

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PATATES KIZARTMADA UYGULANAN FARKLI  
İŞLEMLERİN AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOLGA KAĞAN TEPE**

**DENİZLİ, HAZİRAN - 2018**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**PATATES KIZARTMADA UYGULANAN FARKLI  
İŞLEMLERİN AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TOLGA KAĞAN TEPE**

**DENİZLİ, HAZİRAN - 2018**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Tolga Kağan TEPE** tarafından hazırlanan “**Patates Kızartmada Uygulanan Farklı İşlemlerin Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 04.06.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

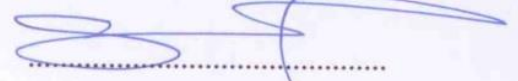
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Doç. Dr. Çetin KADAKAL



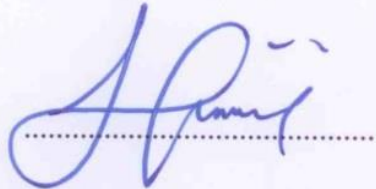
Üye  
Prof. Dr. Sebahattin NAS



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Nizam Mustafa  
NİZAMLIOĞLU



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13/06/2018.... tarih ve 24/10-2018 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından 2017 FBE 044 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**



**TOLGA KAĞAN TEPE**

## ÖZET

### PATATES KIZARTMADA UYGULANAN FARKLI İŞLEMLERİN AKRİLAMİD OLUŞUMU ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TOLGA KAĞAN TEPE

### PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ.DR. ÇETİN KADAKAL)

DENİZLİ, HAZİRAN - 2018

Bu çalışmada farklı dilim kalınlıklarına sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak oluşan akrilamid miktarı ve askorbik asit kayıpları incelenmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda her dilim kalınlığında akrilamid ve askorbik asite ait reaksiyonların dereceleri belirlenmiş, bu sayede k (reaksiyon hız sabiti),  $t_{1/2}$ ,  $Q_{10}$ ,  $E_a$  ve D değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda her iki patates çeşidinde kalınlığa bakılmaksızın askorbik asitin parçalanmasının birinci dereceden bir reaksiyon olduğu, akrilamid oluşumunun ise sıfıncı dereceden bir reaksiyon olduğu saptanmıştır.

Çalışmada en yüksek askorbik asit kayıpları 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde 190°C'de 30 dakikalık kızartma sonunda gerçekleşirken, en düşük kayıpların ise 9 mm kalınlığa sahip patateslerin 150°C'de 10 dakika süre ile kızartılması sonucu oluştuğu belirlenmiştir. Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde gerçekleşen en yüksek askorbik asit kayıpları sırasıyla %92.1 ve %95.92'dir.

Kızartma sıcaklığının ve sürenin artışına bağlı olarak her iki patates çeşidinin akrilamid içeriklerinde artış saptanmıştır. En yüksek artışlar 3 mm kalınlığa sahip patateslerde daha yüksek iken, kalınlık arttıkça akrilamid oluşumunun azaldığı belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek akrilamid içeriğine 190°C'de 30 dakikalık kızartma süresi sonunda ulaşılrken, en düşük içeriğe ise 150°C'de 10 dakika sonra ulaşılmıştır. Ayrıca oluşan akrilamidin büyük bir kısmının ilk 10 dakikalık süreçte, geri kalanın ise 10 dakika ve üzerinde oluştuğu belirlenmiştir. Ranger Russet ve Van Gogh cinsi patateslerde saptanan en yüksek akrilamid değerleri sırasıyla  $4000.5 \pm 4.5 \mu\text{g}/\text{kg}$  ve  $3647 \pm 18 \mu\text{g}/\text{kg}$ 'dir. Farklı dilim kalınlıkları, sıcaklık ve sürelerde oluşan akrilamid içerikleri arasındaki farkın her iki patates çeşidinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Ayrıca yapılan istatistiksel analiz sonucunda aynı koşullarda kızartılan patateslerde patates çeşitleri arasında oluşan akrilamid miktarları farkının anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Sonuç olarak her iki patates çeşidinde dilim kalınlığının azalışı, sıcaklık ve sürenin ise artışına bağlı olarak askorbik asit kayıplarının ve akrilamid içeriğinin artış gösterdiği belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Akrilamid, askorbik asit, dilim kalınlığı, kızartma koşulları, patates, patates kızartması

## ABSTRACT

### EFFECT OF DIFFERENT PROCESSES IN POTATO FRIES ON FORMATION OF ACRYLAMIDE

MSC THESIS

TOLGA KAĞAN TEPE

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. ÇETİN KADAKAL)

DENİZLİ, JUNE 2018

In this study, the amount of acrylamide and ascorbic acid losses due to frying at different temperatures and durations in Ranger Russet and Van Gogh variety potatoes with different slice sizes were investigated. The reaction rates of acrylamide and ascorbic acid in each slice size were determined in the direction of the obtained data. Following that,  $k$  (reaction rate constant),  $t_{1/2}$ ,  $Q_{10}$ ,  $E_a$  and  $D$  values were calculated. As a result of the study, it was determined that the degradation of ascorbic acid in both types of potatoes was a first order reaction and the acrylamide formation was a zero order reaction.

The highest ascorbic acid losses in the study were determined as Ranger Russet and Van Gogh variety potatoes with 3 mm size at the end of 30 minute frying at 190°C, while the lowest losses were found in both fried potatoes with size of 9 mm at 150°C for 10 minutes. The highest levels of ascorbic acid in Ranger Russet and Van Gogh variety potatoes were 92.1% and 95.92%, respectively.

The acrylamide content of both potato varieties increased depending on frying temperature and duration. These increases were highest in potatoes having 3 mm slice size. As sizes increased, formation of acrylamide also decreased. The highest acrylamide content was found at 190°C for 30 minutes in both fried potato varieties, while the lowest acrylamide content was determined at 150°C for 10 minutes. It was also determined that most of the acrylamide formed was in the first 10 minutes and the rest was in the 10 minutes and over. The highest acrylamide levels in Ranger Russet and Van Gogh potatoes were  $4000.5 \pm 4.5$  µg/kg and  $3647 \pm 18$  µg/kg, respectively. The difference in acrylamide content between different slice sizes, temperatures and durations was found to be statistically significant in both varieties of potatoes ( $p < 0.05$ ). As a result of the statistical analysis, it was found that the difference in the amount of acrylamide between potato varieties was significant in fried potatoes ( $p < 0.05$ ).

As a result, it was determined that ascorbic acid loss and acrylamide content increased due to decrease of slice size and increase of temperature and salinity in both varieties of potatoes.

**KEYWORDS:** Acrylamid, ascorbic acid, french fries, frying conditions, potato, slice size

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1    Akrilamid Oluşumu İçin Muhtemel Mekanizmalar .....	6
1.2    Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler ve Azaltma Stratejileri.....	9
1.2.1    İndirgen Şekerler ve Asparajin Etkisi .....	10
1.2.2    Sıcaklık ve Süre Etkisi .....	14
1.2.3    pH'nın Etkisi.....	16
1.2.4    Nem İçeriği veya Su Aktivitesinin Etkisi .....	17
1.2.5    Kızartma Yağı Çeşidinin Etkisi .....	18
1.2.6    Haşlama ve Suda Bekletmenin Etkisi .....	19
1.2.7    Katkı Maddelerinin Etkisi.....	21
1.3    Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkileri.....	23
1.3.1    Nörotoksik Etkileri .....	24
1.3.2    Kanserojen Etkisi.....	25
1.3.3    Üreme ve Gelişim Üzerine Etkileri .....	25
<b>2. MATERYAL METOT</b> .....	<b>27</b>
2.1    Materyal.....	27
2.2    Metot .....	27
2.2.1    Kuru Madde Tayini.....	27
2.2.2    Kül Tayini .....	28
2.2.3    pH Tayini .....	28
2.2.4    Titrasyon Asitliği Tayini.....	28
2.2.5    Ham Selüloz Tayini .....	29
2.2.6    Protein Tayini .....	29
2.2.7    Nişasta Tayini .....	29
2.2.8    Toplam Şeker, İndirgen Şeker ve Sakkaroz Tayini .....	30
2.2.9    Askorbik Asit miktarının belirlenmesi .....	31
2.2.9.1    Örnek hazırlama .....	31
2.2.9.2    HPLC Koşulları.....	31
2.2.10    Akrilamid Miktarının Belirlenmesi .....	32
2.2.11    Renk Değişimlerinin Belirlenmesi.....	32
2.2.12    Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi .....	33
2.2.13    Kinetik Parametrelerin Hesaplanması .....	33
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>36</b>
3.1    Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Fiziksel- Kimyasal Özellikleri.....	36
3.2    Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Farklı Sıcaklık, Süre ve Dilim Kalınlıklara Göre Renk Değişimleri .....	37



3.3	Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Kızartılması Esnasında Askorbik Asit Miktarında Meydana Gelen Değişimler .....	40
3.4	Askorbik Asitin Isıl Parçalanma Kinetiği .....	44
3.5	Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Askorbik Asit Parçalanması İçin Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi.....	47
3.6	Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patatesler İçin Askorbik Asidin Parçalanmasına İlişkin Kinetik Parametreler.....	50
3.7	Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Farklı Kızartma Sıcaklık, Süre ve Dilim Kalınlığına Bağlı Olarak Akrilamid Oluşumu.....	52
3.8	Kızartma Sıcaklığı, Süresi ve Dilim Kalınlığına Bağlı olarak Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşum Kinetiğine İlişkin Reaksiyon Derecesi .....	59
3.9	Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşumu İçin Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi	63
3.10	Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşumuna İlişkin Kinetik Parametreler .....	66
<b>4.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>68</b>
<b>5.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>EKLER .....</b>	<b>82</b>
<b>7.</b>	<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>84</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Monoakrilamidin molekül yapısı.....	2
Şekil 1.2. Poliakrilamidin molekül yapısı.....	2
Şekil 1.3. Maillard reaksiyonu üzerinden gerçekleşen akrilamid oluşum mekanizması.....	7
Şekil 1.4. Gliserol ve akrolein yoluyla akrilamid oluşumu.....	8
Şekil 1.5. Aminoasitler ya da pirüvikasit yoluyla akrilamid oluşum mekanizması.....	9
Şekil 3.6. 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	41
Şekil 3.7. 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	41
Şekil 3.8. 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	41
Şekil 3.9. 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	43
Şekil 3.10. 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	43
Şekil 3.11. 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar.....	43
Şekil 3.12. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	45
Şekil 3.13. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	45
Şekil 3.14. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	45
Şekil 3.15. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	46
Şekil 3.16. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	46
Şekil 3.17. Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateste askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği.....	46
Şekil 3.18. 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği.....	48
Şekil 3.19. 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği.....	49
Şekil 3.20. 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateste askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği.....	49
Şekil 3.21. 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateste askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği.....	49

Şekil 3.22.	6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği .....	50
Şekil 3.23.	3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği .....	50
Şekil 3.24.	9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	52
Şekil 3.25.	6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	53
Şekil 3.26.	3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	53
Şekil 3.27.	9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	55
Şekil 3.28.	6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	55
Şekil 3.29.	3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	55
Şekil 3.30.	9 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	57
Şekil 3.31.	6 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	57
Şekil 3.32.	3 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	58
Şekil 3.33.	9 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	58
Şekil 3.34.	6 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	58
Şekil 3.35.	3 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu .....	59
Şekil 3.36.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	60
Şekil 3.37.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	60
Şekil 3.38.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	60
Şekil 3.39.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	61
Şekil 3.40.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	61
Şekil 3.41.	Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği .....	61
Şekil 3.42.	9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	63
Şekil 3.43.	6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	64

Şekil 3.44. 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	64
Şekil 3.45. 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	65
Şekil 3.46. 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	65
Şekil 3.47. 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği.....	65

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 1.1. Değişik gıdaların akrilamid içerikleri (Anonim 2005) .....	3
Tablo 1.2. Dünyada en çok patates üretimi gerçekleştiren ilk 5 ülke (Anonim 2017).....	5
Tablo 3.3. Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi patateslerin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	36
Tablo 3.4. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak renk değerlerinde gerçekleşen değişimler .....	38
Tablo 3.5. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak renk değerlerinde gerçekleşen değişimler .....	39
Tablo 3.6. Farklı sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen kayıplar .....	40
Tablo 3.7. Farklı sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen kayıplar .....	42
Tablo 3.8. Askorbik asitin parçalanma kinetiğine ait grafiklerin denklemleri ve determinasyon katsayıları.....	47
Tablo 3.9. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin askorbik asit parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler .....	51
Tablo 3.10. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin askorbik asit parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler .....	51
Tablo 3.11. Farklı kalınlıklarda kızartma işlemi uygulanan Ranger Russet çeşidi patateslerde oluşan akrilamid miktarları .....	54
Tablo 3.12. Farklı kalınlıklarda kızartma işlemi uygulanan Van Gogh çeşidi patateslerde oluşan akrilamid miktarları .....	56
Tablo 3.13. Akrilamidin oluşum kinetiğine ait grafiklerin denklemleri ve determinasyon katsayıları.....	62
Tablo 3.14. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde akrilamid oluşumuna ilişkin kinetik parametreler.....	66
Tablo 3.15. 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatete akrilamid oluşumuna ilişkin kinetik parametreler .....	67

