proteinlerin bozulmasıyla meydana gelir. Ayrıca Maillard reaksiyonunun da ara bileşenlerinden biridir (Lingnert vd., 2002).

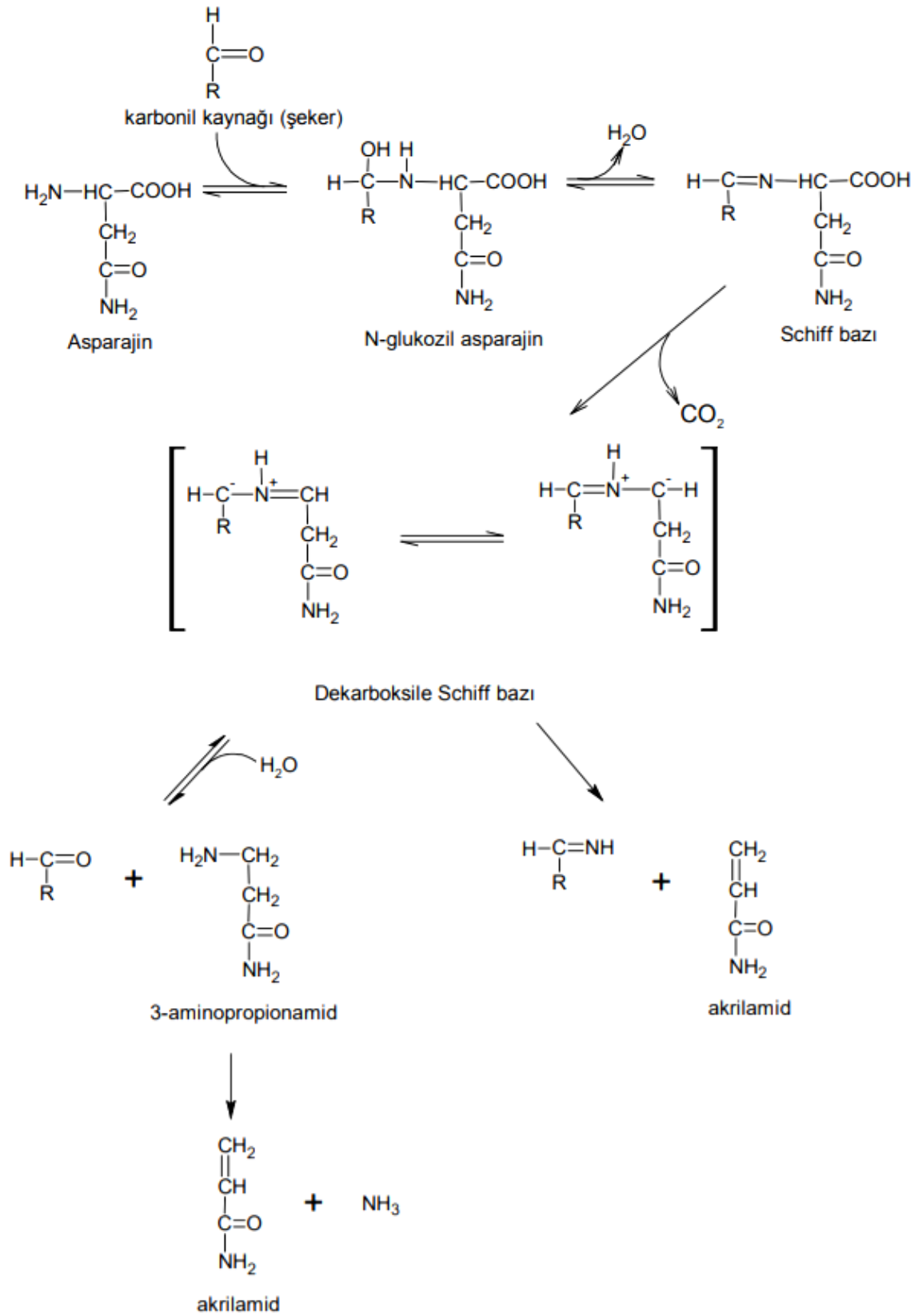
Akrlamidin aynı zamanda 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklara maruz kalan gıdalarda, glukoz veya fruktoz gibi monosakkarit bileşikleriyle asparajin amino asitleri arasında Maillard reaksiyonu sonucunda da meydana geldiği belirtilmektedir. (Stadler vd., 2002; Pedreschi vd., 2007a) Maillard reaksiyonunun akrlamid oluşumunda büyük öneme sahip olduğu bildirilmiştir (Lingnert vd., 2002).

2.2.1. Maillard Reaksiyonu ve Akrlamid Oluşumu

Maillard reaksiyonu neredeyse tüm yiyeceklerin kızartılması, pişirilmesi veya ısıtılması bakımından çok önemli bir reaksiyondur. Bu reaksiyon kek, et, bira, patlamış mısır ve pişmiş pirincin lezzetinden ve ayrıca kahverengi renk, koku ve lezzet gibi insanların tanıdığı ve sevdiği pişmiş yiyecek özelliklerinin oluşmasından sorumludur. Maillard reaksiyonunun ürünlerinden biri, fırınlanmış veya kızartılmış ürünlerde (kızarmış patates) sadece 180°C'nin üzerindeki sıcaklıkta oluşan toksik bileşik olan akrlamiddir (Chauhan, 2017).

Akrlamid oluşumunda etkisi olan amino asit dönüşümleri Maillard reaksiyonu mekanizmasında da bulunmaktadır (JIFSAN, 2004). Maillard reaksiyonu sırasında oluşan ara ürünler ve bu ara ürünlerle gerçekleşen reaksiyonlar akrlamid oluşumu açısından oldukça önemlidir (Zyzak vd., 2003).

Maillard reaksiyonu serbest haldeki asparajin amino asidi ile reaktif karbonil içeren indirgen şekerler arasında oluşmaktadır (Yuan vd., 2008). İndirgen şekerin karbonil grubu ile amino asidin amino grubu reaksiyona girer ve Schiff Bazı oluşur. Schiff Bazından bir karboksil grubu ayrılarak yeni ara ürünler oluşur. Önce 3-aminopropionamid hidrolize olur ve amonyak eliminasyonu sonucu amonyak ve akrlamid oluşur. Schiff bazından karboksil ayrılması sonucu oluşan ara üründen akrlamid oluşur (JIFSAN, 2004). Bu mekanizmaya Şekil 2.2'de yer verilmiştir.



Şekil 2.2. Maillard reaksiyonu ile akrilamid oluşum mekanizması (Zyzak vd.,2003)

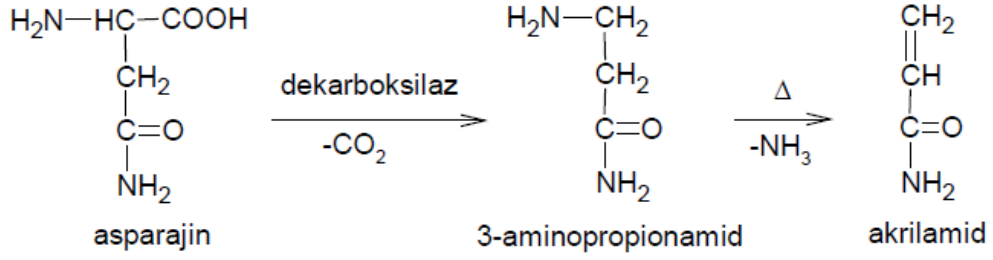
Karbonil bileşiklerinin varlığı, akrilamide dönüşümü hızlandırmakta olup karbonil bileşikleri arasında yer alan lipid oksidasyonundan indirgen şekerler, hidroksikarbonil, dikarbonil, hidroksimetilfurfural ve alkadienaller, ısıtma sırasında akrilamid oluşumunu tetiklediği rapor edilmektedir (Hidalgo vd., 2009; Gökmen vd., 2012). Şeker-asparajin bileşiği olan N-glukozilasparajinin yüksek miktarda akrilamid oluşumuna neden olduğu, dolayısıyla Maillard reaksiyonunun başlangıç aşamasının ve akrilamid oluşumunun temel kaynağı olduğu ortaya konmuştur (Stadler vd., 2002). Ortamda indirgen şeker olmasa bile dekarboksile Schiff bazı (3-aminopropionamid) ısıtıldığında akrilamid oluşturabilmektedir (Zyzak vd., 2003).

Patates yumrularında özellikle asparajin amino asidi yüksek olduğundan, patates cipsi ve patates kızartmasında Maillard reaksiyonu sonucu oluşan akrilamidin çoğunluğundan asparajin amino asidinin sorumlu olduğu düşünülmektedir (Friedman, 2003). Maillard reaksiyonu sonucu oluşan akrilamidin gıda maddelerindeki düzeyini bu reaksiyonun hızını etkileyen sıcaklık derecesi ve süresi, reaksiyon ortamının pH değeri ve su aktivitesi gibi çeşitli parametreler etkilemektedir (Jung vd., 2003; Claeys vd., 2005).

2.2.2. Asparajinden Akrilamid Oluşumu

Amino asitler akrilamid oluşturma potansiyelleri bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek düzeyde akrilamid oluşturan amino asit asparajin amino asididir ve akrilamid oluşumunda öncül madde olarak kabul edilmektedir (Mottram vd., 2002; Stadler vd., 2002; Becalski vd., 2003). Akrilamidin Maillard reaksiyonu ile oluşumunda, dekarboksile Schiff bazı ya doğrudan akrilamid oluşturmakta ya da hidrolize olup 3-aminopropionamide dönüşmektedir. 3-aminopropionamid yapısından amonyak ayrılmasıyla akrilamid oluşmaktadır (Granvogl vd., 2004).

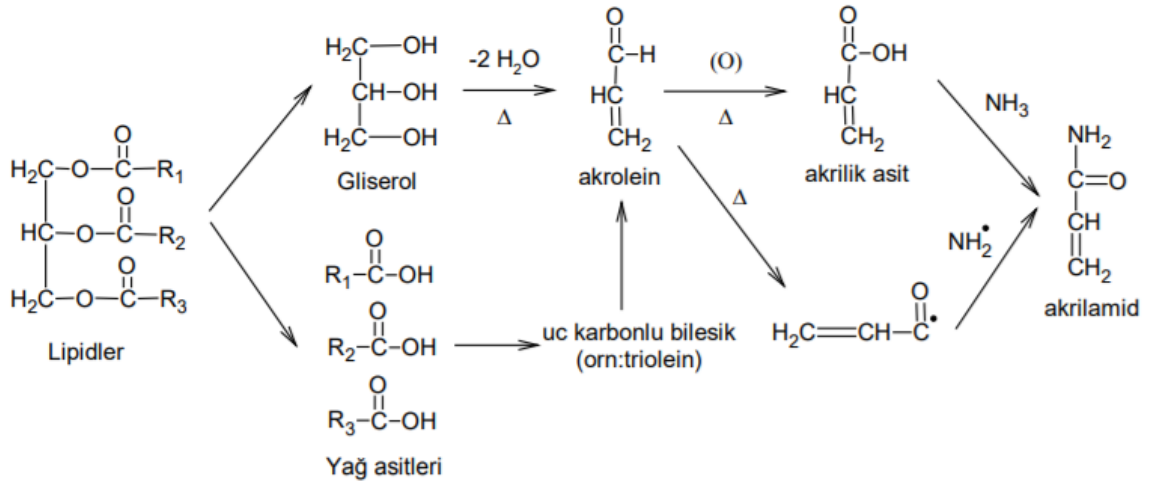
Akrilamidin önemli bir öncül maddesi olarak kabul edilen 3-aminopropionamidin oluşumunda, Maillard reaksiyonunun yanı sıra, hammaddelerin yapısında olan dekarboksilazların da etkili olabileceği ve asparajinden enzimatik dekarboksilasyon ile doğrudan 3-aminopropionamid oluşabileceği öngörülmektedir (Granvogl vd., 2004). Asparajinin enzimatik dekarboksilasyonu ile akrilamid oluşumuna ilişkin mekanizmaya Şekil 2.3'te yer verilmiştir.