## SEMBOL LİSTESİ

<b>g</b>	:	Gram
<b>µg</b>	:	Mikrogram
<b>mg</b>	:	Miligram
<b>l</b>	:	Litre
<b>ml</b>	:	Mililitre
<b>µl</b>	:	Mikrolitre
<b>HPLC</b>	:	Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografisi
<b>LC-PDA</b>	:	Sıvı Kromatografisi Photo Diode Array Dedektör
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>T</b>	:	Sıcaklık
<b>E<sub>a</sub></b>	:	Aktivasyon Enerjisi
<b>C</b>	:	Konsatrasyon
<b>R</b>	:	Gaz Sabiti
<b>t</b>	:	Süre
<b>k</b>	:	Reaksiyon Hız Sabiti
<b>kcal</b>	:	Kilokalori
<b>kJ</b>	:	Kilojoule
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b>inHg</b>	:	İnç Civa
<b>E<sub>I</sub></b>	:	Esmerleşme İndeksi

## ÖNSÖZ

Araştırmam sırasında beni yönlendiren, bu süreçte yaşanan zorlukların aşılmasında bana her zaman destek olan, bana bir öğrenciden ziyade kardeşi gibi değer veren fikirlerine ve düşüncelerine sonsuz saygı duyduğum danışman hocam Sayın Doç. Dr. Çetin KADAKAL'a, motivasyonumu kaybetmemem için her zaman çaba sarf eden arkadaşlarıma, gerek psikolojik gerekse laboratuvar aşamasında yaptığı yardımlarla her zaman yanımda olan, beni tamamlayan yorulduğumda bana güç veren, destek vermekten hiçbir zaman vazgeçmeyen can yoldaşım hayat arkadaşım Fadime Begüm OTAĞ'a, beni bugünlere getiren, maddi, manevi asla desteğini esirgemeyen, ne zaman yardım istesem istediğimden daha fazlasını veren ve bu süreci en az benim kadar heyecanla yaşayan sevgili babam Sait TEPE ve sevgili annem Tülin TEPE'ye sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca araştırmanın ham maddelerinin temininde bize büyük kolaylık sağlayan Nevşehir Patates Araştırma Enstitüsüne ve Öztar Tohumculuk ve Tarım Ürünleri Üretim ve Ticaret A.Ş.'ye de teşekkürleri borç bilirim.

# 1. GİRİŞ

Gıdalarda birçok faktöre bağılı olarak çeşitli kimyasal değişiklikler olabilmektedir. Bu faktörler arasında ısıı işlemler gıdanın kimyasal kompozisyonun değişiminde büyük rol oynamaktadır. Isıl işlemlerin sebep olduğu reaksiyonlardan en bilineni Maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu; gıdanın yapısında bulunan serbest aminoasitlerin, peptitlerin ve proteinlerin serbest amino grubu ile indirgen şeker ya da lipid oksidasyon ürünleri arasında gelişen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Maillard reaksiyonu gıdada raf ömrü süresince ısıı işlem görmediyse yavaş, görmüş ise hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir (Yıldız ve diğ. 2010). Kimi zaman bu reaksiyonlar aracılığı ile lezzet ve aroma geliştirilse de bu reaksiyonlar sonucu akrilamid, hidroksimetil furfural, melanoidler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi gıdalarda bulunması istenmeyen bileşikler oluşabilmektedir (Özkaynak 2006; Yıldız ve diğ. 2010; Vinci ve diğ. 2012). Bu sebeple gıda işleme tekniklerinin son ürün üzerindeki etkilerinin incelenmesi önem arz etmektedir (Tritscher 2004).

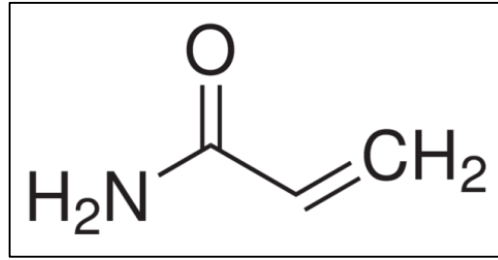
Akrilamid (2-propenamid –  $\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$ ) beyaz renkte, suda oldukça yüksek oranlarda çözünebilen (2155 g/l), kokusuz, erime ve kaynama noktası sırasıyla 84.5°C ve 125°C (25 mm Hg), 192.6°C (atmosferik basınçta) olan, 71,08 g/mol moleköl ağırlığına sahip bir kristaldir. Akrilamid ayrıca aseton ve etanolde de çözünebilmektedir (Özkaynak 2006, Başkan Kahraman, 2012, Nizamlıoğlu 2015).

Akrilamid biyolojik olarak parçalanabilen bir maddedir ve çevreye herhangi bir yük oluşturmamaktadır (Arvanitoyannis ve Dionisopoulou 2014). Akrilamidin monomerik ve polimerik olmak üzere iki formu bulunmaktadır (Arısuoğlu 2015). Sigara, endüstriyel uygulamalar ve ısıı işlem görmüş gıdalar akrilamid oluşumu için uygun yerlerdir. Akrilamid, insan sağlığı açısından olumsuz etkilere sahip olan, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerde polar fonksiyonel gruplar içeren poliakrilamidlerin sentezinde kullanılan, suda çözünebilen bir vinil monomerdir. Gıdalarda genellikle monomer formu oluşur (Dearfield ve diğ. 1988; Vatterm ve Shetty 2003). Ayrıca, monoakrilamid laboratuvarlarda jel hazırlanmasında, protein ayırma tekniklerinden

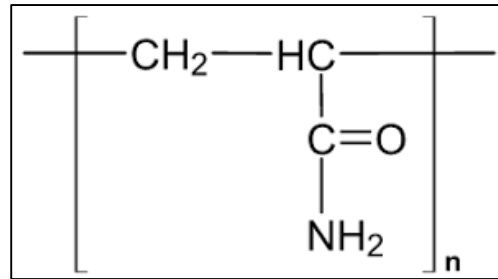


biri olan elektroforez işleminde sıklıkla kullanılmaktadır (Karagöz 2009). Şekil 1.1’de monoakrilamidin molekül yapısı verilmiştir.

Poliakrilamid ise içme suyu ve atık sularda bulunan parçacık ve kirliliklerin uzaklaştırılmasında yararlanılan bir kimyasal olup (Wenzl ve diğ. 2003) yapıştırıcı, boya, kağıt, tekstil endüstrisi, kozmetik ürünleri, kontak lens, baraj, tünel ve kanalizasyon yapımında kullanılmaktadır (Vattem ve Shetty 2003; Karagöz 2009; Vinci ve diğ. 2012). Molekül yapısı Şekil 1.2’de verilen poliakrilamid su geçirmez bir jel olması nedeni ile eşsiz bir bileşiktir (Arısuoğlu 2015). Poliakrilamid yapı malzemeler monoakrilamid de içerebilmekte ve bu monomer yapıdaki akrilamid suya veya gıdaya bulaşabilmektedir (Tritscher 2004). İçme sularında bulunulabilecek akrilamid bulaşma düzeyi Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Avrupa Birliği (EEC) tarafından 5 µg/kg olarak belirlenmiştir. EEC, ambalaj materyalinden gıdaya bulaşabilecek akrilamidin sınır değerini 10 µg/kg olarak belirtmektedir (Wenzl ve diğ. 2003).



Şekil 1.1: Monoakrilamidin molekül yapısı



Şekil 1.2: Poliakrilamidin molekül yapısı

Akrilamid ilk kez 1893 yılında Almanyada Christian Moureau tarafından tanımlanmış olup, ısı uygulaması yapılan gıdalarda araştırılan en aktif bileşiklerden biridir (Arısuoğlu 2015). Akrilamidin monomer formunun, kanserojen olduğu bilinen

vinilklorid yapısına benzemesinden dolayı memelilerde kanserojen ya da toksik etkiye sahip olabileceği ilk defa 1976 yılında ortaya atılmıştır (Kısabay ve diğ. 2004). Bu sebeple insanlarda da kanserojen olabileceği düşünülmektedir. Akrilamid kontaminasyonun 2002 yılına kadar poliakrilamidlerin suların arıtılmasında kullanımı sonucu oluşan kalıntı, kozmetik ürünler, sigara kullanımı gibi gıda dışı etmenlerden kaynaklandığı düşünülmekteydi (Özkaynak 2006). Ancak 2002 yılında İsveç Ulusal Gıda Örgütü ve Stockholm Üniversitesi tarafından pişirilmiş, karbonhidratça zengin gıdalarda yüksek miktarda akrilamid tespit edilmesi ile gıdalarda akrilamid oluşumu dünya çapında büyük ilgi görmeye başlamış ve gıdalardaki varlığı incelenmeye başlanmıştır (Tareke ve diğ. 2002; Kalita ve Jayanty 2013; Arısuoğlu 2015). Bunun yanı sıra akrilamid Uluslararası Kanser Araştırma Komisyonu tarafından 2A grubu (insan için muhtemel kanserojen) bileşik olarak sınıflandırılmıştır (IARC 1994).

Gıdalarda akrilamid oluşumunun; özellikle yüksek sıcaklıklarda pişirmeye bağlı olarak gıdada bulunan asparajin aminoasidi ile indirgen şekerlerin arasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Tyl ve Crump 2003; Gökmen ve diğ. 2005; Karagöz 2009; Paul ve diğ. 2016; Muttucumaru ve diğ. 2017). Akrilamid oluşumu için 100°C'nin aşılmasının gerektiği, 120°C'de bu oluşumun görüldüğü ve en yüksek seviyeye 180°C'de ulaştığı rapor edilmiştir (Tyl ve Crump 2003; Yıldız ve diğ. 2010; Arısuoğlu 2015). Yapılan çalışmalar sonucunda karbonhidrat içeriği yüksek olan gıdalarda oluşan akrilamid miktarının protein içeriği yüksek gıdalardan oldukça fazla olduğu tespit edilmiştir (Yaylayan ve diğ. 2003). Çeşitli gıdalarda tespit edilen akrilamid miktarları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Değişik gıdaların akrilamid içerikleri (Anonim 2005)

Gıda çeşidi	Örnek Sayısı	Ortalama( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Maksimum ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
<b>Tahıllar ve Tahıl İçeren Ürünler</b>			
Ekmekler	5145	466	3436
Pasta ve bisküviler	4980	350	7834
Kahvaltılık Tahıllar	1130	96	1346
Pizzalar	85	33	763
<b>Deniz ürünleri</b>	107	25	233

Tablo 1.1: Değişik gıdaların akrilamid içerikleri (Devam)

<b>Et ve et ürünleri</b>	325	19	313
<b>Süt ve süt ürünleri</b>	147	5.8	36
<b>Patates ve Patetes Ürünleri</b>	10077		
Haşlanmış Patates	66	16	69
Fırın Patates	99	169	1270
Patates cipsi	3555	752	4080
Parmak Patates (French Fries)	6309	334	5312
<b>Kahve, kakao ve çay</b>			
Kahve, içime hazır	101	13	116
Kahve (öğütülmüş, Kavrulmuş)	709	288	1291
Kahve ekstraktları	119	1100	4948
Kafeinsiz kahve	34	668	5399
Kakao ürünleri	23	220	909
Yeşil çay (kavrulmuş)	101	306	660
<b>Şekerler ve bal</b>	133	24	112
<b>Sebzeler</b>			
Çiğ, haşlanmış ve konserve	146	4.2	225
İşlenmiş (fırınlanmış, yağda kızartılmış, ızgara)	47	59	202
<b>Meyveler</b>			
Taze	57	<1	10
Kurutulmuş, yağda kızartılmış, işlenmiş	49	131	770
<b>Alkollü içecekler</b> (Bira, Cin, Şarap)	99	6.6	46
<b>Baharatlar ve soslar</b>	22	71	1168
<b>Bebek formülü</b>			
Bebek maması (konserve)	226	22	121
Bebek maması (toz halde)	34	16	73
Bebek maması (bisküviler, gevrekler)	58	181	1217

Tablodan 1.1'den de anlaşılacağı gibi akrilamid açısından risk teşkil eden grupların tahıllar, tahıl mamülleri, patates ve patates ürünleri olduğu görülmektedir.

Patates (*Solanum tuberosum L.*), dünyada en çok ekilen ve tüketilen tarım ürünlerinden bir tanesidir. Dünya üzerindeki ülkelerin yaklaşık %80'i patates yetiştirmekte ve yıllık üretim 300 milyon tonu aşabilmektedir (Pedreschi ve diğ. 2007). Ülkemizde TÜİK (2017) verilerine göre 2016 yılında 4,750,000 kg patates üretilmekle birlikte, toplam hasat yapılan alan 1,447,056 dekadır. Tablo 1.2'de dünya üzerinde en çok patates üretimi yapan 5 ülkenin sıralaması verilmiştir.

Tablo 1.2: Dünyada en çok patates üretimi gerçekleştiren ilk 5 ülke (Anonim 2017)

Ülke	2014	%
Çin	95,987,500	25.1
Hindistan	45,343,600	11.9
Rusya	30,199,100	7.9
Ukrayna	22,258,600	5.8
ABD	19,843,900	5.2

Patates, dünya genelinde pirinç, buğday ve mısırdan sonra temel gıda kaynakları içerisinde 4.sıradadır (Zaman ve diğ. 2001). İçerdiği karbonhidrat, protein, mineral maddeler ve vitaminler nedeniyle insan diyetinde önemli bir gıda maddesidir. Patatesin 100 gramı günlük minimum enerji ihtiyacının %3'ünü karşılarken, protein ihtiyacının en az %7'sini, B1 vitamini ihtiyacının %10'unu, hasat edilme zamanına göre C vitamini ihtiyacının %20-50'sini karşılayabilmektedir (Tunçtürk ve diğ. 2004). Bunun yanında yapısında demir, fosfor ve magnezyum gibi mineraller de bulundurması sebebiyle patates insan beslenmesinin önemli bir

öğesidir (Kenar 2013). Patates genellikle haşlanarak veya kızartılarak tüketilmekte olup, dondurulmuş parmak patates gibi endüstriyel tüketim şekilleri de mevcuttur.