Şekil 2.3. Asparajinin enzimatik dekarboksilasyonu ile akrilamid oluşumu (Granvoğl vd., 2004)

2.2.3. Yağlardan Akrilamid Oluşumu

Akrilamid oluşumunu arttırıcı yönde bir etkiyi de gıdaların yüksek sıcaklıklarda işlenmesi ve hazırlanması sırasında yağların oluşturduğu düşünülmektedir. Bu sebepten dolayı akrilamid oluşum mekanizmasına indirgen şekerler ve amino asitlerin yanı sıra yağlar da eklenmektedir. (Taşan, 2008). Yağların yüksek sıcaklıkta ısıtılması ile parçalanması sonucu akrolein oluşur. Akrolein okside olarak akrilik aside dönüşür; akrilik asit amonyak ile yüksek verimlilikte bir reaksiyona girerek akrilamidi oluşturur (Yasuhara vd., 2003; JIFSAN, 2004). Yağlardan akrilamid oluşum mekanizmasına Şekil 2.4'te yer verilmiştir.



Şekil 2.4. Yağlardan akrilamid oluşum mekanizması (Yasuhara vd., 2003)

2.3. Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkileri

2.3.1. Nörotoksik Etkileri

İnsanlar ve deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalarda akrilamidin 2,3-epoksipropanamide (glisidamid) dönüştüğü ve bu bileşiğin de nörotoksik etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Barber vd., 2001; Sickles vd., 2002). Akrilamidin kontamine sulara ve gıdalara uzun süreli maruziyeti sonucu terleme, baş dönmesi, bulantı, kusma, kollarında ve bacaklarda halsizlik, uyuşukluk ve karıncalanma hissi gibi belirtilere neden olduğu; şiddetli vakalarda ise halüsinasyonlar, konuşma güçlüğü, kol ve bacak eklemlerinde anormal şişlikler, göz mukozasında etkilenme, kas zayıflığı ve üriner bozukluklar ile seyredebileceği bildirilmektedir. Akrilamide sürekli maruz kalma durumunda toksik hasar artarak sinir sistemini etkilemektedir. Bu etkiler ileri aşamalarda beynin öğrenme, kavrama ve hafıza bölgelerinde dejenerasyona neden olmaktadır (He vd., 1989; Kısabay vd., 2004; LoPachin, 2005).

Çin'de akrilamid üreten küçük fabrikalarda çalışan işçilerin işleri gereği kısa süreliğine akrilamide maruz kalmaları sonucu zayıf bacaklar, ayak parmaklarının refleksini ve duyarlılıklarını kaybetmesi ve uyuşmuş eller gibi belirtilerin gözlemlendiği belirtilmektedir (He vd., 1989). Akrilamide maruz kalan işçilerin, periferik nöropati (his bozukluğu) belirtileri sergilemesi, bu bileşiğin insan üzerinde nörotoksik etkisinin olduğunu göstermektedir (Calleman vd., 1993; Costa, 1996; Gerrard, 2006).

Sıçanlarla yapılan içme suyu çalışmasında periferik nöropati oluşumu için NOAEL (Gözlenebilen Hiçbir Yan Etki Göstermeyen Doz, No Observed Adverse Effect Level) değeri günlük 0,5 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiş olup daha yüksek düzeylerde merkezi sinir sistemi nöropatisi de gözlenmiştir (Tritscher, 2004). Akrilamide daha uzun süreli maruz kalma durumunda nöropatiyi takiben serebellar disfonksiyonu (beyincik ile ilgili dengesel bozukluk) içeren daha ciddi belirtiler gözlemlendiği ifade edilmektedir (He vd., 1989).

İnsanlar ve hayvanlar üzerine yapılan çalışmalar akrilamidin hayat boyu nörotoksik olduğunu göstermektedir. Özellikle beyinde oluşan toksisite, merkezi sinir sistemindeki fonksiyon bozukluğunun sonucudur. İleri seviyedeki zehirlenmelerde ise beyindeki fonksiyon bozukluğu inme şeklinde görülebilmektedir (Kısabay vd., 2004).

2.3.2. Üreme Toksisitesi ve Gelişim Üzerine Etkileri

Kimyasal reaktif ve genotoksik epoksit olan glisidamid, akrilamidin önemli bir fraksiyonu olup hem insan hem de deney hayvanlarında mideye alındıktan sonra metabolik yollar ile akrilamidden dönüşerek oluşur (Rice, 2005). Akrilamidin metabolik ürünü olan glisidamid DNA'yı bağlayarak, hücrelerde genetik hasara yol açmaktadır (Dybing ve Sanner, 2003; Motwani ve Törnqvist, 2011). Glisidamidin hücre içinde ve hücre dışında genotoksik etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, hem akrilamid hem de glisidamid hemoglobinin gibi makro moleküllerdeki nükleofilik kısımlar ile reaksiyona girmekte ve stabil bileşikler oluşturmaktadır. Hemoglobindeki nükleofilik kısım, N-terminal valin'dir. Oluşan stabil bileşiklerin miktarından günlük alınan akrilamid miktarı hesaplanabilmektedir (Tareke vd., 2008).

Tareke vd. (2000) ile Mucci vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda, kızartılmış yiyeceklerle beslenen hayvanlarda kızartılmış yiyecek tüketmeyen hayvanlara kıyasla yüksek düzeylerde hemoglobin bağlayıcı ve DNA bağlayıcı özellikler ile hayvan hücrelerinde kromozom anomali görülmüştür. Sıçanların kanında akrilamidin hemoglobini bağlanarak N-valin (2-karbometil) oluşturduğu belirlenmiştir (Tareke vd., 2000).

Farelerin ve sıçanların spermatidlerinde akrilamidin mutasyonlara neden olduğu raporlanmıştır. Bundan dolayı memeli üreme hücresi mutajeni olduğu düşünülmektedir (Shelby vd., 1987; Adler vd., 2002). Sıçanların 30-90 gün süreyle günlük 5-20 mg/kg düzeyinde akrilamid içeren gıdalarla beslenmeleri sonucu, nörolojik belirtiler ortaya çıktığı ve bununla beraber hamile dişilerde yavru büyüklüğünün düştüğü ve erkeklerde sperm sayısının azaldığı ifade edilmektedir (Sakamoto ve Hashimoto, 1986; Chapin vd., 1995; Wise vd., 1995). Sıçanlarla yapılan bir diğer çalışmada üreme toksisitesinin NOAEL değeri günlük 0,5 mg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir (Tritscher, 2004).

2.3.3. Kanserojenik Etkileri

Fareler ve sıçanlar üzerinde yapılan toksikolojik çalışmalarda, hayvanların gıda yolu ile belirli dozlarda akrilamide maruz kalmaları sonucu akciğer, meme bezi, ağız boşluğu ve bağırsakta kanser riski olabileceği tespit edilmiştir (Mucci vd., 2003; Rice, 2005; Galesa vd., 2008). Akrilamidin cilde temasında cilt kanseri, solunduğunda ise akciğer kanseri riskini arttırabileceği belirtilmektedir (Rice, 2005).

İnsanların beslenme sırasında aldığı akrilamid miktarının, deney hayvanlarının maruz kaldığı dozdan birkaç kat daha az olduğu ve insanların gıda yolu ile aldığı

akrilamidin etkili bir şekilde vücuttan uzaklaştırılabileceği belirtilmektedir (Mucci vd., 2003; Claus vd., 2008). Akrilamid vücuda alındıktan sonra, hızla kana karışmaktadır. Akrilamid suda kolay çözünmekte ve bağırsakta hızlı bir şekilde emilmektedir. Üre yolu ile atılımı hızlı olup, akrilamidin yarısı birkaç saat içerisinde vücuttan uzaklaştırılmaktadır (Claus vd., 2008). Sadece az sayıda çalışma, genel popülasyonun akrilamide maruz kalması ile malignitede artış arasında önemsiz bir ilişki olduğunu göstermiştir (Olesen vd., 2008).

İnsanlar için yaşam boyu tüketilen günlük akrilamid miktarının 1 µg akrilamid/kg vücut ağırlığı düzeyinde olması durumunda, kanser riski 1000'de 0,7-4,5 arasında olmaktadır (Mucci vd., 2003). İtalya ve İsviçre'de (79 yaş altı insanlarla 1991-2000 yıllarında hastanede yatan) kızartılmış patates ve patates cipsi tüketimi ile çeşitli kanser olguları (ağız boşluğu, yutak, yemek borusu, gırtlak, kalın bağırsak, kolon, rektum, yumurtalık) arasındaki ilişkiyi Pelucci vd. (2003) incelemiştir. Çalışma sonucunda, fırınlanmış patates tüketimi ile kanser riski arasında önemli bir ilişki bulunamamış ancak kızartılmış patates tüketimi ile kalın bağırsak kanseri arasında net bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar üzerinde bazı sınırlayıcı faktörlerin etkisinin bulunduğu ifade edilmektedir. Birincisi, seçilen popülasyonda fırınlanmış patates tüketiminin ABD'ye göre oldukça az olması, ikincisi ise bu çalışmada incelenen Güney Avrupa popülasyonunun ABD'ye göre farklı pişirme teknikleri kullanmasıdır.

İsviçre'de yapılan başka bir çalışmada (Rice, 2005), kahvenin günlük akrilamid alımının %36'sını karşıladığı belirlenmiştir. Hem kahve hem de birkaç tane kızartılmış patates tüketen bir insan, haftada 2 porsiyon kızartılmış patates tüketen bir insandan çok daha fazla akrilamid almaktadır. Derin yağda kızartılan patateslerdeki akrilamid miktarı 20-1000 µg/kg aralığındadır. Çalışmada, akrilamid oluşum aralığının bu kadar geniş olmasının, kanser riskinin hesaplanması sırasında hatalara neden olduğu ifade edilmektedir.

55-69 yaş arası 58279 erkek ve 62573 kadın olmak üzere toplam 120852 kişiye yapılan anket uygulaması ile gerçekleştirilen bir çalışmada (Hogervorst vd., 2008) ise günlük gıda tüketim verileri belirlenmiş ve bu gıdalardaki akrilamid düzeyleri ile kanser vakaları arasında ilişki kurulmuştur. Elde edilen verilere göre, mesane ve prostat kanseri oluşum riskleri ile alakalı pozitif bir korelasyon gözlenmezken, her 10 g/günlük akrilamid alımı artışında böbrek kanseri ile pozitif bir korelasyon artışı gözlemlendiği bildirilmiştir.

2.4. Gıdalarda Akrilamid Oluşumunu Azaltma Yolları

Akrilamid oluşumu, indirgen şeker ve serbest asparajin miktarı, sıcaklık ve zamanı içeren pişirme işlemi, pH ve gıda maddelerinin yüzey-hacim oranı gibi birçok faktöre bağlıdır (Friedman, 2003; Rydberg vd., 2003). Bu faktörler dikkate alınarak gıdalardaki akrilamid seviyelerini azaltmak için farklı stratejiler ileri sürülmüştür (Meghavarnam ve Janakiraman, 2018). Hammaddelerin modifikasyonu (Rommens vd., 2008), ısıl işlem parametrelerinin optimizasyonu, pH değiştiricileri de dahil olmak üzere çeşitli bileşiklerin eklenmesi (Kita vd., 2004) ve proteinler veya amino asitlerle haşlama işlemi (Mestdagh vd., 2008a) bunlar arasında yer almaktadır.