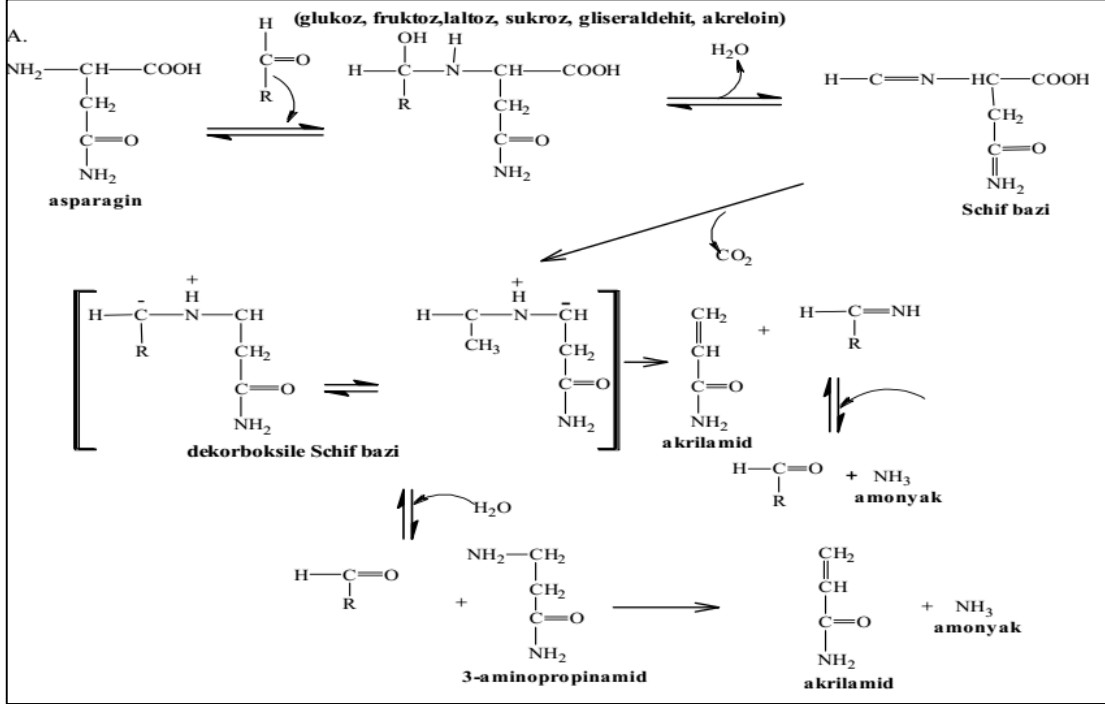
Patates kızartmaları suyun kaynama sıcaklığının üstündeki yağlara daldırılıp kızartılmak suretiyle üretilen, hoş tadı ve kendine özgü lezzeti nedeniyle dünya çapında oldukça tüketilen bir üründür (Quan ve diğ. 2016). Bu ürün sıklıkla tüketilmesinden dolayı insan diyetindeki en baskın akrilamid kaynağı olarak görülmektedir (Fiselier ve Grob 2005). Bunun sebebi ise bu ürünün hammaddesi olan patatesin bileşiminde yüksek sıcaklıklarda işlem görmesi sonucunda Maillard reaksiyonuna sebebiyet verebilecek olan indirgen şekerlerin ve spesifik asparajin amino asidinin bulunmasıdır (Vinci ve diğ. 2012).

### **1.1 Akrilamid Oluşumu İçin Muhtemel Mekanizmalar**

Isıl işleme tabi tutulan gıdalarda akrilamid oluşumu ile ilişkili birçok varsayım bulunmaktadır. Bunun sebebi akrilamidin birden fazla oluşum mekanizmasına sahip olduğunun düşünülmesidir. Gıdalarda akrilamidin lipid, karbonhidrat veya serbest aminoasitlerin bozunumu sonucu oluşan akrolein ve akrilik asit yoluyla, organik asitlerin dehidrasyonu veya dekarboksilasyonu sonucu ya da aminoasitler ile direkt olarak oluşabileceği belirtilmektedir (Richmond ve Borrow 2003; Nizamlıoğlu 2015).

Akrilamid oluşumu için en muhtemel mekanizma Maillard reaksiyonu olarak görülmektedir. (Mottoram ve diğ. 2002; Stadler ve diğ. 2002; Yaylayan ve diğ. 2003). Maillard reaksiyonu üzerinden gerçekleşen akrilamid oluşumu yüksek sıcaklık ve düşük su aktivitesinde özellikle glikoz ve fruktoz gibi indirgen özelliğe sahip şekerler ile asparajin aminoasidi arasında gerçekleşen bir reaksiyon olarak tanımlanmaktadır (Mottoram ve diğ. 2002; Stadler ve diğ. 2002, Zyzak ve diğ. 2003; Gökmen ve diğ. 2005; Karagöz 2009; Paul ve diğ. 2016; Muttucumarı ve diğ. 2017). Amrein ve diğ. (2003) patateslerle yaptıkları çalışmada asparajinin amid grubunun akrilamid molekülünün omurgasını oluşturduğunu göstermişlerdir. Gertz ve diğ. (2002) birincil aminoasidin asparajin olmasının yanısıra; glutamin, sistin, arjinin, metiyonin ve aspartik asidin varlığında da iz miktarda akrilamid oluştuğunu bildirmiştir. Çiğ ya da ısıl işlem uygulanmamış gıdalarda ise akrilamid oluşumunun

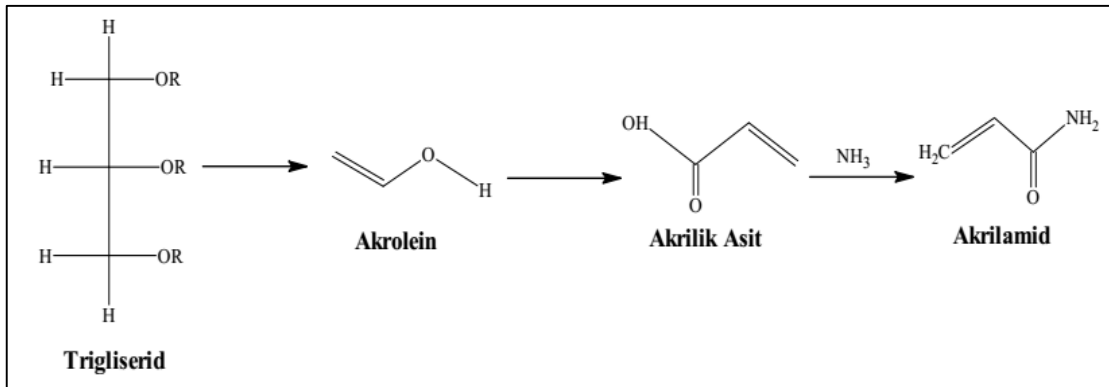
gerçekleşmemesi, karbonhidratça zengin gıdaların pişirilmeleri sırasında bazı reaksiyonların akrilamid oluşumundan sorumlu olduğunu ortaya koymaktadır (Karakul 2006). Şekil 1.3 de Maillard reaksiyonu üzerinden gerçekleşen akrilamid oluşum mekanizması verilmiştir.



Şekil 1.3: Maillard reaksiyonu üzerinden gerçekleşen akrilamid oluşum mekanizması

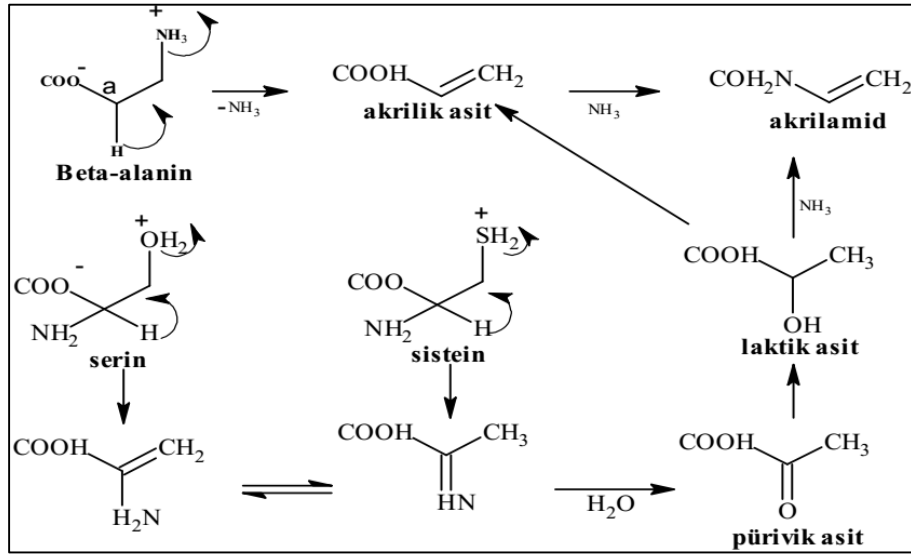
Bu mekanizmada ilk basamak olarak indirgen şekerler ile asparajin reaksiyona girmekte ve Schiff bazı ile dengede bulunan N-glikozilasparajini oluşturmaktadır. N-glikozilasparajin ısı ile dekarboksilasyona uğrayıp doğrudan akrilamide dönüşebilmektedir. Ayrıca N-glikozilasparajin dekarboksilasyon yolu ile dekarboksile Amadori ürününe dönüşür. Bu noktada Amadori ürünü Strecker bozulması ile akrilamid oluşturur. Buna ek olarak dekarboksile asparajin (3-aminopropionamid) ısı etkisi ile indirgen şeker olmadan da akrilamide dönüşebilir (Mottram ve diğ. 2002; Zyzak ve diğ. 2003; Stadler ve diğ. 2004; Özkaynak 2006). Zyzak ve diğ. (2003) glikoz-asparajin çözeltisini ısıtılması sonucu ortaya çıkan 3-aminopropionamidin akrilamid oluşumun habercisi olduğunu bildirmiştir.

Akrilamid oluşumu için diğer bir teori ise lipidler, karbonhidratlar ve aminoasitlerin ayrışması sonucu oluşan akrolein ya da akrilik asit reaksiyonudur (Richmond ve Borrow 2003; Karagöz 2009). Akrilamid oluşumunda önemli bir role sahip olduğu düşünülen akrolein (2-propenol,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$ ) yapısında 3 karbon ihtiva eden ve aktif olarak aldehit grubu içeren bir bileşiktir. Akrolein, akrilamid ile benzerlik göstermektedir. Aralarındaki tek fark ise akroleinde aldehit grubu bulunurken, akrilamid bu aldehit grubundaki hidrojen atomunun ayrılarak yerine amin grubu bağlanması sonucu oluşmaktadır. Akrolein yüksek sıcaklık uygulaması yapılmış olan yağlardaki trigliseritlerin dekompozisyonu sonucunda ortaya çıkmaktadır (Friedman 2003; Tyl ve Crump 2003; Mestdagh ve diğ. 2007). Bu süreçte; trigliseritler kısmi hidroliz ile gliserole ayrılmakta ve ardından da gliserolün dehidrasyonu sonucu akrolein oluşmaktadır. Akrolein ise ortamdaki amonyak ile reaksiyona girip akrilamid oluşumuna sebep olduğu düşünülen akrilik asite okside olmaktadır. Ayrıca akrolein  $150^\circ\text{C}$  üstünde monogliseritlerin dekompozisyonu sonucu oluşabilmektedir (Mestdagh ve diğ. 2007). Şekil 1.4'te gliserol ve akrolein yoluyla muhtemel akrilamid oluşum mekanizması verilmiştir.



Şekil 1.4: Gliserol ve akrolein yoluyla akrilamid oluşumu

Gıdalarda akrilamid oluşumu için ortaya atılan başka bir varsayım ise azot içeren maddelerin (aminoasitler) hidroliz, dekarboksilasyon gibi reaksiyonlar sonucunda akrolein olmaksızın akrilamid oluşturduğu yönündedir. Ayrıca pirüvik asit de akrilamid oluşumuna sebep olan reaksiyonlara katılabilmektedir. Amonyak içeren ortamda pirüvik asit, laktik asit ve akrilik asitin değişime uğraması sonucu akrilamidin oluşabileceği düşünülmektedir (Eriksson 2005; Karakul; 2006; Can 2007). Şekil 1.5'te aminoasitler veya pirüvik asit yoluyla akrilamid oluşum mekanizması verilmiştir.



Şekil 1.5: Aminoasitler ya da pirüvikasit yoluyla akrilamid oluşum mekanizması

## 1.2 Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler ve Azaltma Stratejileri

Gıdanın tabii tutulduğu işleme bağlı olarak gerçekleşen reaksiyonları etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Akrilamid oluşumu için bu faktörler; ana reaksiyon maddeleri olan asparajin ve indirgen şekerler, sıcaklık, süre, nem miktarı, pH, ısıtma ortamı, hammaddenin ve son ürünün depo şartları olarak ifade edilmektedir. (Stadler ve diğ. 2002; Becalski ve diğ. 2003; Amrein ve diğ. 2003; Matthäus ve diğ. 2004; Gökmen ve diğ. 2006; Xu ve diğ. 2016). Bunlara ek olarak kızartmada kullanılan yağın çeşidinin de etkisinin olabileceği ifade edilmektedir (Gertz ve diğ. 2002; Becalski ve diğ. 2003; Williams 2005).