Sitrik asit ve bazı organik asitlerle ön işlem uygulamasının işlenmiş gıdanın pH'ını düşürdüğü ve akrilamid seviyesini azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Jung vd., 2003; Kita vd., 2004). Jung vd. (2003), mısır cipsine (fırınlanmış ve kızartılmış) ve patates kızartmasına düşük pH değerinde bir asitlik düzenleyici ekleyerek akrilamid oluşumunun azaldığını bildirmiştir. Benzer bir şekilde Amrein vd. (2004) zencefilli çörek hamuruna %1 sitrik asit eklendiğinde akrilamid içeriğinin azaldığını belirlemişlerdir. Bununla birlikte asitlik düzenleyiciler diğer tatların gelişimini baskılayabilmekte, ekşi tada ve üretim ekipmanı üzerinde aşındırıcı bir etkiye neden olabilmektedirler (Gaikwad vd., 2016).

Farklı oranda indirgen şeker içeren patateslerin kızartılması ve fırınlanması sırasında akrilamid oluşumunu önleyen indirgen şeker miktarını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada (Amrein vd., 2003), 0,2-1,10 g/kg arasında indirgen şeker içeren patateslerin kızartılması ile istenilen özelliklere sahip ürün elde edilirken, akrilamid seviyesi 500 µg/kg'ın altında kalmıştır. İndirgen şeker miktarının artması ile ürün aşırı derecede kızarmış, akrilamid miktarı da hızlı bir şekilde artmıştır. İndirgen şeker miktarının 0,2 g/kg'ın altına düşmesiyle akrilamid oluşumu azalmış ancak arzu edilen renge ve özelliklere sahip olmayan ürün elde edilmiştir.

Haşlama işlemi ile patates dilimlerindeki glukoz ve asparajin içeriği bu bileşikler sıcak veya ılık suya aktararak azaltılmakta bu da haşlama işlemi uygulanmamış patates ciplerine göre daha düşük akrilamid oluşumuna yol açabilmektedir (Pedreschi vd., 2004). Bakhtiary vd. (2014) patates cipsinde akrilamid oluşumuna haşlama işleminin etkisi üzerine yaptıkları çalışmada 3 dakika boyunca 50, 70 ve 90°C'de haşlanmış dilimleri kontrol grubu ile karşılaştırmışlar; akrilamid oluşumunda ortalama %23, 45 ve 60'lık bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Akrilamid oluşumunda en fazla azalmayı, ortalama %60'lık bir düşüşle 90°C'de haşlama işlemi uygulanmış örneklerde

gözlemişlerdir. Benzer şekilde, Haase vd. (2003) şeker içeriğinin haşlama yolu ile azaltılmasının, akrilamid konsantrasyonunu hammaddeye (patates çeşidi ve tarla yeri) ve üretim işlem değişkenlerine (örneğin haşlama koşulları ve kızartma sıcaklığı) göre yaklaşık %60 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Haşlama işleminde süre ve sıcaklık normlarında gerçekleştirilen değişiklikler akrilamidin azaltılmasına yardımcı olabilmekte ancak bu gibi değişiklikler ürün kalitesini etkileyebilmektedir. Örneğin bir araştırma çalışmasında (Mestdagh vd., 2008b), yüksek sıcaklıkta daha kısa haşlama süresinin daha uzun süre düşük sıcaklıktaki haşlama işlemine göre akrilamid oluşumunun azaltılmasında daha etkili olduğu bulunmuştur.

Patates cipsinde kızartma yağının sıcaklığı 185°C'den 165°C'ye düşürüldüğünde akrilamid oluşumunun %50; 190°C'den 170°C'ye düşürüldüğünde %68; 190°C'den 150°C'ye düşürüldüğünde ise %88 oranında azaldığı belirtilmektedir (Pedreschi vd., 2004; Seal vd., 2008). Benzer bir şekilde Granda vd. (2004) patates cipsinde kızartma sıcaklığını geleneksel yöntem için 180°C'den 150°C'ye ve vakumlu kızartma yöntemi için 140°C'den 118°C'ye düşürüldüğünde akrilamid oluşumunun büyük ölçüde azaldığını rapor etmişlerdir. Akrilamid oluşumunun azaltılması açısından bakıldığında, yüksek sıcaklıkta kısa süre pişirme işlemi yerine düşük sıcaklıkta daha uzun süre pişirme işlemi tercih edilmelidir (Gökmen vd., 2007).

Kızartma yağının çeşidi de patates kızartmalarında akrilamid oluşumunda kritik bir rol oynayabilmektedir. Bir çalışmada (Chauhan, 2017) altı farklı yağ tipi incelenmiş ve palm yağının farklı kızartma yağ çeşitlerine kıyasla çok daha yüksek akrilamid oluşumuna neden olduğu gözlenmiştir. Zeytinyağının mısır yağına kıyasla daha yüksek akrilamid oluşumu gösterdiği tespit edilmiştir.

Kızartma işlemi sırasında guava, biberiye, kekik, zeytin, kıvılcık ve yeşil çay yapraklarının ayçiçek yağına %5 seviyesinde ilave edildiği bir çalışmada (Gaikwad vd., 2016), taze yaprakların kızartma yağına eklenmesi akrilamid oluşumunu önemli ölçüde etkilemiştir. Kekik, biberiye, bambu, guava ve zeytin yaprağı en fazla azalmaya neden olmuştur. Başka bir çalışmada (Chauhan, 2017) ise kızartma yağı olarak kullanılan zeytinyağına biberiye otu eklendiğinde akrilamid oluşumunda %25 oranında bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Elitaş vd. (2018) gerçekleştirdikleri bir çalışmada, patateslerin kızartılmasında kızartma süresine bağlı olarak akrilamid miktarında artış olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca kızartma ortamına selenyum açısından zengin sarımsak ile geven bitkisinin çiçek ve

dal kısımlarının katılmasıyla akrilamid miktarında belirgin bir azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Amino asitlerin eklenmesi, cips, bazlama ve ekmek kabuğundaki akrilamid seviyelerini azaltmak veya düşürmek için bir azaltma stratejisi olarak ortaya çıkarken, glisin potansiyel olarak azalan veya düşük akrilamid oluşumuna neden olan bir katkı maddesi olarak dikkat çekmiştir. Sistein, glisin, alanin, lisin, glutamat ve glutamik asit gibi diğer amino asitlerin, ısıtılmış patateslerde akrilamid oluşumunu azalttığı tespit edilmiştir (Chauhan, 2017).

Patateslerin mercimek ve nohut proteinleriyle kaplanarak kızartıldığı bir çalışmada (Amrein vd., 2004), kaplanan patateslerdeki akrilamid içeriği kaplanmayan patateslerdeki akrilamid içeriğinden daha az bulunmuştur. Vattam ve Shetty (2003), baklagil proteinlerinin nişasta kompleksinin bozulmasını önleyebileceği dolayısıyla Maillard reaksiyonunu hızlandıran ve akrilamid oluşumunu azaltan şekerlerin oluşumunu azaltabileceğini varsayarak yaptıkları çalışmada, patates dilimlerini derin yağda kızartmadan (10 dakika) önce nohut ile kaplamışlar ve patates cipslerinde akrilamid oluşumunun (930 ppb'den 580 ppb'ye) azaldığını rapor etmişlerdir. Fiselier vd. (2004) ise ısıl işlemde önce patates kroketlerini yumurta ve ekmek kırıntıları ile kaplamışlar; ürün renginin kaplanmayan kroketlere göre daha kahverengi olmasına rağmen akrilamid içeriğinin 280 ppb'den 50 ppb'ye azaldığını tespit etmişlerdir.

Amrein vd. (2004), kabartma ajanı olarak kullanılan amonyum hidrojen karbonatın akrilamid oluşumunu arttırdığını belirlemişlerdir. Bu araştırmacılar akrilamid konsantrasyonunun pişirme süresiyle arttığını ve kabartma ajanı olarak kullanılan sodyum hidrojen karbonatın çöreklerde akrilamid seviyesini %60'dan daha fazla oranda düşürdüğünü açıklamışlardır.

Literatürde belirtilen çalışmalardan sonra elde edilen verilere göre, gıdalarda akrilamid içeriğini azaltabilmek amacıyla JIFSAN (2004) tarafından gıda üreticilerine ve tüketicilere önerilebilecek yollar aşağıda özetlenmiştir:

- Prosesin izin verdiği ölçüde kızartma ile fırınlama sıcaklık ve süresini kısaltmak, derin yağda kızartma yapmaktan kaçınmak,
- Asparajin amino asidi içeriğini azaltmak amacıyla asparajinaz enzimi ilavesi yapmak,
- Yüzeiden asparajini ve şekerleri uzaklaştırmak amacıyla patatesleri ılık suda bekletmek, patatesleri 8°C'nin altındaki sıcaklıklarda depolamak,

- pH'nın dűűrűlebilmesi amacıyla sitrik asit gibi asitleri gıda forműlűne dahil etmek,
- Unlu mamullerin űretiminde kimyasal kabartıcıların kullanımı yerine maya fermantasyonunu tercih etmek, amonyum hidrojen karbonat yerine sodyum hidrojen karbonatı kullanmak ve
- Maillard reaksiyonunun azaltılabilmesi için sűlfid gibi maddeler eklemek.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Materyali

Bu çalışmada materyal olarak kullanılan patatesler ve kızartma işlemi için kullanılan ayçiçek yağı (Altın Ekin, Torku, Konya) Burdur İli'nde bulunan yerel bir marketten temin edilmiştir.

3.1.2. Kullanılan Cihazlar ve Kimyasallar

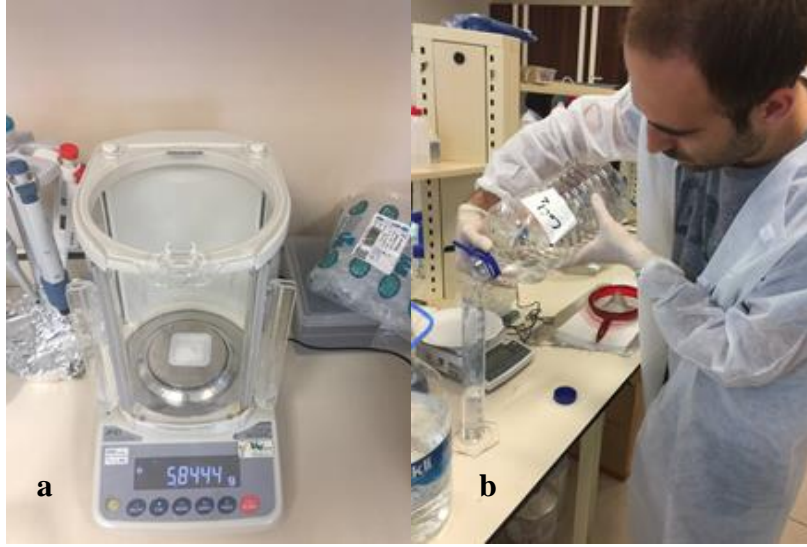
Çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan kimyasallardan CaCl₂ Sigma-Aldrich (St. Louis, ABD), KCl Emsure (Darmstadt, Almanya) ve NaCl Riedel-de Haën (Seelze, Almanya) firmalarından temin edilmiştir. Patateslerin standart parmak şekline getirilmesinde patates dilimleyici (Dinnox TF-K344, Ningbo Topfeng International Co. Ltd., Çin) ve ürün tartımlarında hassas terazi (Shimadzu BL-3200H, Shimadzu Co., Japonya) kullanılmıştır. Vakum impregnasyon işlemi için vakum pompası (TC63vd, DHCL Group, Tayvan) ile vakum uygulanabilecek bir kap (RV-261, Re-Va, İzmir, Türkiye) ve patateslerin kızartılması işlemi için fritöz (Sinbo SDF-3827, Deima A.Ş., İstanbul) kullanılmıştır.

Örneklerin akrilamid konsantrasyonunun belirlenmesinde gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC-MS) cihazı (Agilent 7890A GC, 5975 mass detector (MSD), 7693B automatic sampler, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, ABD) kullanılmıştır. Asparajin, glukoz ve fruktoz analizlerinde yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (Prominence, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) cihazı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan saf kimyasallardan metanol Merck (Darmstadt, Almanya), fruktoz standardı Sigma-Aldrich (St. Louis, Missouri, ABD) ve glukoz standardı Amresco (Solon, Ohio, ABD) firmasından satın alınmıştır.