### 1.2.1 İndirgen Şekerler ve Asparajin Etkisi

Akrilamid oluşumu için hammaddedeki öncü özelliğe sahip maddelerin (asparajin ve indirgen şekerler) miktarı akrilamid oluşumunu etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Öncü maddelerin akrilamid oluşumunu hangi ölçüde etkilediğinin daha iyi anlaşılması için birçok çalışma yapılmıştır.

Elmore ve diğ. (2015) ve Muttucumaru ve diğ. (2014) indirgen şeker miktarı ile akrilamid arasında güçlü bir ilişkinin bulunduğunu, indirgen şeker artışına bağlı olarak akrilamid miktarının arttığını bildirmişlerdir. Becalski ve diğ. (2004) parmak patateslerle yaptıkları bir çalışmada asparajinin ve şekerlerin (glukoz, fruktoz, sukroz) konsantrasyonuna bağlı olarak akrilamid oluşum miktarını incelemişler ve akrilamid oluşum miktarında indirgen şeker konsantrasyonuna bağlı bir artış saptamışlardır.

Williams (2005) patates çeşidinin akrilamid oluşumunda önemli etkiye sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu etkiyi ise; patatesteki bulunan glikoz ve fruktoz ile akrilamid miktarı arasındaki korelasyonun oldukça yüksek olması ( $r^2=0.97$ ), ancak benzer bir korelasyonun akrilamid ile asparajin miktarı ve indirgen bir şeker olmayan sakkaroz ile saptanamaması ile ilişkilendirmiştir. Çalışma sonucunda ise ortamda asparajin mevcut olmasına rağmen akrilamid oluşumunda sınırlayıcı faktörün indirgen şeker konsantrasyonu olduğu bildirilmiştir. Amrein ve diğ. (2003) benzer bir şekilde asparajin ve akrilamid miktarı arasında ilişki saptayamamış, ancak bu ilişkinin olabilmesi için ortamda indirgen şeker bulunması gerektiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca başka bir aminoasit olan glutaminin indirgen şeker olsun veya olmasın akrilamid miktarı ile zayıf bir korelasyon verdiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada bunlara ek olarak akrilamid oluşumunda fruktozun glikoza göre etkisinin 2 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Zyzak ve diğ. (2003) glikoz ve su içeren model sisteme ısı uygulayarak akrilamid oluşumunu incelemişler, sisteme asparajin ilave edildiğinde 9270  $\mu\text{g}/\text{kg}$  akrilamid oluştuğunu, sistemden D-glikozun uzaklaştırılması ve asparajin eklenmesi sonucu 117  $\mu\text{g}/\text{kg}$  akrilamid oluştuğunu bildirmişlerdir. Brunton ve diğ. (2007) de patates kızartmalarında tek başına asparajin ile akrilamid içeriği arasındaki ilişkinin çok zayıf olduğunu vurgulamıştır. Yapılan diğer bir çalışmada bu ifadeleri destekler

nitelikte verilere ulaşılmış ve indirgen şeker konsantrasyonu yüksek olan patateslerde akrilamid ile asparajin arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Muttucumaru ve diğ. 2014).

Akrilamid oluşumunun azaltılmasında öncü maddelerin ikisinin veya bir tanesinin minimum düzeye indirilmesinin etkili bir yol olabileceği düşünölmektedir. Patateslerin indirgen şeker ve asparajin içeriğinin depolama ve yetiştirme şekline bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmektedir (Muttucumaru ve diğ. 2014; Elmore ve diğ. 2015). Muttucumaru ve diğ. (2015) sulama işleminin patateslerin öncü madde içeriğini artırdığını, ihtiyaç dışında yapılan sulanmış patateslerden elde edilen kıztartmaların akrilamid içeriğinin daha yüksek olabileceğini bildirmektedir. Ancak Halford ve diğ. (2012<sup>a</sup>) düşük öncü madde içeriğine sahip olan patateslerin hangi işleme tabi tutulursa tutulsun oluşan akrilamid içeriğinin düşük miktarda olacağını vurgulamaktadır. Öncü madde içeriğinin azaltılması için işlem öncesi özellikle asparajininin hidroliz ile parçalanması veya işlem uygulanacak hammadde seçilirken öncü madde içeriği düşük olan çeşitlerin seçilmesi önerilmektedir (Özkaynak 2006; Halford ve diğ. 2012<sup>b</sup>).

Williams (2005) 5 farklı patates çeşidi kullanarak elde ettiği parmak patateslerde yaptığı çalışmada patates çeşidinin akrilamid oluşumunu önemli derecede etkilediğini, en yüksek indirgen şeker miktarının Estima çeşidi patateste olduğunu buna bağlı olarak da en yüksek akrilamid miktarının yine bu çeşitte saptandığını belirtmiştir. Mulla ve diğ. (2011) benzer şekilde 8 patates çeşidini içinde en düşük indirgen şeker miktarına sahip olan Kufri chipsona-2 çeşidi patatesten elde edilen cipslerde en düşük akrilamid miktarının saptandığını bildirmişlerdir.

Yang ve diğ. (2016) öncü madde içeriği ile akrilamid arasında ilişkinin önemine vurgu yaparak, seçilecek çeşidin indirgen şeker ve asparajin içeriğinin akrilamid oluşumunu önemli derecede etkilediğini bildirmiştir. Çalışmalarında en yüksek indirgen şeker içeriğinin ve asparajin miktarının Red Pontiac cinsi patateste olduğunu, yine bu cinsin kıztartılması sonucu elde edilen parmak patateslerde akrilamid miktarının Kennebec ve Agria cinsine göre daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Muttucumarı ve diğ. (2017) farklı iki bölgede yetiştirilmiş 20 farklı patates çeşidini 2 ve 6 ay süre ile depolamış ve bu süreler sonunda patateslerden elde ettikleri unları 160°C'de 20 dakika süre ile ısıtılarak oluşmuş akrilamid miktarını incelemiştir. Çalışma sonunda bazı çeşitler haricinde depolama süresinin artışının akrilamid miktarını artırdığını ifade etmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada yetiştirme bölgelerine göre de farklılıklar saptandığı ifade edilmiştir. Bu çalışmanın aksine Elmore ve diğ. (2015) 20 farklı patates çeşidini 2 ve 6 ay süre ile depolamışlar; başlangıç sıcaklığı 177°C olan çiçek yağında 3 dakika süre ile kızartıp akrilamid oluşumunu incelemiştir. Çalışma sonucunda depolama süresinin akrilamid oluşumunda istatistiksel olarak bir fark yaratmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca 5 patates çeşidinde asparajin içeriğinin istatistiksel olarak azaldığı, en çok azalışın Verdi çeşidinde gerçekleştiği bildirilmiştir. Yine 5 çeşit patatesin indirgen şeker içeriğinin artış gösterdiği, bunlar arasında Lady Rosetta isimli çeşidin en fazla artışa sahip olduğu bildirilmektedir. Bunlara ek olarak çalışmada en düşük akrilamid miktarının en düşük indirgen şeker miktarına sahip olan Verdi çeşidinde belirlendiği vurgulanmıştır.

10 ay süresince depolanan 9 patates çeşidinden yapılan cipslerde akrilamid miktarının araştırıldığı bir çalışmada, Saturna, Lady Claire ve Lady Rosetta çeşitlerinde depolamanın ilk aylarında akrilamid miktarının 1000 µg / kg'dan daha düşük olarak belirlendiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra depolamanın 6. ayında, Markies çeşidinden elde edilen cipslerde 1533 µg/kg akrilamid tespit edilmesine rağmen, indirgen şeker miktarı azaldıkça, akrilamid miktarının da azaldığı ifade edilmiştir. Bu durumun tam aksine Hermes çeşidinden elde edilen cipslerde başlangıçta düşük akrilamid miktarı saptanmasına karşın; depolamanın son 3 ayında akrilamid miktarının önemli derecede arttığı bildirilmiştir (Halford ve diğ. 2012<sup>b</sup>).

Pedreschi ve diğ. (2008) patatesteki bulunan asparajinin toplam aminoasitlerin yaklaşık %40'ını oluşturduğunu ve çeşidine, depolanmasına, yetiştirildiği konuma göre kuru madde de %0.5-3 arasında değiştiğini bildirmiştir. Patatesin bu denli yüksek asparajin içermesi ve yüksek indirgen şeker konsantrasyonu sebebiyle bu öncü maddelerin azaltılması yoluna gidilerek akrilamid oluşumunun önlenmesi için çalışmalar yapılmıştır.

Zyzak ve diğ. (2003) mikrodalga uygulaması ile elde ettikleri patates pürelerine ön işlem olarak asparajinaz enzimi uygulamışlar ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında asparajin içeriğinde %88, akrilamid içeriğinde ise %99 azalma sağlandığını bildirmişlerdir.

Pedreschi ve diğ. (2008) 75°C'de 10 dakika süreyle haşlama ön işlemi uyguladıkları patatesleri 40°C'de 20 dakika süreyle asparajinaz çözeltisine daldırmışlar, ardından 175°C'de 3 dakika süre ile kızartma işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda asparajinaz çözeltisine daldırılmayan örneklerle kıyasla daldırılan örneklerde oluşan akrilamid miktarında %62 lik bir azalma olduğunu ifade etmişlerdir. Capuano ve diğ. (2009) tam buğday, buğday ve çavdardan hazırladıkları cipslerde asparajinaz enzimi uygulamasının 160 ve 180°C'de akrilamid oluşumunu %70-88 aralığında azalttığını bildirmişlerdir.

*Bacillus subtilis* kökenli asparajinaz enzimi ile ön işlem uygulanan patateslerden elde edilen kızartmalarda enzim uygulaması yapılan patateslerdeki akrilamid miktarının enzim uygulaması yapılmayan örneklerdeki miktarın %20'sine tekabül ettiği ve asparajinaz enziminin akrilamid oluşumunun azaltılmasında oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Onishi ve diğ. 2015). Zuo ve diğ. (2015) kızartma öncesi patates dilimlerine termal stabilitesi yüksek asparajinaz enzimi uygulayarak enzim konsantrasyonunun ve uygulama süresinin akrilamid oluşumuna etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda enzim konsantrasyonu arttıkça (1 dk, 80°C ve 0, 1, 2, 5, 10, 20 Unit/ml) oluşan akrilamid miktarındaki azalışın artış gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca 80°C'de 1, 2, 4, 8 ve 15 dk'lık sürelerde 10 Unit/ml enzim kullanılması ile oluşan akrilamidin süre artışı ile daha fazla azaltılabileceği bildirilmektedir.

Dias ve diğ. (2016) 2 farklı enzim ile muamele ettikleri patateslerin kızartma sonrası akrilamid içeriklerinde önemli derecede azalma olduğunu, *Aspergillus oryzae* CCT 3940 kaynaklı enzimin %72, ticari enzimin ise %92 oranında azalma sağladığını bildirmişlerdir.

### 1.2.2 Sıcaklık ve Süre Etkisi

Akrilamid oluşumunun gıdalara uygulanan ısı işlem sıcaklığının ve süresinin artışına bağlı olarak arttığı bildirilmektedir (Tareke ve diğ. 2002; Mottram ve diğ. 2002; Becalski ve diğ. 2003; Matthäus ve diğ. 2004; Gökmen ve diğ. 2006; Yang ve diğ. 2016).

Fırında ısı işlem gören parmak patateslerde akrilamid oluşumu ile sıcaklık arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada, 100°C'ye kadar yapılan 19 dakikalık ısıtmanın akrilamid oluşumuna herhangi bir etkisi olmadığı, ancak 120°C'de düşük ise seviyede bir artış olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçtan yola çıkılarak akrilamid oluşumu için 100°C'nin üzerinde bir sıcaklıkta işleme gerek olduğu vurgulanmıştır (Tareke ve diğ. 2002).

Romani ve diğ. (2008) parmak patateslerin kızartma sıcaklığının artışı ile akrilamid içeriği ve kızartma süresi ile akrilamid içeriği arasında oldukça yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bir şekilde Williams (2005) sıcaklık ve işlem süresinin akrilamid oluşumunu önemli derece etkilediğini bildirmiştir. Zang ve diğ. (2007) patates kızartma işleminde sıcaklığın ve sürenin akrilamid oluşumunu önemli derecede etkilediği, yüksek sıcaklık kısa süre uygulamasının akrilamid oluşumunda etkisinin düşük sıcaklık uzun süre kombinasyonuna göre daha fazla olduğunu bildirmektedir.

Parmak patates kızartmalarındaki akrilamid miktarının zamanın yanı sıra sıcaklığa bağlı olarak artış gösterdiği, özellikle 175°C ve üzerindeki sıcaklıklarda çok yüksek düzeylere çıktığı bildirilmiştir (Matthäus ve diğ. 2004). Aynı çalışmada akrilamid oluşumu ile süre arasındaki ilişkinin doğrusal bir fonksiyon olduğu, ancak sıcaklık ile akrilamid arasında herhangi bir doğrusal ilişkinin olmadığı ifade edilmiştir (Matthäus ve diğ. 2004). Başka bir çalışmada akrilamid oluşumunda kızartma sıcaklığının, kızartma süresinden daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Kızartma süresi sabit tutulduğunda sıcaklık artışı ile akrilamid miktarının logaritmik olarak arttığı; kızartma sıcaklığı sabit tutulduğunda ise süre artışına bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda akrilamid oluşumunun doğrusal olarak arttığı bildirilmektedir (Gökmen ve diğ. 2006).

Yang ve diğ. (2016) 3 farklı patates çeşidini (Kennebec, Red Pontiac ve Agria) 3 farklı (150, 170 ve 190°C) sıcaklıkta kızartmışlar ve sıcaklığa bağlı olarak akrilamid oluşumunu incelemişlerdir. Çalışma sonunda Kennebec ve Red Pontiac cinsinde önemli düzeyde bir artış, Agria cinsinde ise önemsiz düzeyde bir artış gözlemlenmiştir. Aynı koşullar sağlanmasına rağmen farklılık olmasının sebebinin öncü madde düzeyinin patates çeşidine göre farklılık göstermesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise 160°C, 180°C ve 210°C’de kızartılan patateslerde akrilamid miktarının sıcaklık artışı ile önemli derecede arttığı ve en yüksek düzeye 210°C’de ulaştığı bildirilmektedir (Lu ve diğ. 2016).

Romani ve diğ. (2009) 2 farklı ürün-yağ (1:4 ve 1:8) oranına sahip patates kızartmalarında yaptıkları çalışmada akrilamid oluşumunun sıcaklık artışı ile arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada ürün-yağ oranı 1:8 olan patates kızartmalarında akrilamid oluşumunun daha hızlı gerçekleştiğini ifade etmişlerdir.

Kita ve diğ. (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada 160 ve 185°C’de hazırlanan patates cipslerinde akrilamid içeriği ve işlem süresi arasındaki ilişkinin çok yüksek olduğu, korelasyon katsayılarının sırasıyla 0.99 ve 0.96 olduğunu bildirilmiştir. Aynı çalışmada 185°C’de hazırlanan cipslerdeki akrilamid miktarının 160°C’de hazırlananlara göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Kita ve diğ. (2004) sıcaklık ve süre kontrolü ile ısı işlem uygulanan gıdanın akrilamid içeriğinin azaltılabileceğini belirtmektedir. Başka bir çalışmada kızartma sıcaklığı 190°C’den 170 ve 150°C’ye düşürüldüğünde akrilamid oluşumunun sırası ile %68 ve %88 oranında azaldığı bildirilmiştir (Pedreschi ve diğ. 2004). Benzer bir şekilde Haase ve diğ. (2003) sıcaklığın 185°C’den 165°C’ye ve 190°C’den 150°C’ye düşürülmesi sonucu akrilamid oluşumunda sırasıyla yarı yarıya ve üçte bir oranında azalma meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Mariotti-Celis ve diğ. (2017) atmosferik basınçta (29.92 inHg) ve vakum altında (3 inHg) yaptıkları kızartma işleminde atmosferik basınç için 150°C, 160°C ve 170°C, vakum için 96°C, 106°C ve 116°C sıcaklıklarda işlem yapmışlardır. Çalışma sonunda vakum altında kızartmanın akrilamid oluşumunu azalttığını, bu uygulamanın etkili bir yöntem olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Elmore ve diğ. (2005) buğday kepeği, çavdar kepeği ve patates flake'i kullanarak 180°C'de pişirdikleri keklerin akrilamid içeriklerinin 10-20 dakika arasında hızla artış gösterdiğini, 20-35 dakika arasında maksimuma ulaştığını, 35. dakikadan sonra hızlı bir azalışa geçtiğini bildirmişlerdir. Bunun sebebinin zamana bağlı olarak asparajin ve indirgen şekerlerin parçalanmasından kaynaklandığını veya akrilamid ile diğer gıda bileşenleri arasındaki ikinci bir reaksiyondan ileri geldiğini vurgulamışlardır. Ayrıca en yüksek akrilamid içeriğine (6800 µg/kg) sahip örneklerin patates kullanılan örnekler olduğunu bildirmişlerdir.

Rydberg ve diğ. (2003) 200°C'de fırınlanan patateslerde akrilamid oluşumunun hızlı bir şekilde artış gösterdiğini ancak süre uzadıkça akrilamid miktarında azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

### 1.2.3 pH'nın Etkisi

Gıdalarda akrilamid oluşumu üzerine yapılan çalışmalar ortam pH'sının azalmasına bağlı olarak akrilamid oluşumunun azaldığını göstermektedir (Rydberg ve diğ. 2003; Kita ve diğ. 2004; Özkaynak 2006; Kalita ve Jyanty 2013). Ortam pH'sı hem şekerlerin hem de amino grubunun reaktivitesini etkilemektedir. İşlem sırasında pH'ı düşürmenin akrilamid oluşumunu sınırlayacağına işaret etmektedir (Rydberg ve diğ. 2003; Kita ve diğ. 2004).

Rydberg ve diğ. (2003) homojenize edilmiş patateslerin pH'larını değiştirmiş ve çeşitli sıcaklıklarda 25 dakika ısıtım işlemi uygulamıştır. Çalışma sonucunda akrilamid oluşumunun pH 5.72 (orjinal pH) değeri ile karşılaştırıldığında, pH 4.78 ve pH 2.96'ya sahip örneklerde sırası ile azaldığını bildirmişlerdir. Mestdagh ve diğ. (2008<sup>a</sup>) 170°C'de 6 dakika süreyle ısıttıkları patatesten pH artışına bağlı olarak akrilamid içeriğinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu sonucu destekler nitelikte Kalita ve Jyanty (2013) hazırladıkları patates model sistemine HCl ve NaOH ilavesi yaparak ortam pH'sını değiştirmişler ve 150°C'de ısıtım işlemi uygulayıp pH değişimine bağlı olarak akrilamid oluşumunu incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda HCl ilavesi yapılan örneklerde akrilamid oluşumunun azaldığını, NaOH ilavesi yapılan örneklerde arttığını gözlemlemişlerdir. pH 4.0 olan sistemde oluşan akrilamid miktarını  $137.59 \pm 39.58$ , pH 7.0 olan sistemde  $1620.96 \pm 212.19$  µg/kg

olarak belirlemişler ve aradaki farkın oldukça yüksek olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca Jung ve diğ. (2003) asparajın ve glikoz içeren fosfat tampon çözeltisinde (model sistem) pH derecesinin 7.0'den 4.0'e düşürülmesiyle akrilamid oluşumunun %99.1 oranında azaltılabileceğini saptamışlardır. Bunlara ek olarak Pedreschi ve diğ. (2007) sitrik asit çözeltisinde bekletilen patateslerin akrilamid içeriğinin saf su içerisinde bekletilen patateslere oranla çok daha az olduğunu, bunun sebebinin ise sitrik asidin ortam pH'sını düşürmesinden ileri geldiğini belirtmektedirler. Bu ifadeyi destekler bir şekilde Jung ve diğ. (2003) sitrik asit çözeltisinde bekletilen mısır ve patateslerde sitrik asit artışına bağlı olarak akrilamid miktarının azaldığını belirtmektedir.

#### **1.2.4 Nem İçeriği veya Su Aktivitesinin Etkisi**

Su akrilamid oluşumunda ve azaltılmasında karmaşık bir rol oynamaktadır. Su aktivitesi gıdanın nem tutma derecesini yansıtır. Ayrıca maillard reaksiyonuna sadece serbest nem katılır. Teorik olarak su aktivitesi Maillard reaksiyonunu etkilemesi sebebiyle akrilamid oluşumunda önemli bir role sahiptir (Miao ve diğ. 2013). Bu bağlamda yapılan çalışmalar yüksek nem içeriğine sahip ya da su aktivitesi yüksek olan örneklerde akrilamid oluşumunun azaldığını göstermektedir (Özkaynak 2006; Miao ve diğ. 2013).

Elmore ve diğ. (2005) çavdar, patates ve buğdaydan hazırladıkları kekleri 180°C'de fırında pişirmişler ve nem içeriğinin akrilamid oluşumuna etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda %5 nem içeriğine sahip olan örneklerde akrilamid oluşumunun düşük olduğunu, %5 değerinin altındaki örneklerde ise nem artışına bağlı olarak akrilamid oluşumunun doğrusal bir şekilde azaldığını ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada 170, 180 ve 190°C'de hazırlanan patates cipslerinde oluşan akrilamid ile su aktivitesi arasındaki ilişki incelenmiş ve su aktivitesinin azalmasına bağlı olarak akrilamid oluşumunun arttığı ifade edilmiştir. Ayrıca belirtilen her sıcaklıkta akrilamid oluşumu ve su aktivitesi arasındaki ilişkinin 1. dereceden reaksiyon modeline uyduğu belirtilmiştir (Miao ve diğ. 2013).



Rytel ve diğ. (2017) farklı sıcaklıklarda kurutulmuş küp şeklindeki patateslerin nem içeriklerinin artışına bağlı olarak oluşan akrilamid miktarının azaldığını bildirmişlerdir.

### 1.2.5 Kızartma Yağı Çeşidinin Etkisi

Patates kızartmasında indirgen şekerler ile asparaginin varlığında akrilamid oluşmasının yanı sıra lipid bozunum ürünlerinin de artan sayıda kızartma döngüsü ile akrilamid oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir (Gertz ve Klostermann 2002; Zamora ve Hidalgo 2008; Arribas-Lorenzo ve diğ. 2009). Triaçilgliserol (trigliserit) hidrolizi derin kızartma esnasında gerçekleşen başlıca reaksiyonlardan biridir. Akrilamid, daha önce de bahsedildiği gibi akrolein vasıtasıyla oluşabilmektedir. Yağ hidrolizinde oluşan akrolein oksitlenir ve daha sonra asparagin ile akrilamid üreten akrilik asit oluşturur (Yasuhara ve diğ. 2003). Bunun yanısıra, mono ve digliseridler aynı zamanda yüzey aktif maddeler olarak görev yapabilirler ve yağ-gıda arayüzünde yüzey gerilimini düşürebilirler. Dolayısıyla, daha fazla ısı, yağdan gıdaya aktarılabilir, bu da daha fazla akrilamid oluşumuna neden olur. Aynı şekilde yağ oksidasyonu, akrilamid oluşturmak için asparagin ile reaksiyona girebilecek başka karbonilleri de üretebilir (Gertz ve diğ. 2003). Bununla birlikte, diğer araştırmacılar kızartma döngülerinin akrilamid oluşumu üzerinde herhangi bir belirgin negatif etkisini bulamamıştır (Matthaus ve diğ. 2004; Williams 2005; Mestdagh ve diğ. 2005; Mestdagh ve diğ. 2007).

Mestdagh ve diğ. (2005) 170 ve 175°C’de sırasıyla 5 ve 2 dakika süresince farklı bitkisel yağlar ile kızarttıkları patateslerde oluşan akrilamid miktarının farklılık gösterdiğini ancak bu farklılığın 2 sıcaklıkta da önemli derecede olmadığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada Mestdagh ve diğ. (2007) kızartma yağının bileşiminin akrilamid oluşumuna etkisini incelemişler ve farklı bileşimlerin oluşumun üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olmadığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak %99 trigliserit %1 gliserol bileşimdeki kızartma yağında akrilamid oluşumunun azalma eğilimi gösterdiğini ancak bu eğilimin de istatistiksel olarak anlamlı olmadığını ifade etmişlerdir. Williams (2005) palm ve bitkisel yağ kullandıkları çalışmada bu ifadeyi destekler nitelikte yağ çeşidinin

akrilamid miktarında değişime sebep olduğunu ancak bu değişimlerin anlamlı olmadığını ifade etmiştir. Ayrıca yağın doymamışlık derecesinin, peroksit değerinin ve zincir uzunluğunun akrilamid oluşumuna etkisinin olmadığını bildirilmiştir. Ancak bu çalışmaların tam tersine; bazı araştırmacılar patates ile yaptıkları çalışmada 175°C’de patates dilimlerini mısır yağı, zeytinyağı ve parafin kullanarak 10 dakika ve 15 dakika kızartmışlardır. Bu çalışmada sonuç olarak kızartma yağı çeşidinin oluşan akrilamid miktarını etkileyebileceğini belirtmişler ve en yüksek akrilamid miktarının zeytinyağı kullanıldığında oluştuğunu gözlemlemişlerdir (Gertz ve diğ. 2002, Becalski ve diğ. 2003). Başka bir çalışmada, patates cipsleri 180°C’de 10 dakika arayla ardışık bir şekilde soya yağı, palm yağı, hindistan cevizi yağı ve kanola yağı ile kızartılmış ve çalışma sonunda akrilamid oluşumunun yağ çeşidine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği, ancak hindistancevizi ve kanola yağı arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığını belirtilmiştir (Lim ve diğ. 2013). Daniali ve diğ. (2016) soya yağı, ayçiçeği yağı ve kuyruk yağından hazırladıkları model sistemi 180°C’de 30 dakika süre ile ısıtmışlar ve bu süre içerisinde sisteme farklı konsantrasyonlarda (0.1-0.5 mg) asparajin ilave etmişlerdir. Çalışmada asparajin olmayan sistemde akrilamid oluşmadığı, ancak diğer sistemlerde asparajin ilavesi ile akrilamid oluştuğu gözlenmiştir. Bu çalışma açık bir şekilde trigliseritlerin hidrolizi ile oluşan akrolein ve oksidasyon sonrası oluşan akrilik asidin asparajin ile reaksiyona girip akrilamid oluşumunda etkili bir rol oynadığını göstermektedir.