3.2. Yöntem

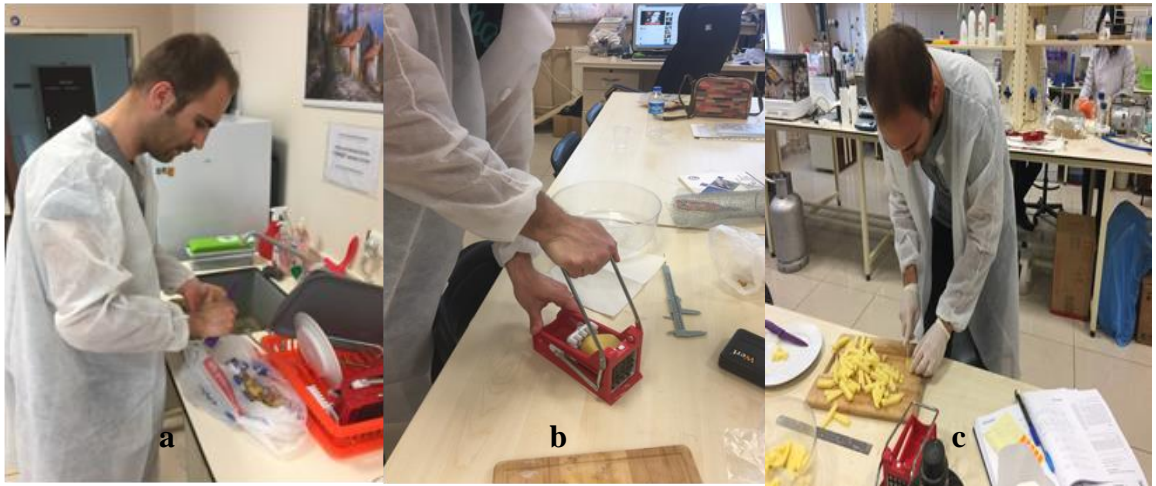
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası

Kimyasallar hassas terazide $\pm 0,1$ mg hassasiyette tartılmış ve balon joje kullanılarak 0,1 M derişimde NaCl, CaCl₂ ve KCl çözeltileri hazırlanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çözeltilerin hazırlanması işlemi, a) Kimyasalların tartılması ve b) Çözeltilerin oluşturulması

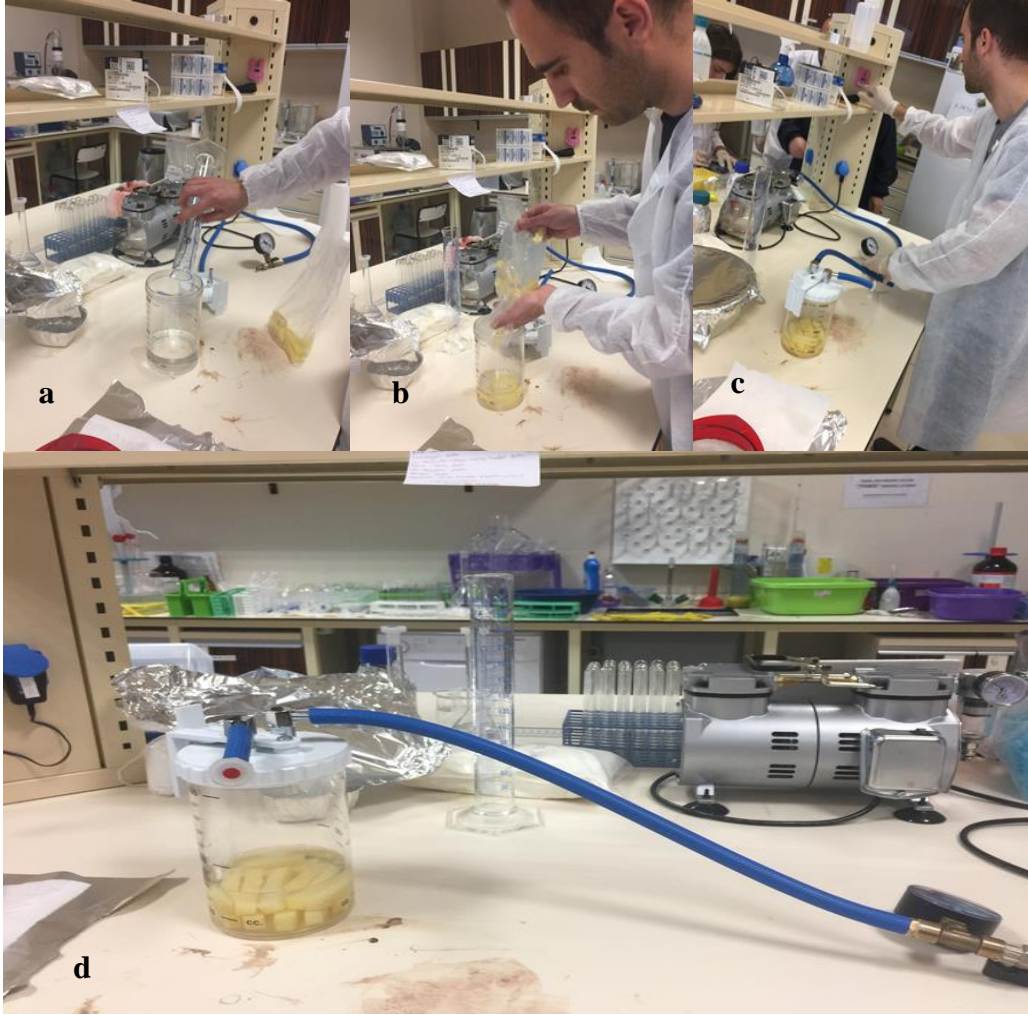
Satın alınan patatesler yıkanıp dikkatli bir şekilde soyulmuş ve dilimleme makinesinden geçirilmiştir. Uzun dilimler ayrılarak, keskin bir bıçak yardımıyla standart uzunluktaki parmak patates (50 x 12 x 12 mm) dilimleri haline getirilmiştir (Şekil 3.2). Patates dilimleri her bir tekerrür için ortak bir gruptan seçilmiş ve rastgele bir şekilde uygulama grupları arasında eşit ağırlıkta (100 g) olacak şekilde bölünmüştür.



Şekil 3.2. Patateslerin hazırlanması işlemi, a) Patateslerin yıkanıp-soyulması, b) Dilimlenmesi ve c) Standart hale getirilmesi

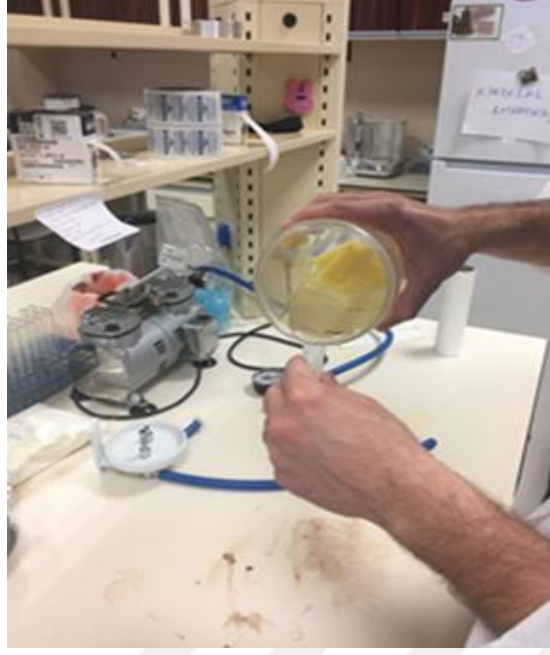
Dilimlenmiş patatesler 200 mL distile su içerisinde (kontrol grubu) 70 kPa vakum basıncı altında 5, 10 ve 15 dakika vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılmıştır. Bir

diğer ön işlem olarak parmak patatesler ayrı ayrı 200 mL 0,1 M derişimlerinde NaCl, CaCl₂ veya KCl çözeltilerine daldırılmak suretiyle 5, 10 ve 15 dakika vakum impregnasyon işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 3.3). Tüm bu işlemler 3 tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Parmak patateslerin çözeltilere daldırılarak farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemi uygulanması, a) Çözeltilerin hazneye koyulması, b) Parmak patateslerin ilave edilmesi, c) Sürenin ayarlanması ve d) Vakum impregnasyon işlemi

İşlem sonrası daldırma çözeltileri test tüplerine alınarak (Şekil 3.4) glukoz, fruktoz ve asparajin analizi yapılmak üzere derin dondurucuda muhafaza edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Daldırma çözeltilerinin falcon tüplerine alınması



Şekil 3.5. Daldırma çözeltilerinin saklama koşulları

İşlem görmüş patatesler, 175°C sıcaklığa ayarlanmış fritözde 2,7 L ayçiçek yağı içerisinde her bir tekerrür için tek bir defada olacak şekilde ve fritöz termostatının sıcaklık düzeyi için aktif hale gelmesini müteakip 5 dakika süresince derin kızartma işlemine (Şekil 3.6) maruz bırakılmıştır. Kızarmış patates dilimleri kağıt bir havlu üzerinde oda sıcaklığına

soğuması sonrasında, akrilamid konsantrasyonu belirlenmek üzere buzdolabı poşetlerine alınarak derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.6. Parmak patateslerin kızartılması işlemi

3.2.2. Akrilamid Analizi

Akrilamid tayini için analitik yöntemler gaz kromatografisi ve kütle spektrometrisine (GC-MS) (Tareke vd., 2002) veya sıvı kromatografisi ve peşpeşe kütle spektrometrisine (LC-MS-MS) dayanmaktadır (Rosen ve Hellenas, 2002). Bu çalışmada akrilamid analizi için GC-MS cihazı kullanılmıştır. Öncelikle porselen bir havan yardımıyla ezilerek homojen hale getirilmiş kızartılmış patateslerden 1 g örnek tartılmıştır. Örneğe formik asit çözeltisi (10 mL, %0,1'lik) ilave edildikten sonra karışım 20 dakika boyunca çalkalayıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Yağlı üst tabakanın daha kolay uzaklaştırılması için ekstrakt soğutulmuştur. 0,45 µm'lik naylon şırınga filtreden süpernatant süzölmüş; filtrat uzaklaştırılmış ve temizlemek üzere analiz için saklanmıştır. CarboPrep™ 200 SPE (katı faz ekstraksiyon) tüpü 6 mL, 500 mg: 2 mL aseton ve 2 mL %0,1'lik formik asit ile şartlandırılmıştır. SPE tüpüne 2 mL filtrelenmiş, ekstrakte edilmiş kızartılmış patates solüsyonu uygulanmıştır. Numune çözeltisinin tüpten sadece yer çekimi akışıyla geçmesine izin verilmiştir. 0,5-1,0 mL su hızlıca tüpten geçirilerek SPE tüpü yıkanmıştır. Tüpteki fazla suyu kurutmak için 1 dakika kadar vakum kullanılmıştır.

Yalnızca yer çekimi kullanılarak 2 mL asetonla ayrıştırılmıştır. Eluat GC-MS analizi için hazır hale getirilmiştir (PerkinElmer, 2004).

Pik tanımlamak amacıyla MSDCHEM veri sistemi kullanılmıştır. Analitler kaynaşık silika kapiler kolonda DB-Wax (30 m x 0,25 mm; film kalınlığı 0,2 µm) ile ayrılmıştır. Taşıyıcı gaz (helyum) akış hızı 1 mL/dakikaya, fırın sıcaklığı programı ise şu şekilde ayarlanmıştır: başlangıçtaki sıcaklık 60°C, 1 dakika bekleme, dakikada 20°C sıcaklık artışı, sıcaklığın 240°C'ye çıkarılması ve 20 dakika bekleme. Enjeksiyon kanalı, detektör ve iyon kaynağı sıcaklıkları sırasıyla 240, 250 ve 230°C'dir. Enjeksiyon hacmi 1 µL olup selektif iyon izleme (SIM) modu (m/z=71) kullanılarak tanımlanmıştır (Agilent, 2014).