Yapılan çalışmalar yağ çeşidinin akrilamid oluşumunu üzerine etkisinin olduğunu ancak net bir kanıya varabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

### **1.2.6 Haşlama ve Suda Bekletmenin Etkisi**

Ön işlemin amacı gıdalardaki akrilamid oluşumuna sebebiyet veren öncü maddelerin miktarını azaltmaktır ve bu ön işlemlerden birisi haşlama veya suda bekletmedir. Bu işlemler indirgen şekerlerin ve asparajinin azalmasını sağlamaktadır (Özkaynak 2006). Patateslerin haşlanması, yüzeyde bulunan indirgen şekerlerin uzaklaştırılması ile ısıtma sırasında kahverengi noktaların oluşumunu ve yüzeydeki nişastanın jelatinazasyonu ile yağ emilimini azaltmaktadır (Jung ve diğ. 2003;

Pedreschi ve diğ. 2004). Haşlama işlemi aynı zamanda ürünün pH değerini düşüren bir faktördür ve bu nedenle akrilamid oluşumunu azaltmada etkili olduğu düşünülmektedir (Tareke ve diğ. 2002). Mestdagh ve diğ. (2008<sup>b</sup>) haşlama işleminin akrilamid oluşumuna etkisinin sıcaklık ve süreye bağlı olduğunu bildirmektedirler. Ayrıca yüksek sıcaklık-kısa süre kombinasyonunun düşük sıcaklık-uzun süre kombinasyonundan daha etkili olduğu, ancak çok yüksek sıcaklıklarda istenmeyen duyuşal değişimlerin olabileceğinin göz ardı edilmemesi gerektiği bildirilmektedir (Zuo ve diğ. 2015).

Jung ve diğ. (2003) suda bekletilen patateslerden elde edilen parmak patateslerin kontrol grubuna göre daha az akrilamid içerdiğini bildirmektedir. Yapılan bir çalışmada 60 ve 120 dakika suda bekletilen patates dilimlerinin glikoz ve asparajin içeriğinde herhangi bir azalış olmadığı ancak suda bekletilen patateslerden elde edilen kızartmaların akrilamid içeriği ile kontrol grubu arasında önemli düzeyde fark olduğu bildirilmektedir. Ayrıca suda bekletme süresi arttıkça oluşan akrilamidin azaldığı ifade edilmektedir. Yine aynı çalışmada farklı sıcaklık ve sürelerde haşlama ön işlemi uygulanan patateslerin glikoz ve asparajin miktarının önemli ölçüde azaldığı bununla birlikte akrilamid içeriğinde de ciddi bir azalış meydana geldiği ifade edilmiştir (Pedreschi ve diğ. 2007).

Pedreschi ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada, kızartma öncesi 85°C’de 3.5 dakika süre ile haşlama ön işlemi uyguladıkları patateslerin 120, 150 ve 180°C’de kızartılmaları sonucu oluşan akrilamid içeriğinde önemli ölçüde azalma olduğunu belirlemişlerdir. Haşlama işlemi patates cipslerinde oluşan akrilamid miktarlarını kontrol örneklerine göre 120, 150 ve 180°C’lerde sırayla %68, %75 ve %49 oranında düşürmüştür. Çalışmada haşlama işleminin glikoz ve asparajinin patatesten uzaklaşmasına neden olduğu; bu sebeple kızarmış patates dilimlerinin akrilamid miktarında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Mestdagh ve diğ. (2008) haşlama ön işlemi uygulanan patates cipslerinin parmak patatese oranla daha az akrilamid içerdiğini, bunun sebebinin ise patates cipslerinin haşlama sırasında parmak patateslere göre daha fazla indirgen şeker kaybetmesinden ileri geldiğini bildirmektedirler. Patates cipslerinin 70°C’de 30 dakikalık bir haşlama ile indirgen şeker içeriğinin %86’sını, parmak patateslerin ise 80°C’de 30 dakika haşlama sonunda %67’sini kaybettiği belirtilmektedir.

Zuo ve diğ. (2015) kızartma öncesi parmak patateslere uyguladıkları haşlama ön işleminin süreye bağlı olarak 80°C’de 1323 µg/kg değerinden 927 µg/kg değerine düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bunun sebebinin ise akrilamid öncü maddelerinin haşlama esnasında suya geçmesinden ileri geldiği vurgulanmaktadır. Başka bir çalışmada da 3 dakika süre ile uygulanan 50, 70 ve 90°C’de haşlama işlemleri arasında en etkili sıcaklığın 90°C olduğu ifade edilmektedir (Bakhtiyar ve diğ. 2014).

### **1.2.7 Katkı Maddelerinin Etkisi**

Sodyum klorür (NaCl), organik asitler, polifenoller, vitaminler, amino asitler veya proteinler gibi farklı katkı maddelerinin gıdada akrilamid oluşumunu engellemekte etkin olabileceği belirtilmektedir (Rydberg ve diğ. 2003; Vattem ve Shetty ve diğ. 2003; Zeng ve diğ. 2009; Yuan ve diğ. 2011; Yavuz 2014; Xu ve diğ. 2016).

Askorbik asidin maillard reaksiyonunda indirgen şeker olarak davranış sergilediği bildirilmektedir ve askorbik asidin indirgenmesi sonucu oluşan ürünlerin amino asitler ve peptidler ile tepkime verdiği böylece akrilamid oluşumunu engellediği ifade edilmektedir (Rydberg ve diğ. 2003).

Patateslere farklı oranlarda (%0.3, %1.7 ve %8.3) eklenen askorbik asitin akrilamid oluşumuna etkisinin incelendiği bir çalışmada %0.3 oranında kullanılan askorbik asidin, akrilamid miktarını 3100 µg/kg’dan 420 µg/kg’a, diğer oranlarda ise 50 µg/kg’ın altına düşürdüğü bildirilmektedir (Rydberg ve diğ. 2003). Chen ve diğ. (2014) amonyak karamel (gıda sanayiinde kullanılan bir boyarmadde) üzerine yaptıkları çalışmada 0.04 M askorbik asit’in akrilamid oluşumunda %44 oranında azalma sağladığı, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda akrilamid oluşumunun yeniden artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Yavuz (2014) ise tam buğday unu ve D-glikoz içeren model sistemde yaptığı çalışmada NaCl konsantrasyonunun artışına bağlı olarak akrilamid miktarında azalma olduğunu, ayrıca askorbik asit ilavesinin azalmaya etkisinin oldukça az olduğunu bildirmektedir.

Yapılan bir çalışmada asparajin/fruktoz ve asparajin/glikoz ile hazırlanan model sistemler ayrı ayrı NaCl, NaHSO<sub>3</sub> (Sodyum Bisülfid), sistin, askorbik asit ve

allisin ilavesi yapılarak mikrodalga ile ısıtılmıştır. Çalışmada NaHSO<sub>3</sub> ve sistinin akrilamid oluşumunda en iyi azalmayı sağladıkları ancak esmerleşme düzeyinin artışına katkıda buldukları ifade edilmiştir. %0.2 oranında NaHSO<sub>3</sub>'in asparajin/fruktoz sisteminde %98.11'lik azalma sağladığı, konsantrasyon %0.8 olduğunda akrilamid oluşumunu tamamen ortadan kaldırdığı belirtilmektedir. Benzer bir azalmanın sistin kullanılarak da sağlanabileceği hatta oluşumun tamamen engellenebileceği vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra askorbik asidin de akrilamid oluşumunu azaltmada etkili olduğu ve %1.2 gibi bir konsantrasyonda oluşumu %93.13 oranında azalttığı ifade edilmektedir. Ayrıca yüksek konsantrasyonlarda esmerleşmeyi engellediği bildirilmektedir. Bunlara ek olarak NaCl'in etkisinin düşük olduğu, allisinin ise etkisinin %50'yi geçtiği ve yeni bir alternatif olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir (Yuan ve diğ. 2011). Başka bir çalışmada da vanadyum sülfat tuzu eklenen parmak patateslerin akrilamid içeriğinin eklenen vanadyum sülfat tuzunun artışına bağlı olarak azaldığı bildirilmiştir (Kalita ve Jayanty 2013). Zang ve Zang (2008) bambu yaprağı ve yeşil çay ekstraktarının asparajin/glikoz model sistemine ilave edilmesi ile akrilamid oluşumunun sırasıyla %74.4 ve %74.3 oranında azaldığını bildirmektedirler.

Xu ve diğ. (2016) p-kumarik asidin akrilamid öncü maddeleri ile reaksiyon verdiğini ve p-kumarik asit eklenmiş patates cipslerinin akrilamid içeriğinde %66'ya kadar azalma sağladığını bildirmektedirler. Daha önce belirtildiği gibi sitrik asit çözeltisinde bekletilen patateslerin kızartma sonrası oluşan akrilamid içeriğinde oldukça yüksek azalmaların tespit edildiği bildirilmiştir (Pedreschi ve diğ. 2007).

Zeng ve diğ. (2009) asparajin/glikoz model sistemi ve kızarmış patateslere ilave ettikleri vitaminlerin akrilamid oluşumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada biyotin, pridoksin, pridokamin ve L-askorbik asidin (suda çözünür vitaminler) model sistemde akrilamid oluşumunu %50'den fazla azalttığı, kızarmış patateslerde de benzer bir azalma sağladıkları bildirilmiştir. Diğer bir yandan yağda çözünebilir vitaminlerin sadece kızarmış patateslere ilave edilebildiği ve etkilerinin oldukça düşük olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca nikotinik asit ve pridoksalın patates kızartmalarındaki akrilamid miktarında sırasıyla %51 ve %34 oranında azalma sağladığı belirtilmektedir. Başka bir çalışmada da niasin ilavesi yapılan asparajin/glikoz model sisteminde oluşan akrilamid miktarı incelenmiş ve niasinin

konsantrasyonu arttıkça akrilamid miktarının azaldığı, azalmanın 30mg niasin ile %80'e ulaştığı belirtilmektedir (Zeng ve diğ. 2010).

Kim ve diğ. (2005) çeşitli aminoasitlerin akrilamid oluşumunu bloke edeceği veya azaltacağını bildirmektedirler. 185°C'de 1.5 dakika süre ile kızartılan patateslere kızartma öncesi %0.5 oranında glisin eklenmesi ile akrilamid oluşumunda %70, patateslerin lizin ve glisin içeren çözeltiye 3 dakika süre ile daldırılması sonucunda %80 azalmaya ulaşıldığı belirtilmektedir. Başka bir çalışmada da kuru krakerlere %3 glisin eklenmesi ile akrilamid oluşumunun %78 oranında azaltıldığı bildirilmektedir (Klaunig 2008).

Gökmen ve Şenyuva (2006) kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ) ve sodyum ( $Na^{+}$ ) iyonlarının asparajin/fruktoz model sisteminde akrilamid oluşumuna etkisini araştırmışlardır. Çalışmada +2 değerlikli kalsiyum katyonunun akrilamid oluşumunu tamamen engelleyebileceği, +1 değerlikli sodyum katyonun ise akrilamid oluşumunu neredeyse yarı yarıya azalttığı gözlemlenmiştir.

Dikkat çekici başka bir çalışmada ise yağı uzaklaştırılmış keten tohumu ve acıbakla ile katkılanan bisküvi hamurlarının *Lactobacillus sakei*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Pediococcus acidilactici* tarafından fermente edildiği, fermantasyon sonucunda indirgen şeker ve asparajin içeriğinin azalması ile pişirme sonucunda oluşan akrilamid miktarında oldukça yüksek oranlarda azalma gerçekleştiği belirtilmektedir (Bartkiene ve diğ. 2016).

### **1.3 Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkileri**

Monoakrilamidin sinir sistemi üzerinde toksik olduğu, aynı zamanda anemik etkisinin olduğu ve laboratuvar hayvanlarında da kanserojen etki gösterdiği, ancak poliakrilamidin herhangi bir toksisiteye sahip olmadığı bildirilmektedir. Akrilamidin monomer formunun, kanserojen olduğu bilinen vinilklorid yapısına benzemesinden dolayı memelilerde kanserojen ya da toksik etkiye sahip olabileceği ilk defa 1976 yılında ortaya atılmıştır (Kısabay ve diğ. 2004). Akrilamid Uluslararası Kanser Araştırma Komisyonu tarafından 2A grubu (insan için muhtemel kanserojen) bileşik olarak sınıflandırılmıştır (IARC 1994). Ayrıca kızarmış gıdalarla beslenen fareler

üzerine yapılan çalışmalarda akrilamidin hemoglobin bağlama yeteneğine sahip olduğu, metabolik faaliyet sonucu akrilamidden oluşan glisidamidin DNA'yı bağladığı kanıtlanmıştır. Glisidamidin (2,3-epoksiopropanamide, akrilamidin insan ve hayvan vücudaki formu) hayvan deneylerinde (in-vitro ve in-vivo) memeliler için mutajenik ve genotoksik özelliğe sahip bir bileşik olduğu kabul edilmektedir (Capuana ve Fogliano 2011). 2001 yılında Toksisite, Ekotoksisite ve Çevre Bilimsel Komitesi akrilamidin toksik özelliklerinden (nörotoksisite, genotoksisite, kanserojenlik) dolayı insan sağlığı üzerine oluşturduğu tehlikelere dikkat çekmiştir (Başkan Kahraman 2012).