3.2.3. Asparajin Analizi

Asparajin analizi için 25 g numune alınıp üzerine 25 mL 0,1 M HCl eklenmiştir. Numune HCl içinde karıştırılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen karışım 1649xg hızda 4°C'de 20 dakika santrifüjlenmiştir (Allegra X-30R, Beckman Coulter Inc., Indianapolis, ABD). Üst faz alınmış, üzerine 100 µL 2 N NaOH, 150 µL doymuş sodyum bikarbonat ve 1 mL dansil klorür konulmuştur. Karışım 40°C'de 45 dakika inkübe edilmiştir. 10 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Üzerine 50 µL %25 NH₃ eklenmiştir. 30 dakika daha oda sıcaklığında bekletilmiştir. Üzerine 5 mL amonyum asetat:asetonitril eklenmiştir. 0,45 µm'lik filtreden geçirilip HPLC sistemine enjekte edilmiştir (Mazzucco vd., 2010; Köse vd., 2011).

Asparajin analizi için kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve analiz koşulları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Asparajın analizinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve analiz koşulları

HPLC Cihazı	Shimadzu Prominence		
CBM	20ACBM		
Dedektör	DAD (SPD-M20A)		
Kolon Fırını	CTO-10ASVp		
Pompa	LC20 AT		
Otomatik Örnekleyici	SIL 20ACHT		
Bilgisayar Programı	LC Solution		
Mobil Faz	A: 0,1 M Amonyum asetat, B: Asetonitril		
Gradient Program	Süre (dakika)	A%	B%
	1	80	20
	25	50	50
	40	20	80
Kolon	ACE5 C-18 (250 x 4,6 mm, 5 μ m)		
Kolon Sıcaklığı	40°C		
Akış Hızı	1 mL/dakika		
Enjeksiyon Hacmi	50 μ L		

HPLC cihazı ile asparajın analizinde Köse vd. (2011)'nin metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Sonuçlar 254 nm'de değerlendirilmiştir.

3.2.4. Glukoz ve Fruktoz Analizleri

Glukoz ve fruktoz analizlerinde impregnasyon çözeltilerinden 5 g tartılmış, 40 mL damıtık su içinde ultrasonik banyoda ekstrakte edilmiştir. 25 mL metanol ilave edilmiş, balon jöjeye aktarılmış ve 100 mL'ye tamamlanmıştır. Numune filtreden geçirilip sisteme enjekte edilmiştir (TSE, 2008).

Glukoz ve fruktoz analizlerinde kullanılan HPLC cihazının özelliklerine ve analiz koşullarına Tablo 3.2'de yer verilmiştir.

Tablo 3.2. Glukoz ve fruktoz analizlerinde kullanılan HPLC cihazının özellikleri ve analiz koşulları

HPLC Cihazı	Shimadzu Prominence
CBM	20ACBM
Dedektör	RID 10A
Kolon Fırını	CTO-10ASVp
Pompa	LC20 AT
Otomatik Örnekleyici	SIL 20ACHT
Bilgisayar Programı	LC Solution
Mobil Faz	Metanol:Su (80:20)
Kolon Sıcaklığı	30°C
Akış Hızı	1,3 mL/dakika
Kolon	Inertsil HPLC column NH ₂ (5 μ m x 4,6 x 250 mm)

3.3. İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri için The SAS System for Windows 9.0 (SAS Institute Inc., Carry, Kuzey Karolina, ABD) paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama±standart sapma şeklinde gösterilmiştir. Tek yönlü varyans analizinde, $p<0,05$ için sonuçlar istatistiki olarak anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel açıdan farklı ortalamaların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Denemelerden elde edilen bulgular iki bölümde sunulmuştur. Vakum impregnasyon işlemine maruz kalma süresine bağlı olarak daldırma çözeltilerindeki (Distile su, NaCl, CaCl₂ ve KCl) asparajin, fruktoz ve glukoz içeriklerindeki değişimler Bölüm 4.1’de, akrilamid konsantrasyonundaki değişim Bölüm 4.2’de yer almaktadır.

4.1. Asparajin, Fruktoz ve Glukoz İçerikleri

Kızartma öncesi patates dilimlerine uygulanan daldırma ve haşlama işlemlerinin akrilamid oluşumunu azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Ishihara vd., 2006; Pedreschi vd., 2007a; Mestdagh vd., 2008b). Bu ön işlemlerin temel amacı, patates yumrularında bulunan akrilamid öncüllerinin konsantrasyonunu en aza indirmek veya kızartma sırasında Maillard reaksiyonunun oluşumunu en aza indirmek ya da engellemektir (Matthaus vd., 2004; Pedreschi vd., 2004; Knutsen vd., 2009).

Çalışma kapsamında parmak patateslerin distile su içerisinde farklı süreler (5, 10 ve 15 dakika) vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılmasıyla daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz içeriğindeki değişimler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Distile su içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi

Vakum İmpregnasyon İşlem Süresi (dakika)	Ortalama ± Standart Sapma* (µg/g)		
	Asparajin	Fruktoz	Glukoz
5	2,210±0,215 ^a	44,314±0,459 ^a	249,397±15,301 ^b
10	1,255±0,117 ^b	30,117±0,237 ^c	143,937±11,967 ^c
15	1,400±0,090 ^b	31,997±0,265 ^b	505,535±10,689 ^a

*Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05).

Distile su içerisinde 10 ve 15 dakika vakum impregnasyon işlemi uygulandığında daldırma çözeltilerindeki asparajin konsantrasyonunda meydana gelen değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (p>0,05). Ancak distile su içerisinde 5 dakika vakum impregnasyon işlemi ile 10-15 dakika vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajin konsantrasyonunda meydana gelen değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05). Abou-Zaid (2015) kızartma işleminden önce patates dilimlerini suda bekletme işleminin patateslerin asparajin içeriği

üzerinde hiçbir etkisi olmadığını belirlemiştir. Amrein vd. (2004), serbest asparajin seviyelerinin akrilamid oluşumunda sınırlayıcı bir faktör olduğunu öne sürmüşlerdir.

Distile su içerisinde vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılmış parmak patateslerin vakum impregnasyon işlem süresindeki artışa bağlı olarak daldırma çözeltilerindeki fruktoz ve glukoz konsantrasyonundaki değişimler ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Pedreschi vd. (2004), patates dilimlerinde glukoz, fruktoz ve sukroz gibi indirgen şeker içeriklerinin, su ekstraksiyonu nedeniyle suda bekletme sürelerinin artmasıyla hafifçe azaldığını ancak asparajin içeriğinin 90 dakika bekletme süresince bile sabit kalmaya meyilli olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışma kapsamında farklı sürelerde (5, 10 ve 15 dakika) NaCl çözeltisine daldırılarak vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz konsantrasyonundaki değişimler Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. NaCl çözeltisi içerisinde daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi

Vakum İmpregnasyon İşlem Süresi (dakika)	Ortalama \pm Standart Sapma* ($\mu\text{g/g}$)		
	Asparajin	Fruktoz	Glukoz
5	1,170 \pm 0,116 ^a	1010,260 \pm 29,022 ^a	20875,409 \pm 1248,675 ^c
10	1,035 \pm 0,101 ^a	429,901 \pm 13,588 ^b	25617,157 \pm 1247,079 ^b
15	0,655 \pm 0,054 ^b	124,558 \pm 9,721 ^c	36600,853 \pm 3184,411 ^a

*Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Daldırma çözeltilerindeki asparajin konsantrasyonu 5 dakika vakum impregnasyon işlemi uygulandığında 1,170 \pm 0,116 $\mu\text{g/g}$ iken 10 dakika vakum impregnasyon işlemi uygulandığında 1,035 \pm 0,101 $\mu\text{g/g}$ değerine düşmüş ancak fark istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.2). Patates ve buğday unu içindeki serbest L-asparajin konsantrasyonu indirgen şekerlerden daha fazladır (Amrein vd., 2003; Hamlet vd., 2008), bu nedenle akrilamidin öncü maddelerinden biri olan L-asparajinin uzaklaştırılması, akrilamid sentezinin inhibe edilmesinde önemli bir role sahiptir (Meghavarnam ve Janakiraman, 2018).

NaCl çözeltisinde 5 ve 10 dakika vakum impregnasyon işlemi uygulandığında daldırma çözeltilerindeki asparajin konsantrasyonu istatistiksel açıdan önemli bir fark yaratmamış ancak 15 dakika vakum impregnasyon işlemi uygulandığında asparajin konsantrasyonu 0,655 \pm 0,054 $\mu\text{g/g}$ değerine düşmüş ve bu da istatistiksel açıdan önemli

bulunmuştur ($p<0,05$). Abou-Zaid (2015), ön işlem olarak patates dilimlerini %1'lik NaCl çözeltisine daldırdığı çalışmada benzer olarak asparajın içeriğinde azalma meydana geldiğini belirlemiş ancak bu azalmanın etkisinin düşük seviyede kaldığını raporlamıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, daldırma çözeltilerindeki fruktoz içeriğinin vakum impregnasyon işlem süresi arttıkça belirgin bir biçimde azaldığı ve bu azalmanın da istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Daldırma çözeltilerinin glukoz içeriği ise vakum süresine bağlı olarak önemli düzeyde artmıştır.

Parmak patateslerin CaCl_2 çözeltisine daldırılarak farklı sürelerde (5, 10 ve 15 dakika) vakum impregnasyon işlemi uygulanması sonrasında daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz konsantrasyonundaki değişimler Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. CaCl_2 çözeltisi içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi

Vakum İmpregnasyon İşlem Süresi (dakika)	Ortalama \pm Standart Sapma* ($\mu\text{g/g}$)		
	Asparajın	Fruktoz	Glukoz
5	1,589 \pm 0,058 ^b	38,831 \pm 0,668 ^a	60,198 \pm 2,797 ^a
10	0,612 \pm 0,031 ^c	35,306 \pm 0,277 ^b	91,768 \pm 2,917 ^b
15	3,065 \pm 0,016 ^a	33,408 \pm 0,207 ^c	6,582 \pm 0,173 ^c

*Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Vakum impregnasyon işlem süresindeki artışa bağlı olarak daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz konsantrasyonunda meydana gelen değişimin istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Daldırma çözeltisindeki asparajın konsantrasyonu en yüksek 15 dakikalık vakum impregnasyon işleminde bulunurken, en yüksek glukoz konsantrasyonu ise 10 dakikalık işlemde belirlenmiştir.

Parmak patateslerin KCl çözeltisine daldırılarak farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemi uygulanmasıyla daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriklerinin değişimi Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4. KCl çözeltisi içerisine daldırılarak farklı süreler vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılan parmak patateslerin daldırma çözeltilerindeki asparajın, fruktoz ve glukoz içeriğinin değişimi

Vakum İmpregnasyon İşlem Süresi (dakika)	Ortalama \pm Standart Sapma* ($\mu\text{g/g}$)		
	Asparajın	Fruktoz	Glukoz
5	1,140 \pm 0,033 ^a	52,139 \pm 0,440 ^b	54413,883 \pm 1019,296 ^a
10	1,126 \pm 0,040 ^a	45,285 \pm 1,539 ^c	35076,540 \pm 1561,027 ^b
15	1,045 \pm 0,038 ^b	58,053 \pm 1,315 ^a	31818,108 \pm 1560,892 ^c

*Aynı sütun içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Vakum impregnasyon işlem süresi arttıkça daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz içeriğinde meydana gelen değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Vakum impregnasyon işlem süresi 5, 10 ve 15 dakika uygulandığında daldırma çözeltilerindeki glukoz konsantrasyonu değerlerinin sırasıyla $54413,883\pm1019,296$, $35076,540\pm1561,027$ ve $31818,108\pm1560,892$ $\mu\text{g/g}$ olduğu belirlenmiştir. Vakum impregnasyon işlem süresi arttıkça daldırma çözeltilerindeki glukoz içeriğinin azaldığı ve gerçekleşen bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

4.2. Akrilamid İçerikleri

Parmak patateslere farklı çözeltilerle (Distile su, NaCl, CaCl_2 ve KCl) farklı sürelerde (10 ve 15 dakika) vakum impregnasyon işlemi uygulandıktan sonra 175°C 'de 5 dakika kızartma işlemi yapılmıştır. Amrein vd. (2006), kızartma ortamının (yağ) nişastalı gıda ürünlerinde akrilamid oluşumunda önemli bir rol oynadığını bildirmişlerdir.

Kızartılmış patateslerde akrilamid analizi GC-MS cihazında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara Tablo 4.5'te yer verilmiştir.

Tablo 4.5. Farklı çözeltilere daldırılarak farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde akrilamid konsantrasyonunun değişimi

Vakum İşlemine Maruz Kalma Süresi (dakika)	Ortalama \pm Standart Sapma* ($\mu\text{g/g}$)			
	Distile su	NaCl	CaCl_2	KCl
10	$0,816\pm0,051^a$	$0,716\pm0,014^b$	$0,237\pm0,020^d$	$0,348\pm0,028^c$
15	$0,236\pm0,009^d$	$0,074\pm0,012^e$	$0,253\pm0,025^d$	$0,039\pm0,007^e$

*Tablo içerisinde farklı üstel harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,05$).

Gerçekleştirilen bu çalışmada, ön işlem olarak distile su içerisine daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış örneklerde, işlem süresi 10 dakikadan 15 dakikaya çıkartıldığında akrilamid konsantrasyonunun $0,816\pm0,051$ $\mu\text{g/g}$ seviyesinden $0,236\pm0,009$ $\mu\text{g/g}$ seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Meydana gelen bu değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Gökmen ve Şenyuva (2007a) ise su içerisinde 15 dakika bekletilen patateslerde 655 ± 18 $\mu\text{g/kg}$ olan akrilamid içeriğinin 60 dakika bekletme sonunda 589 ± 41 $\mu\text{g/kg}$ seviyesine düştüğünü rapor etmişlerdir.

Bir başka çalışmada, patates dilimlerini 120 dakika boyunca ılık suya basit daldırma işleminin akrilamid oluşumunu %30 oranında azalttığı ve bunları 50°C 'de 80 dakika haşlama işleminin akrilamid içeriğinde %90 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Pedreschi vd., 2007a). Antunes-Rohling vd. (2018) ise kızarmış patateslerde

akrilamid oluşumunu azaltmak için ön işlem olarak ultrasonikasyon uyguladıkları çalışmada, patatesleri 30 dakika suya daldırdıklarında toplam akrilamid içeriğinde %70 civarında azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. 42°C'deki suda bekletmenin ultrasonikasyon ön işlemi ile desteklendiğinde ise bu azalmanın %83'e yükseldiğini bildirmişlerdir.

Williams (2005) kızartma işleminden önce suda bekletme işleminin akrilamid oluşumu üzerinde hiçbir etkisinin olmadığını bulurken; Abou-Zaid (2015) patates dilimlerinin 60 dakika boyunca musluk suyuna daldırılması işleminin akrilamid içeriğinde %35,55 oranında bir azalmaya neden olduğunu tespit etmiştir. Pedreschi vd. (2004) ise 90 dakika boyunca saf su içerisinde bekletildikten sonra 170°C'de kızartma işlemi uygulanan patates dilimlerinde akrilamid içeriğinin %38 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Metal katyonlarının (Na^+ , Ca^{+2} ve K^+), Maillard reaksiyonunda Schiff bazının ve dolayısıyla akrilamidin oluşumunu önlediği, gıda matrisinin asparajin veya asparajin-glukoz eklentisi ile bir kompleks oluşturduğu ileri sürülmüştür (Kalita ve Jayanty, 2013).

Bir diğer ön işlem olarak sodyum klorür çözeltisine 10 dakika daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanan parmak patateslerde $0,716 \pm 0,014 \mu\text{g/g}$ olan akrilamid içeriğinin, işlem süresi 15 dakika çıkartıldığında $0,074 \pm 0,012 \mu\text{g/g}$ seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Akrilamid konsantrasyonunda ciddi bir biçimde meydana gelen bu azalma istatistiksel açıdan da önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Benzer şekilde, Kolek vd. (2006) bir sulu model reaksiyonuna NaCl eklenmesinin akrilamid oluşumunu önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

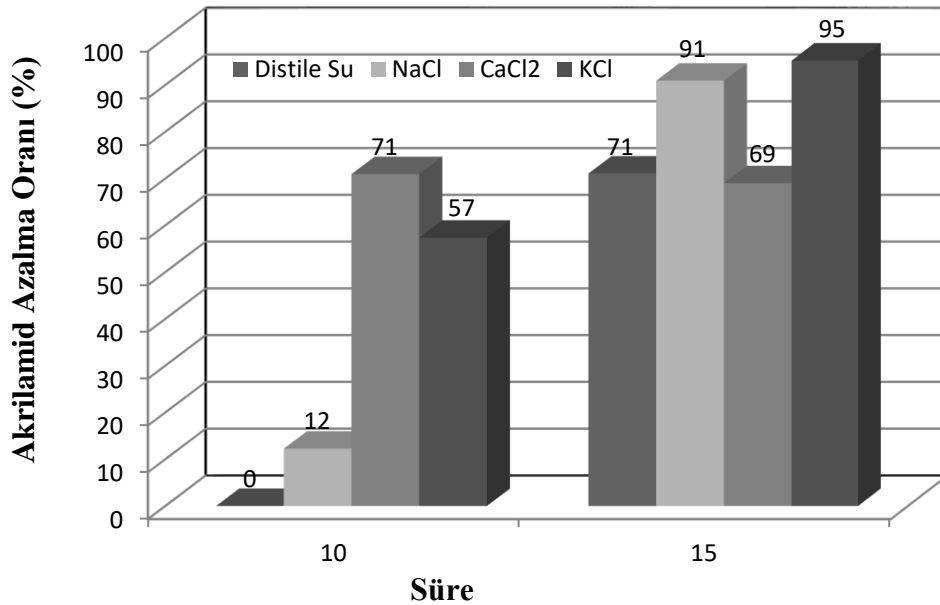
Gökmen ve Şenyuva (2007a) ise 0,1 M NaCl çözeltisine 15 dakika daldırılan patateslerde $430 \pm 58 \mu\text{g/kg}$ olan akrilamid içeriğinin 60 dakika daldırma işlemi uygulandığında $302 \pm 41 \mu\text{g/kg}$ seviyesine düştüğünü rapor etmişlerdir. Pedreschi vd. (2007b) kızartma işleminden önce NaCl çözeltisine 5 dakika daldırma işleminin, patates cipsindeki akrilamid içeriğini 120, 140 ve 160°C sıcaklıklarda sırasıyla %97, 92 ve 82 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Abou-Zaid (2015), %1, 2 ve 3'lük NaCl çözeltilerine daldırılan patates dilimlerinin akrilamid içeriklerinde gerçekleşen azalmayı sırasıyla %38,88, 42,22 ve 51,11 olarak bulmuştur.

Gökmen ve Şenyuva (2007a) ve Açar vd. (2012) yaptıkları çalışmalar ile patates dilimlerinde ve çerezlerde akrilamidi azaltmak için kalsiyum klorürü başarıyla uygulamışlardır. CaCl_2 çözeltisi ile vakum impregnasyon ön işlemine maruz bırakılan parmak patateslerde Ca içeriğinin artması akrilamid içeriğini azaltacaktır çünkü akrilamid oluşumundan sorumlu Schiff bazı inhibe edilecektir. Kalsiyum katyonu, akrilamide yol

açan kilit bileşiklerden biri olan Schiff bazının oluşumunu önleyebilir (Gökmen ve Şenyuva, 2007b). Kalita ve Jayanty (2013), gerçekleştirdikleri çalışmada kızartma işleminden önce patates dilimlerini 0,1 M CaCl₂ ve vanadil sülfat (VOSO₄) çözeltilerine 60 dakika daldırılmışlar ve akrilamid oluşumundaki azalmanın sırasıyla %79,8 ve 92,5 oranında olduğunu rapor etmişlerdir. Gökmen ve Şenyuva (2007a) ise patates dilimlerinin 0,1 M CaCl₂ çözeltisine daldırılmasının kızartma işlemi sırasında akrilamid oluşumunu %95'e kadar inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Ancak bu çalışmada CaCl₂ çözeltisi ile 10 ve 15 dakika vakum impregnasyon ön işlemi uygulanan örneklerde akrilamid konsantrasyonundaki değişim istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır (p<0,05).

KCl çözeltisi ile vakum impregnasyon ön işlemi uygulanmış örneklerde ise işlem süresi 10 dakika olduğunda 0,348±0,028 µg/g olan akrilamid seviyesi 15 dakika olduğunda 0,039±0,007 µg/g akrilamid seviyesine düşmüştür. Uygulama süresindeki artışa bağlı olarak akrilamid konsantrasyonunda ciddi bir azalma görülmüş ve gerçekleşen bu azalma istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05).

Distile suya daldırma işlemine 10 dakika maruz kalan kızartılmış patateslerin akrilamid içerikleri (0,816±0,051) en yüksek değer olarak (akrilamid azalma oranı=sıfır) alındığında, farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde işlem süresine göre akrilamid azalma oranlarında meydana gelen değişim Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde işlem süresine göre akrilamid konsantrasyonu azalma oranlarında meydana gelen değişime ilişkin grafik (Distile suya daldırma işlemine 10 dakika maruz bırakılan örneklerin azalma oranı sıfır olarak alınmıştır.)

Farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde akrilamid konsantrasyonu ile impregnasyon çözeltilerinin asparajin, fruktoz ve glukoz içerikleri arasındaki Pearson korelasyon katsayılarına (n=24) ilişkin değerlere Tablo 4.6'da yer verilmiştir. Patateslerdeki akrilamid konsantrasyonu ile daldırma çözeltilerinin fruktoz konsantrasyonu arasındaki ilişki pozitif ve istatistiksel açıdan önemli bulunmuş iken, çözeltilerin glukoz ve asparajin içerikleri arasında negatif yönde korelasyon katsayısı belirlenmiştir (p<0,05).

Tablo 4.6. Farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmış kızartılmış patateslerde akrilamid konsantrasyonu ile impregnasyon çözeltilerinin asparajin, fruktoz ve glukoz içerikleri arasında Pearson korelasyon katsayıları (n=24).

Parametre	Akrilamid	Asparajin	Fruktoz	Glukoz
Akrilamid	1.000	0,023	0,425	-0,271
	-	(0,917)	(0,039)	(0,201)
Asparajin	-	1.000	-0,215	-0,435
	-	-	(0,313)	(0,034)
Fruktoz	-	-	1.000	0,371
	-	-	-	(0,074)
Glukoz	-	-	-	1.000
	-	-	-	-

* Parantez içindeki (p<0,05) değerler parametrelerin istatistiksel açıdan önemli düzeyde korelasyon gösterdiğini ifade etmektedir.