### 1.3.1 Nörotoksik Etkileri

Akrilamidin insanlar ve deney hayvanlarında 2,3-epoksiopropanamide (glisidamid) dönüştüğü, bu nedenle nörotoksik etkisinin olduğu bildirilmektedir. Akrilamid bulaşmış sular ve akrilamid oluşumu gözlenebilen gıdaların uzun süreli tüketiminin sonucunda bulantı, baş dönmesi, kusma, kol ve bacaklarda halsizlik, karıncalanma, terleme gibi belirtilere neden olduğu, daha şiddetli vakalarda ise konuşma güçlüğü, halüsinasyonlar, kol ve bacak eklemlerinde anormal şişlikler, göz mukozasında etkilenme, kas zayıflığı ve üriner bozukluklar ile seyredebileceği belirtilmiştir. Uzun süreli akrilamid alımında toksik hasarın arttığı bildirilmektedir. Toksik hasarın artması sinir sistemini etkilemekte, bu durum ise beynin öğrenme, hafıza ve kavrama gibi fonksiyonları yönettiği bölgelerde dejenerasyona sebep olmaktadır (Kısabay ve diğ. 2004).

Dünya Sağlık Örgütü'nün insanlar üzerinde yaptığı akrilamid nöropatisine kronik maruziyetin risk değerlendirmesi çalışmasında (Environmental Health Criteria Number 49, 1985) günlük alımın 0.012 mg/kg/gün değerini aşmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca periferik nöropati için istenmeyen etkinin gözlemlendiği en düşük düzey (LOAEL: Lowest Observed Adverse Effect Level) 2 mg/kg/gün, olumsuz etkinin görülmediği en yüksek tüketim düzeyi (NOAEL: No Observed Adverse Effect Level) ise 0.5 mg/kg/gün olarak belirtilmiştir (Anonim 2002, Tritscher 2004). Erkekoğlu ve Baydar (2014) bu NOAEL değerine göre ortalama

kadınlar (60 kg) için günlük değerin 30 mg, erkekler (82 kg) için 41 mg ve çocuklar (9 kg) için 4.5 mg olduğunu bildirmektedir.

### **1.3.2 Kanserojen Etkisi**

Farelerin ve sıçanların belirli dozlarda akrilamid içeren gıdalarla beslenmesi sonucu meme bezi, akciğer, ağız boşluğu, bağırsak ve üreme bölgelerinde kanser oluşma riski oluşturabileceği toksikolojik çalışmalarca belirlenmiştir. Ancak insanların diyetlerinden aldığı akrilamid miktarının deney hayvanlarına uygulanan dozdan çok daha az olduğu ve gıda yoluyla alınan akrilamidin kolaylıkla atılabildiği ifade edilmektedir (Mucci ve diğ. 2003). Akrilamidin suda kolaylıkla çözünmesi bağırsakta emilimini hızlandırmakta böylece üre yoluyla, alınan akrilamidin yarısı birkaç saat içinde vücuttan atılabilmektedir (zkayank 2006).

Yapılan çalışmalarda ortalama bir tüketicisi için alınan akrilamid miktarının 1µg/kg-vücut ağırlığı/gün olduğu belirtilirken akrilamid içerikli gıdaları fazla tüketenler için bu değer 4 µg/kg-vücut ağırlığı/gün'e ulaşabilmektedir (Anonim 2011). Eğer vücuda alınan akrilamidin her gün 1µg /kg vücut ağırlığı olursa yaşam süresince kanser riskinin 1000'de 0.7-4.5 arasında olacağı kabul edilmektedir (Mucci ve diğ. 2003).

### **1.3.3 üreme ve Gelişim zerine Etkileri**

Kültür hayvan hücreleri ve in vitro çalışmalar metabolik faaliyet sonucu glisidamide dönüşen akrilamidin DNA'ya tutunduğu böylece gen mutasyonuna sebebiyet verdiği belirlenmiştir (zkaynak 2006; Capuana ve Fogliano 2011).

Bazı araştırmacılar tarafından kızarmış gıda tüketen ve tketyen hayvanların kıyaslandığı çalışmalarda kızarmış gıda ile beslenen hayvanlarda beslenmeyenlere göre daha fazla haemoglobin ve DNA'nın bağlandığı, hücrelerde kromozom anormallikleri görüldüğü bildirilmektedir (Tareke ve diğ., 2000; Mucci ve diğ.,2003). Farelere ve sıçanlara ait spermatidlerde akrilamidin mutasyonlara sebep olduğu bildirilmektedir. Bu sebepten dolayı akrilamidin üreme hücreleri için mutajen



zellikte olduğu dşnlmektedir (Shelby ve diğ. 1987; Adler ve diğ. 2002). Yapılan başka çalışmalarda sıçanların uzun süre akrilamid içeren gıdalarla beslendiğinde ortaya çıkan nörolojik olumsuzlukların yanı sıra erkek ve dişilerde döllenme yeteneğinde olumsuzlukların, anormal sperm oluşumu ve sperm sayısında azalmaların meydana geldiği bildirilmektedir (zkaynak 2006).

## 2. MATERYAL METOT

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patatesler kullanılmıştır. Her iki çeşidi de Öztar tohumculuk ve Tarım Ürünleri Üretim ve Ticaret A.Ş firmasından aynı yılın yeni mahsulü olacak şekilde temin edilmiştir. Bu çalışma amacıyla her iki patates çeşidinden de 100'er kilogram patates denemelerde kullanılmıştır. Pamukkale Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına sevk edilen patatesler çalışma süresince karanlık bir odada yaklaşık 15°C'de muhafaza edilmiştir.

### 2.2 Metot

#### 2.2.1 Kuru Madde Tayini

Sabit ağırlığa getirilmiş ve darası alınmış kurutma kaplarına 10 g ezilmiş patates ilave edilmiştir. Patates örnekleri 105°C'de kurutma dolabında (Nüve, FN 120) sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. (Cemeroğlu 1992). Eşitlik 2.1'den yararlanılarak sonuç ağırlıkça % olarak verilmiştir.

$$\text{Kuru Madde (\%)} = 100 - \left( \frac{a-b}{a} \times 100 \right) \quad (2.1)$$

Burada;

a: Kurutma Öncesi örnek ve kabın toplam ağırlığı

b: Kurutma sonrası örnek ve kabın toplam ağırlığı

### 2.2.2 Kül Tayini

Kül tayini için patateslerden 5'er g örnek alınarak önceden sabit ağırlığa getirilen krozeler yardımı ile kül fırınında 550°C'de kül rengi oluşana ve sabit ağırlığa gelene kadar yakılmıştır. Kül miktarı ağırlıkça % olarak eşitlik 2.2 ile hesaplanmıştır (Cemeroğlu 1992).

$$\text{Kül miktarı (\%)} = 100 - \left[ \left( \frac{a-b}{a} \right) \times 100 \right] \quad (2.2)$$

a: Yakmadan önce kroze ile örneğin darası, g.

b: Yakmadan sonra kroze ile külün darası, g

### 2.2.3 pH Tayini

Ezme haline getirilmiş patateslerden alınan 10 g örnek 1:3 oranında seyreltilmiş ve cam elektrotlu (WTW, 330/Set-1) bir pH metre kullanılarak ölçüm yapılmıştır (Cemeroğlu 1992). Analiz öncesinde pH metre tampon çözeltiler ile pH 4 ve pH 7'ye kalibre edilmiştir.

### 2.2.4 Titrasyon Asitliği Tayini

Ezme haline getirilmiş patates örneklerinden 10g tartılarak saf su yardımı ile 50 ml'ye seyreltilmiştir. 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH 8.10 a gelene kadar sarf edilen alkali çözeltisi miktarı (ml) belirlenerek aşağıdaki eşitlik 2.3 yardımı ile hesaplama yapılmıştır. Sonuçlar sitrik asit cinsinden g/100g olarak verilmiştir (Cemeroğlu 1992).

$$\text{Toplam Asitlik (\%)} = \frac{V \times F \times E \times 100}{M} \quad (2.3)$$

V: Harcanan 0.1 N NaOH miktarı, ml

F: Titrasyonda kullanılan NaOH'in faktörü

E: 1 ml 0.1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı (g)

### 2.2.5 Ham Selüloz Tayini

Ham selüloz analizinde patateslerden 3'er g örnek alınmış, önce sülfirik asit daha sonra potasyum hidroksit ile kaynatıldıktan sonra kaba filtre kâğıdından süzölmüş ardından aseton ile yıkanmıştır. Kalıntı kurutularak yakılmış ve yakma sonrasında oluşan ağırlık farklı ham selüloz olarak hesaplanmıştır (Akyıldız 1984).

### 2.2.6 Protein Tayini

Protein miktarı Kjeldahl yöntemi kullanılarak kuru madde esasına göre belirlenmiştir. Azot çeviri faktörü olarak 6,25 alınmıştır. (Cemeroğlu 2013).

### 2.2.7 Nişasta Tayini

Ezme haline getirilmiş 5g patates örneği, içerdiği optikçe aktif değer unsurlarından ayrılması için %1'lik HCl ile ekstrakte edilmiş ve çözünen unsurlar %4'lük amonyum molibdat (Merck) çözeltisiyle çöktürölmüş ve süzöldükten sonra ortandan ayrılmıştır. Bu süzöntüdeki nişasta çözeltisinin optik çevirme dereceleri polarimetrede ölçölmüş ve sonuçlar eşitlik 2.4 yardımıyla hesaplanmıştır (Türker 1992).

$$\% \text{ Nişasta} = \alpha \times 2000 / ([\alpha]_{20}^D \times L) \quad (2.4)$$

$\alpha$  : Polarimetrede okunan çevirme derecesi

$[\alpha]_{20}^D$ : Patates nişastasının spesifik çevirme derecesi.

L: Polarimetre tüpü uzunluğu.

### 2.2.8 Toplam Şeker, İndirgen Şeker ve Sakkaroz Tayini

Toplam şeker, indirgen şeker ve sakkaroz analizleri Loof-Schoorl metodu ile yapılmış ve sonuçlar % olarak verilmiştir (Cemeroğlu 1992).

Her iki patates çeşidinden de 25 g örnek alınarak 75 ml su ile seyreltilip, seyreltilen örnekler kaba filtre kâğıdından süzölmüş ve Carrez çözeltisi ile durultulmuştur. Daha sonra berrak örnekten 25 ml alınarak Luff çözeltisi ile kaynatılmış ve indirgen şekerlerin oksidasyonuna olanak sağlanmıştır. Kullanılan okside edici maddenin miktarının belirlenmesi için süzöntü tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiş ve indirgen şeker miktarı eşitlik 2.5 ile hesaplanmıştır.

Yine durultulan ve süzölen örnekten 25 ml alınarak 65-70°C'de inversiyon işleminden sonra invert şekerdeki işlemleri yineleyerek toplam şeker miktarı aşğıdaki eşitlik 2.6 yardımıyla belirlenmiştir. Sakkaroz miktarı ise eşitlik 2.7 ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İndirgen Şeker} = \frac{A \times F}{100} \quad (2.5)$$

$$\% \text{ Toplam Şeker} = \frac{B \times F}{100} \quad (2.6)$$

$$\% \text{ Sakkaroz} = 0.95 \times (\text{toplam şeker} - \text{invert şeker}) \quad (2.7)$$

A: İversiyon uygulamadan önce sarf edilen tiyosülfat çözeltisine karşılık gelen invert şeker miktarı (mg)

B: İversiyon uygulamadan sonra sarf edilen tiyosülfat çözeltisine karşılık gelen invert şeker miktarı (mg)

F: Seyreltme Faktörü

## 2.2.9 Askorbik Asit miktarının belirlenmesi

### 2.2.9.1 Örnek hazırlama

Askorbik asit analizi Kadakal ve diğ. (2007) tarafından belirtilen yöntemin modifikasyonuna göre yapılmıştır. Taze ve farklı sıcaklık değerlerinde kızartılmış patates örnekleri 1:9 oranında ultra saf su kullanılarak laboratuvar tipi karıştırıcı ile homojen hale getirilmiş, elde edilen karışım önce kaba filtreden süzölmüştür. Daha sonra süzöntü 14500 devirde 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüjden alınan berrak üst kısım 0.45 µm'lik filtreden süzölerek berrak filtrat elde edilmiştir. Elde edilen berrak filtrat HPLC cihazına enjekte edilinceye kadar -18°C'de muhafaza edilmiştir.

### 2.2.9.2 HPLC Koşulları

Elde edilen berrak filtrattan mikro şırınga yardımıyla 20 µl HPLC kolonuna enjekte edilmiştir. Analizde mobil faz olarak kullanılan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ve asetonitril HPLC saflığındadır. Analizde HPLC cihazı olarak SHIMADZU, Japan, kolon fırını olarak SHIMADZU (CTO-20A), sıcaklık 25°C, kolon olarak C-18 (250 x 4.6 mm, ID) Nucleosil (Macherey-Nagel), pompa olarak SHIMADZU, (LC-20AD), degasser olarak (SHIMADZU DGU-20A3), dedektör olarak SHIMADZU Photo Diode Array (PDA) dedektör (SPD-M20A) kullanılmıştır. Analiz şartları ise dalga boyu 220 nm, mobil faz  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ -asetonitril (99:1), akış hızı 0.6 ml/dk olacak şekilde belirlenmiştir.