5. SONUÇ

Gerçekleştirilen bu yüksek lisans tez çalışmasında, vakum impregnasyon ön işleminin kızartılmış parmak patateslerdeki akrilamid seviyesine etkisi araştırılmıştır. Farklı çözeltilere daldırılan parmak patateslerin farklı sürelerde vakum impregnasyon işlemine maruz bırakılarak daldırma çözeltilerindeki asparajin, fruktoz ve glukoz içerikleri ile kızartma işleminden sonra akrilamid seviyesinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışmada vakum impregnasyon ön işlemine maruz bırakılan örneklerin asparajin, fruktoz ve glukoz içeriklerinde uygulama süresindeki artış ile ters orantılı olarak azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

Vakum impregnasyon işlemi ve bu işlem süresindeki artış sonucu örneklerin asparajin, fruktoz ve glukozdaki azalmaya bağlı olarak bu besin öğelerinin reaksiyonu sonucu kızartılmış parmak patateslerde oluşan akrilamid içeriğinin de azaldığı tespit edilmiştir. Gökmen ve Şenyuva (2007a), gerçekleştirdikleri çalışmada 0,1 M CaCl₂ ve NaCl çözeltilisine patateslerin 60 dakika daldırılması işleminin akrilamid oluşumunu sırasıyla %95 ve 58 oranında; su içerisinde bekletmenin ise akrilamid oluşumunu %17 oranında azalttığını rapor etmişlerdir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında ise 15 dakika boyunca vakum altında 0,1 M KCl ve NaCl çözeltilerine daldırma işleminin akrilamid oluşumunu sırasıyla %95 ve 91 oranında; distile su içerisine daldırma işleminin ise akrilamid oluşumunu %71 oranında azalttığı tespit edilmiştir. 0,1 M CaCl₂ çözeltilisine 10 ve 15 dakika daldırma işleminin ise akrilamid konsantrasyonundaki değişimi istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır.

Sonuç olarak, parmak patateslere kızartma işleminden önce farklı çözeltilere daldırılarak vakum impregnasyon işlemi uygulanmasının kütle transferini hızlandırdığı ve akrilamid oluşumunda öncül olan asparajin, glukoz ve fruktoz içeriklerinde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Düşük seviyedeki asparajin, glukoz ve fruktoz içeriklerinin kızartılmış patateslerin akrilamid konsantrasyonunda çok kısa sürede azalmaya sebebiyet verdiği bu çalışmayla ortaya konmuştur. Vakum impregnasyon tekniği ve işlem süresinin çok kısa olması yapılacak diğer araştırmalar açısından önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abou-Zaid, F.O.F., 2015. The effect of using some treatments on reduction of acrylamide formation in processed potatoes. *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9(11), 46-53.
- Açar, Ö.Ç., Pollio, M., Di Monaco, R., Fogliano, V., Gökmen, V., 2012. Effect of calcium on acrylamide level and sensory properties of cookies. *Food Bioprocess Technology*, 5, 519-526.
- Adler, I.D., Schmid, T.E., Baumgartner, A., 2002. Induction of aneuploidy in male mouse germ cells detected by the sperm-FISH assay: a review of the presented data base. *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 504, 173-182.
- Agilent, 2014. *Direct GC Determination of Acrylamide in Water Using the Agilent 7000B Triple Quadrupole GC/MS*. 5991-5297EN, Agilent Technologies, Inc., USA.
- Amrein, T.M., Andres, L., Manzardo, G.G., Amado, R., 2006. Investigations on the promoting effect of ammonium bicarbonate on the formation of acrylamide in model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 10253-10261.
- Amrein, T.M., Schönbacher, B., Escher, F., Amadò, R., 2004. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(13), 4282-4288.
- Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M.F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., Amadó, R., 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(18), 5556-5560.
- Antunes-Rohling, A., Ciudad-Hidalgo, S., Mir-Bel, J., Raso, J., Cebrián, G., Álvarez, I., 2018. Ultrasound as a pretreatment to reduce acrylamide formation in fried potatoes. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 49, 158-169.
- Bagdonaite, K., Derler, K., Murkovic, M., 2008. Determination of acrylamide during roasting of coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 6081-6086.
- Bakhtiary, D., Asadollahi, S., Ardakani, S.A.Y., 2014. The effect of blanching process on acrylamide formation in potato crisps. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3, 1220-1224.
- Barber, D.S., Hunt, J.R., Ehrich, M.F., Lehning, E.J., LoPachin, R.M., 2001. Metabolism, toxicokinetics and hemoglobin adduct formation in rats following subacute and subchronic acrylamide dosing. *NeuroToxicology*, 22(3), 341-353.
- Becalski, A., Lau, B.P.-Y., Lewis, D., Seaman, S.W., 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modelling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 802-808.

- Calleman, C.J., Bergmark, E., Stern, L.G., Costa, I.G.A., 1993. Nonlinear dosimetric model for hemoglobin adduct formation by the neurotoxic agent acrylamide and its genotoxic metabolite glycidamide. *Environmental Health Perspectives*, 99, 221-223.
- Chapin, R.E., Fail, P.A., George, J.D., Grizzle, T.B., Heindel J.J., Harry, G.J., Collins, B.J., Teague, J., 1995. The reproductive and neural toxicities of acrylamide and three analogues in Swiss mice, evaluated using the continuous breeding protocol. *Fundamental and Applied Toxicology*, 27, 9-24.
- Chauhan, R., 2017. Acrylamide in crisps. (Reducing acrylamide in crisps) *Journal of Cell Science and Apoptosis*, 1(1), 104.
- Ciesarova, Z., Balasova, V., Kiss, E., Kolek, E., Simko, P., Kovac, M., 2004. Comparison of Two Methods for Acrylamide Determination and Dietary Intake of Acrylamide from Potato Crisps in Slovakia, *Chemical Reactions in Foods V*, Prague, 251-254.
- Claeys, L.W., Vleeschouwer, K.D., Hendrickx, M.E., 2005. Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 181-193.
- Claus, A., Carle, R., Schiebe, A., 2008. Acrylamide in cereal products: a review. *Journal of Cereal Science*, 47, 118-133.
- Costa, L.G., 1996. Biomarker research in neurotoxicology; the role of mechanistic studies to bridge the gap between the laboratory and epidemiological investigations. *Environmental Health Perspectives*, 104, 55-67.
- Cross A., Sinha R., 2006. Impact of food preservation, processing and cooking on cancer risk. Chapter 5. Taylor & Francis Group, LLC.
- Dybing, E., Sanner, T., 2003. Risk assesment of acrylamide in foods. *Toxicological Sciences*, 75, 7-15.
- Elitaş, Ö., Çöteli E., Karataş F., 2018. Patates Kızartmalarında Akrilamid Oluşumuna Geven (*Astragalus Bisculcatus*) ve Sarımsak (*Allium Satium L.*) Bitkilerinin Etkilerinin Araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 30(2), 29-35.
- FAO/WHO, 2002. *Health Implications of Acrylamide in Food*, Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarters, Geneva, Switzerland.
- Fiselier, K., Grob, K., Pfefferle, A., 2004. Brown potato croquettes low in acrylamide by coating with egg/breadcrumbs. *European Food Research and Technology*, 219(2), 111-115.
- Friedman, M., 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4504-4526.

- Gaikwad, K.Y., Athmaselvi, K.A., Sarathchandra, G., 2016. Acrylamide in potato chips, its formation, reduction and identification: a review. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(4), 50-61.
- Galesa, K., Bren, U., Kranjc, A., Mavri, J., 2008. Carcinogenicity of acrylamide: a computational study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 8720-8727.
- Gerrard, J.A., 2006. The Maillard reaction in food: progress made, challenges ahead-conference report from the eighth international symposium on the Maillard reaction. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 324-330.
- Girma, K.B., Lorenz, V., Blaurock, S., Edelmann, F.T., 2005. Coordination chemistry of acrylamide. *Coordination Chemistry Reviews*, 249(11-12), 1283-1293.
- Gökmen, V., Kocadağlı, T., Göncüoğlu, N., Mogol, B.A., 2012. Model studies on the role of 5-hydroxymethyl-2-furfural in acrylamide formation from asparagine. *Food Chemistry*, 132, 168-174.
- Gökmen, V., Palazoğlu, K., 2009. Mikrodalga çözdürme ön işlemleri ile kızartma arasında parmak patateslerde oluşan akrilamid miktarının azaltılması. TÜBİTAK Proje No:1080003, Mersin, Türkiye.
- Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., 2007a. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 103, 196-203.
- Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., 2007b. Effects of some cations on the formation of acrylamide and furfurals in glucose-asparagine model system. *European Food Research and Technology*, 225, 815-820.
- Gökmen, V., Açar, Ö.Ç., Köksel, H., Acar, J., 2007. Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food Chemistry*, 104, 1136-1142.
- Gökmen, V., Palazoğlu, K., Şenyuva, H.Z., 2006. Relation between the acrylamide formation and time-temperature history of surface and core regions of French fries. *Journal of Food Engineering*, 77, 972-976.
- Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., 2006. Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. *Food Chemistry*, 99, 238-243.
- Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., 2005. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 103, 196-203.
- Granda, C., Moreira, R.G., Tichy, S.E., 2004. Reduction of acrylamide formation in potato chips by low-temperature vacuum frying. *Journal of Food Science*, 69(8), 405-411.
- Granvogl, M., Jezussek, M., Koehler, P., Schieberle, P., 2004. Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes: a minor but potent precursor in acrylamide formation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4751-4757.

- Haase, N.U., Matthäus, B., Vosmann, K., 2003. Minimierungsansätze zur acrylamidbildung in pflanzlichen lebensmitteln-aufgezeigt am beispiel von kartoffelchips. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 99, 87-90.
- Hamlet, C.G., Sadd, P.A., Liang, L., 2008. Correlations between the amounts of free asparagine and saccharides present in commercial cereal flours in the United Kingdom and the generation of acrylamide during cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(15), 6145-6153.
- He, F.S., Zhang, S.L., Wang, H.L., Li, G., Zhang, Z.M., Li, F.L., Dong, X.M., Hu, F., 1989. Neurological and electroneuromyographic assessment of the adverse effects of acrylamide on occupational exposed workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 15, 125-129.
- Hendriksen, H.V., Kornbrust, B.A., Østergaard, P.R., Stringer, M.A., 2009. Evaluating the potential for enzymatic acrylamide mitigation in a range of food products using asparaginase from *Aspergillus oryzae*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4168-4176.
- Hidalgo, F.J., Delgado, R.M., Zamora, R., 2009. Degradation of asparagine to acrylamide by carbonyl-amine reactions initiated by alkadienals. *Food Chemistry*, 116(3), 779-784.
- Hogervorst, J.G., Schouten, L.J., Konings, E.J., Goldbohm, R.A., Brandt, P.A. van den, 2008. Dietary acrylamide intake and the risk of renal cell, bladder, and prostate cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5), 1428-1438.
- IARC, 1994. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. International Agency for Research on Cancer, Lyon, France, 60, 389-433.
- Ishihara, K., Matsunaga, A., Nakamura, K., Sakuma, K., Koga, H., 2006. Examination of conditions inhibiting the formation of acrylamide in the model system of fried potato. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 70(7), 1616-1621.
- JIFSAN, 2004. Methods of formation and methods of mitigation. http://jifsan.umd.edu/docs/acry2004/acry_2004_wg1_report.pdf (Erişim Tarihi: 20.03.2018)
- Jung, M.Y., Choi, D.S., Ju, J.W., 2003. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *Journal of Food Science*, 68, 1287-1290.
- Kalita, D., Jayanty, S.S., 2013. Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips. *Food Chemistry*, 138, 644-649.
- Kaplan, O., Kaya, G., Özcan, C., İnce, M., Yaman, M., 2009. Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 93, 173-179.

- Kırsabay, A., Korkmaz, T., Çakıroğlu, E., Selçuki, D., 2004. Kısa süreli akrilamid maruziyeti sonucu gelişmiş toksik polinöropati olgusu. *Causa Pedia*, 3, 701-702.
- Kita, A., Brathen, E., Knutsen, S.H., Wicklund, T., 2004. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7011-7016.
- Knutsen, S.H., Dimitrijevic, S., Molteberg, E.L., Segtnan, V.H., Kaaber, L., Wicklund, T., 2009. The influence of variety, agronomical factors and storage on the potential for acrylamide formation in potatoes grown in Norway. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 550-556.
- Kocadağlı, T., Göncüoğlu, N., Hamzalıoğlu, A., Gökmen, V., 2012. In depth study of acrylamide formation in coffee during roasting: role of sucrose decomposition and lipid oxidation. *Food & Function*, 3(9), 970-975.
- Kolek, E., Šimko, P., Simon, P., 2006. Inhibition of acrylamide formation in asparagine/D-glucose model system by NaCl addition. *European Food Research and Technology*, 224, 283-284.
- Kornbrust, B.A., Stringer, M.A., Lange, N.E.K., Hendriksen, H.V., Whitehurst, R., Oort, M., 2009. Asparaginase-an enzyme for acrylamide reduction in food products. *In Enzymes in Food Technology*, 2, 59-87.
- Köse, S., Kaklıkkaya, N., Koral, S., Tufan, B., Buruk, K.C., Aydın, F., 2011. Commercial test kits and the determination of histamine in traditional (ethnic) fish products-evaluation against an EU accepted HPLC method. *Food Chemistry*, 125(4), 1490-1497.
- Latzin, J.M., Schindler, B.K., Weiss, T., Angerer, J., Koch, H.M., 2012. Determination of 2,3-dihydroxypropionamide, an oxidative metabolite of acrylamide, in human urine by gas chromatography coupled with mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 402(7), 2431-2438.
- Levine, R.A., Ryan, S.M., 2009. Determining the effect of calcium cations on acrylamide formation in cooked wheat products using a model system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(15), 6823-6829.
- Lingnert, H., Grivas, S., Jagerstad, M., Skog, K., Törnqvist, M., Aman, P., 2002. Acrylamide in food: mechanism of formation and influencing factors during heating of foods. *Scandinavian Journal of Nutrition*, 46(4), 159-172.
- LoPachin, R.M., 2005. Acrylamide neurotoxicity: neurological, morphological and molecular endpoints in animal models. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 561, 21-37.
- Lorenzo, G.A., 2013. Análisis, Inhibición e Ingesta de Nuevos Contaminantes Químicos de Procesado en Alimentos, Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España.

- Matthaus, B., Haase, N.U., Vosmann, K., 2004. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106, 793-801.
- Mazzucco, E., Gosetti, F., Bobba, M., Marengo, E., Robotti, E., Gennaro, M.C., 2010. High-performance liquid chromatography-ultraviolet detection method for the simultaneous determination of typical biogenic amines and precursor amino acids. Applications in food chemistry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(1), 127-134.
- Meghavarnam, A.K., Janakiraman, S., 2018. Evaluation of acrylamide reduction potential of L-asparaginase from *Fusarium culmorum* (ASP-87) in starchy products. *Food Science and Technology*, 89, 32-37.
- Mestdagh, F., Maertens, J., Cucu, T., Delporte, K., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B., 2008a. Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms. *Food Chemistry*, 107, 26-31.
- Mestdagh, F., Wilde, T.D., Fraselle, S., Govaert, Y., Ooghe, W., Degroodt, J.M., Verhé, R., Peteghem, C.V., Meulenaer, B.D., 2008b. Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1648-1654.
- Mestdagh, F., Meulenaer, B., Peteghem, C., 2007. Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries. *Food Chemistry*, 100, 1153-1159.
- Mottram, D.S., Wedzicha, B.L., Dodson, A.T., 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419, 448-449.
- Motwani, H.V., Törnqvist M., 2011. Quantitative analysis by liquid chromatography–tandem mass spectrometry of glycidamide using the cob(I)alamin trapping method: validation and application to in vitro metabolism of acrylamide. *Journal of Chromatography A*, 1218, 4389-4394.
- Mucci, L., Dickman, P., Steineck, G., Adami, H., Augustsson, K., 2003. Dietary acrylamide and cancer of the large bowel, kidney and bladder: absence of an association in a population-based study in Sweden. *British Journal of Cancer*, 88, 84-89.
- Muttucumar, N., Powers, S.J., Elmore, J.S., Dodson, A., Bridson, A., Mottram, D.S., Halford, N.G., 2017. Acrylamide-forming potential of potatoes grown at different locations, and the ratio of free asparagine to reducing sugars at which free asparagine becomes a limiting factor for acrylamide formation. *Food Chemistry*, 220, 76-86.
- Olesen, P.T., Olsen, A., Frandsen, H., Frederiksen, K., Overvad, K., Tjønneland, A., 2008. Acrylamide exposure and incidence of breast cancer among postmenopausal women in the Danish diet, cancer and health study. *International Journal of Cancer*, 122(9), 2094-2100.

- Ou, S., Lin, Q., Zhang, Y., Huang, C., Sun, X., Fu, L., 2008. Reduction of acrylamide formation by selected agents in fried potato crisps on industrial scale. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9, 116-121.
- Ötleş, S., Ötleş, S., 2004. Acrylamide in food (chemical structure of acrylamide). *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 3(5), 723-730.
- Parzefall, W., 2008. Minireview on the toxicity of dietary acrylamide. *Food and Chemical Toxicology*, 46(4), 1360-1364.
- Pedreschi, F., Mariotti, M.S., Granby, K., 2014. Current issues in dietary acrylamide: formation, mitigation and risk assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 9-20.
- Pedreschi, F., 2009. Acrylamide formation and reduction in fried potatoes. *Processing effects on safety and quality of foods*, 310, 231-251.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., 2008. The effect of asparaginase on acrylamide formation in French fries. *Food Chemistry*, 109, 386-392.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., Troncoso, E., 2007a. Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1287-1294.
- Pedreschi, F., Bustos, O., Mery, D., Moyano, P., Kaack, K., Granby, K., 2007b. Color kinetics and acrylamide formation in NaCl soaked potato chips. *Journal of Food Engineering*, 79, 989-997.
- Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., 2004. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 37, 679-685.
- Pelucci, C., Francheschi, S., Levi, F., Tricholopoulos, D., Bosetti, C., 2003. Fried potatoes and human cancer. *International Journal of Cancer*, 105, 558-560.
- PerkinElmer, 2004. *Acrylamide Analysis by Gas Chromatography, Field Application Report*, PerkinElmer Life and Analytical Sciences, Shelton, CT, USA.
- Riboldi, B.P., Vinhas, Á.M., Moreira, J.D., 2014. Risks of dietary acrylamide exposure: a systematic review. *Food Chemistry*, 157, 310-322.
- Rice, J.M., 2005. The carcinogenicity of acrylamide. *Mutation Research*, 580, 3-20.
- Rommens, C.M., Yan, H., Swords, K., Richael, C., Ye, J., 2008. Low-acrylamide French fries and potato chips. *Plant Biotechnology Journal*, 6, 843-853.
- Rosen, J., Hellenas, K.E., 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst*, 127, 880-882.

- Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., Törnqvist, M., 2003. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuff. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 7012-7018.
- Sakamoto, J., Hashimoto, K., 1986. Reproductive toxicity of acrylamide and related compounds in mice-effects on fertility and sperm morphology. *Archives of Toxicology*, 59, 201-205.
- Seal, C.J., De Mul, A., Eisenbrand, G., Haverkort, A.J., Franke, K., Lalljie, S.P.D., Mykkanen, H., Reimerdes, E., 2008. Risk-benefit considerations of mitigation measures on acrylamide content of foods- a case study on potatoes, cereals and coffee. *British Journal of Nutrition*, 99(2), 1-46.
- Shelby, M.D., Cain, K.T., Cornett, C.V., Generoso, W.M., 1987. Acrylamide: induction of heritable translocations in male mice. *Environmental Mutagen*, 9, 363-368.
- Sickles, D.W., Stone, J.D., Friedman, M.A., 2002. Fast axonal transport: a site of acrylamide neurotoxicity? *NeuroToxicology*, 23(2), 223-51.
- Silva, K.S., Fernandes, M.A., Mauro, M.A., 2014. Osmotic dehydration of pineapple with impregnation of sucrose, calcium, and ascorbic acid. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 385-397.
- Smith, C.J., Pefetti, T.A., Rumple, M.A., Rodgman, A., Doolittle, D.J., 2000. "IARC group 2A carcinogens" reported in cigarette mainstream smoke. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 371-383.
- Stadler, R.H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P.A., Robert, M.C., Riedikr, S., 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419, 449-450.
- Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R.H., Gonde, P., Eijck, P.V., Lalljie, S., Lignert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Müller, D., Tallmadge, D., O'Brien, J., Thompson, S., Silvani, D., Whitmore, T., 2004. A review of acrylamide: an industry, perspective on research, analysis, formation and control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(5), 323-347.
- Tamer, C.E., Karaman, B., 2006. Gıdalarda akrilamid oluşumu ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Gıda*, 31(4), 195-199.
- Tareke, E., Lyn-cook, B., Robinson, B., Ali, S.F., 2008. Acrylamide: a dietary carcinogen formed in vivo? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 6020-6023.
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Tornqvist, M., 2002. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4998-5006.
- Tareke, E., Ryderbg, P., Eriksson, S., Törnqvist, M., 2000. Acrylamide: a cooking carcinogen? *Chemical Research in Toxicology*, 13, 517-522.

- Taşan, M., 2008. Tahıl Kaynaklı Ürünlerde Akrilamid Varlığı. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, Erzurum, 4, 395-398.
- Tritscher, A., 2004. Human health risk assessment of processing-related compounds in food. *Toxicology Letters*, 149, 177-186.
- TSE, 2008. *Bal-Fruktoz, Glukoz, Sakaroz, Turanoz ve Maltoz Muhtevası Tayini-Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Metodu*. TS 13359, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Vattem, D.A., Shetty, K., 2003. Acrylamide in food: a model for mechanism of formation and its reduction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4(3), 331-338.
- Vinci, R.M., Mestdagh, F., De Meulenaer, B., 2012. Acrylamide formation in fried potato products: present and future, a critical review on mitigation strategies. *Food Chemistry*, 133(4), 1138-1154.
- Williams, J.S.E., 2005. Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato chips. *Food Chemistry*, 90, 875-881.
- Wise, L.D., Gordon, L.R., Soper, K.A., Duchai, D.M., Morissey, R.E., 1995. Developmental neurotoxicity evaluation of acrylamide in Sprague-Dawley rats. *Neurotoxicology and Teratology*, 17, 189-198.
- Yasuhara, A., Tanaka, Y., Hengel, M., Shibamoto, T., 2003. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3999-4003.
- Yıldırım, A., 2010. Amino Asit Zenginleştirmesinin Bisküvi ve Benzeri Ürünlerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Yıldız, O., Şahin H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., 2010. Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi. *Akademik Gıda*, 8(6), 44-51.
- Yuan, Y., Zhao, G.H., Hu, X.S., Wu, J.H., Liu, J., Chen, F., 2008. High correlation of methylglyoxal with acrylamide formation in glucose/asparagine Maillard reaction model. *European Food Research and Technology*, 226, 1301-1307.
- Yuan, Y., Chen, F., Zhao, G.H., Liu, J., Zhang, H.X., Hu, X.S., 2007. A comparative study of acrylamide formation induced by microwave and conventional heating methods. *Journal of Food Science*, 72(4), 212-216.
- Zhang, Y., Zhang, Y., 2007. Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: a review based on the current state of knowledge. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(5), 521-542.

Zyzak, D.V., Sanders, R.A., Stojanovic, M., Tallmadge, D.H., Eberhart, B.L., Ewald, D.K., Gruber, D.C., Morsch, T.R., Strothers, M.A., Rizzi, G.P., Villagran, M.D., 2003. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16), 4782-4787.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Berkay CİRİT
Doğum Yeri ve Yılı : Karşiyaka – 04.07.1987



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Şemikler Lisesi	2001-2004
Lisans : Pamukkale Üniversitesi	2004-2008
Yüksek Lisans : Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2013-2019

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
1- T.C. Ziraat Bankası A.Ş.	2010-2012
2- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı	2012-.....

Projeleri

1- Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, 0272-YL-15 nolu “Vakum İmpregnasyon Ön İşleminin Kızartılmış Patateslerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi” başlıklı Bilimsel Araştırma Projesi.
Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