Askorbik asit standardından (Sigma Aldrich Chemie GmbH (Diesenhofen, Germany)) 0.01 g tartılarak 100ml saf su yardımıyla çözdürölmüş ve çözeltilen 5, 10, 15, 20, 25 ve 50 ppm'lik çözeltiler hazırlanmıştır. Her çözeltilen 20 µl HPLC cihazına enjekte edilmiş, elde edilen alanlara karışılık konsantrasyon grafiğı çizilerek standart grafiğı oluşturulmuştur. Askorbik asit standart grafiğı Ek-A'da verilmiştir.

### **2.2.10 Akrilamid Miktarının Belirlenmesi**

Akrilamid analizi Gökmen ve diğ. (2005) tarafından basit ve hızlı bir metot olan sıvı kromatografisi photo diode array (PDA) yöntemine göre belirlenmiştir. Laboratuvar karıştırıcısında homojen hale getirilen patateslerden 2 g örnek tartılarak bir falcon tüpüne alınmış ve üzerine 10 ml metanol eklenmiştir. Daha sonra 10 dakika süre ile 10°C’de ve 10000 devir/dakika’da santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrasında üstte kalan berrak kısım başka bir tüpe alınarak üzerine 100 µl Carrez I ve 100 µl Carrez II eklenerek tekrardan yukarıda belirtilen şartlarda santrifüj edilmiştir. Bu aşamadan sonra tüplerdeki berrak kısımdan 2.5 ml alınıp bir balona aktarılarak 40°C’de rotary evaporatör’de 1 ml kalana kadar çözücü uzaklaştırılmış, ardında azot kazı altında kalan çözücü uçurulmuştur. Balon içinde ki kalıntı 1ml çift distile su ile çözdürülerek Water Oasis HLB kartuştan geçirilmiş, ardından HPLC cihazına 80 µl enjeksiyon yapılmıştır.

HPLC cihazı olarak SHIMADZU, Japan, kolon fırını olarak SHIMADZU (CTO-20A), kolon olarak C-18 (250 x 4.6 mm, ID) Nucleosil (Macherey-Nagel), pompa olarak SHIMADZU (LC-20AD), degasser olarak SHIMADZU (DGU-20A3), dedektör olarak SHIMADZU, Photo Diode Array (PDA) dedektör (SPD-M20A) kullanılmıştır. Analiz koşulları olarak 198 nm dedektör dalga boyu, mobil faz olarak çift distile su, akış hızı 1 ml/dk ve kolon fırını sıcaklığı 25°C olarak belirlenmiştir.

Akrilamid standardından (Merck, 8.00830.0500) 0.005 g tartılarak 1000ml saf suda çözüldürülmüş ve elde edilen çözelti 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 ppb’lik çözeltilere seyreltilmiştir. Her çözeltilerden 80 µl alınarak HPLC cihazına enjekte edilmiş, elde edilen alanlara karışıklık konsantrasyon grafiği çizilerek standart grafiği oluşturulmuştur. Akrilamid standart grafiği Ek-B’de verilmiştir.

### **2.2.11 Renk Değişimlerinin Belirlenmesi**

Reflektans renk değerinin ölçümü için Hunter Lab Color Miniscan XE (Model no: 45/0-L, USA) cihazı kullanılmıştır. Renk ölçümü soyulmuş, dilimlenmiş taze patates ve kızartılmış patateslerde gerçekleştirilmiştir. Örnekler beyaz zemin üzerine yerleştirilmiş ve üzerine şeffaf cam kapatılarak ölçüm yapılmıştır. Elde

edilen L, a ve b değerleri kullanılarak  $\Delta E$  eşitlik 2.8, kroma eşitlik 2.9 ve esmerleşme indeksi eşitlik 2.10 yardımıyla hesaplanmıştır (Askari ve diğ. 2008).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L) + (a_0 - a) + (b_0 - b)} \quad (2.8)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (2.9)$$

$$\text{Esmerleşme İndeksi} = \frac{100 \times \left[ \frac{a + 1.75 \times L}{(5.645 \times L + a) - (3.012 \times b)} - 0.31 \right]}{0.17} \quad (2.10)$$

### 2.2.12 Verilerin İstatistiksel Değerlendirmesi

İncelenen örneklerin istatistiksel değerlendirmesi için SPSS istatistik paket programı (SPSS ver. 23, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) kullanılmıştır. Örnekler arasındaki farklılıkların önemi tek yönlü varyans analizi ile saptanmış, %95 güven aralığına göre örnekler Duncan testi ile gruplanmıştır.

### 2.2.13 Kinetik Parametrelerin Hesaplanması

Gıdalarda gerçekleşen reaksiyonların birçoğu sıfırncı ve birinci dereceden reaksiyonlardır (Labuza 1984). Bu araştırmada 9,6 ve 3mm kalınlığında dilimlenen Ranger Russet ve Van Gogh eşidi patatesler farklı sıcaklık ve süre ile kızartılmış, bu esnada gerçekleşen askorbik asit kaybı ve akrilamid oluşumu incelenmiştir. Araştırma verileri askorbik asitin parçalanma reaksiyonunun birinci derece, akrilamid oluşum reaksiyonunun ise sıfırncı derece kinetik modele uyduğunu gostermektedir. Bu sebeple akrilamid için eşitlik 2.11, askorbik asit için eşitlik 2.12 kullanılmıştır.

$$C = k_0 \times t + C_0 \quad (2.11)$$

$$\ln C = \ln C_0 - k \times t \quad (2.12)$$



Burada;

C: İncelenen bileşiğin belirlenen zamandaki miktarı (mg/kg ve µg/kg)

C<sub>0</sub>: İncelenen bileşiğin başlangıçtaki miktarı (mg/kg ve µg/kg)

k: Reaksiyon hız sabiti (dakika<sup>-1</sup>)

t: Süre (dakika)

Reaksiyon hız sabitleri hesaplanırken öncelikle reaksiyonun derecesinin belirlenmesi gerekmektedir. Eğer çizilen konsantrasyona karşılık süre grafiği lineer yani doğrusal ise reaksiyonun sıfıncı derece olduğu anlaşılır. Elde edilen grafiğin denkleminin eğimi reaksiyon hız sabitini ifade etmektedir. Ancak çizilen konsantrasyona karşılık süre grafiği doğrusal değil ise konsantrasyonların doğal logaritmaları hesaplanarak yeniden süreye karşılık gelecek şekilde bir grafik çizilir. Elde edilen grafik doğrusal ise reaksiyonun birinci derece olduğu anlaşılır ve aynı şekilde grafiğe ait denklemin eğimi reaksiyon hız sabitini ifade eder (Labuza 1984).

Reaksiyonun sıcaklık derecesine bağlılığını bulmak için 2.13 no'lu Arrhenius eşitliğinden yararlanılır (Labuza ve Riboh 1982).

$$k=k_0 \times e^{\frac{E_a}{RT}} \quad (2.13)$$

2.13'de verilen eşitliğin integrasyonu ile eşitlik 2.14 elde edilir.

$$\ln k = \left( -\frac{E_a}{R} \right) \times \left( \frac{1}{T} \right) + \ln k_0 \quad (2.14)$$

Burada;

k: Reaksiyon hız sabiti

k<sub>0</sub>: Frekans faktörü

E<sub>a</sub>: Aktivasyon enerjisi (cal x mol<sup>-1</sup> veya J x mol<sup>-1</sup>)

$R$ : Gaz sabiti (1.987 cal x mol<sup>-1</sup> x K<sup>-1</sup> veya 8.314 J x mol<sup>-1</sup> x K<sup>-1</sup>)

$T$ : Sıcaklık (K)

Aktivasyon enerjisine hesaplamak için incelenen sıcaklık değerlerine ait reaksiyon hız sabitlerinin doğal logaritmaları hesaplanır ve sıcaklık değerlerinin (K) resiprokaline (1/T) karşılık gelecek şekilde grafiğe dökülür. Elde edilen grafiğin denklemine ait eğim ile gaz sabiti (R) çarpılarak aktivasyon enerjisi hesaplanır.

Reaksiyonun hızının 10°C'lik artışla hangi düzeyde arttığının ifadesi olan  $Q_{10}$  değeri bu araştırmada 2.15'te verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Labuza ve Schmidl 1985).

$$Q_{10} = \left( \frac{k_2}{k_1} \right)^{\left( \frac{10}{T_2 - T_1} \right)} \quad (2.15)$$

Burada;

$k_1$ :  $T_1$  sıcaklığındaki hız sabiti

$k_2$ :  $T_2$  sıcaklığındaki hız sabiti

Yarılanma süresi bir bileşiğin konsantrasyonunun yarı yarıya azalması için geçen süreyi ifade etmektedir. Birinci dereceden reaksiyonlarda eşitlik 2.16'dan yararlanılarak hesaplanabilir (Labuza 1984).

$$t_{1/2} = -\ln(0.5) \times k^{-1} = -0.693 \times k^{-1} \quad (2.16)$$

D değeri aranan bileşiğin veya kalite kriterinin %90'ını kaybetmesi için geçen süreyi ifade etmekte ve birinci derece reaksiyonlarda eşitlik 2.17'den yararlanılarak hesaplanır (Labuza 1984).

$$D = 2,303 \times k^{-1} \quad (2.17)$$

### 3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 3.1 Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Fiziksel-Kimyasal Özellikleri

Çalışmada kullanılan patates örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.3’de verilmiştir. Ranger Russet çeşidi patateslerin kuru madde oranı %18.6, kül oranı %0.85, pH derecesi 6.29, titrasyon asitliği 0.15 (g/100g), ham selüloz oranı %0.14, protein içeriği %0.34, nişasta içeriği %13.3, toplam şeker içeriği %0.57, indirgen şeker içeriği %0.31, sakkaroz içeriği %0.31, C vitamini miktarı 14.1 (mg/100g), L değeri 66.5, a değeri -4.12, b değeri ise 3.9 olarak belirlenmiştir. Van Gogh çeşidi patateslerin ise kuru madde oranı %21.8, kül oranı %0.9, pH derecesi 6.4, titrasyon asitliği 0.16 (g/100g), ham selüloz oranı %0.16, protein içeriği %0.41, nişasta içeriği %15.2, toplam şeker içeriği %0.54, indirgen şeker içeriği %0.42, sakkaroz içeriği %0.25, C vitamini miktarı 12.3 (mg/100g), L değeri 62.2, a değeri -5.6, b değeri ise 4.06 olarak belirlenmiştir. Van Gogh çeşidi patatesin kuru madde, kül, pH, titrasyon asitliği, ham selüloz, protein ve nişasta içeriği Ranger Russet çeşidinden daha yüksek, Ranger Russet çeşidinin ise toplam şeker miktarı Van Gogh çeşidinden yüksek bulunmuştur.

Tablo 3.3: Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi patateslerin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametre	Çeşit	
	Ranger Russet	Van Gogh
Kuru Madde (%)	18.60	21.80
Kül (%)	0.85	0.90
pH	6.29	6.40
Titrasyon Asitliği (g/100g)	0.15	0.16
Ham Selüloz (%)	0.14	0.16
Protein (%)	0.34	0.41
Nişasta (%)	13.30	15.20
Toplam Şeker (%)	0.57	0.54

Tablo 3.3: Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi patateslerin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Devam)

İndirgen Şeker (%)	0.31	0.42
Sakkaroz (%)	0.25	0.11
C Vitamini (mg/100g)	14.10	12.30
L	66.50	62.20
a	-4.12	-5.60
b	3.90	4.06

### 3.2 Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Farklı Sıcaklık, Süre ve Dilim Kalınlıklara Göre Renk Değişimleri

9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip olan Ranger Russet çeşidi patateslerde kızartma sıcaklığı sabit tutulduğunda, süre artışına bağlı olarak L değerlerinde azalma, a ve b değerlerinde ise artış gözlemlenmiştir. Aynı şekilde süre sabit tutulduğunda ise sıcaklık artışına bağlı olarak L değerlerinde azalma, a ve b değerlerinde artış saptanmıştır. Sıcaklığın sabit tutulup değişken olarak süreye göre karşılaştırma yapıldığında; sıcaklık artışının süre artışına göre azalma veya artış değerlerini daha çok etkilediği belirlenmiştir. Her dilim kalınlığı için L değerinde en fazla azalma, a ve b değerlerinde en fazla artış 190°C’de 30 dakika sonra gözlenirken, 150°C’de 10 dakika sonra L değerinde azalmanın, a ve b değerlerinde ise artışın en düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Ranger Russet çeşidi patateslerin tüm dilim kalınlıklarında koyuluk (L) değerinin azaldığı, kırmızılık (+a) ve sarılık (+b) değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. Farklı kalınlıklara sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak L, a, b değerlerinde gerçekleşen değişimler ve bunlara bağlı esmerleşme indeksi, kroma ve  $\Delta E$  değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Kızartma sıcaklığının sabit tutulması ve sürenin değişken olarak seçilmesi ile 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin L, a ve b değerlerinde değişimler söz konusudur. Bu değişimler kalınlığın azalmasının akabinde L değerleri için azalma, a ve b değerleri için artış olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra kızartma süresi sabit, artan sıcaklık parametre olarak seçildiğinde aynı şekilde L değerlerinde azalma, a ve b değerlerinde artış saptanmıştır. Sürenin değişkenliğine göre karşılaştırma yapıldığında sıcaklığın bu değerlerdeki değişimleri çok daha fazla

etkilediği gözlemlenmiştir. Her dilim kalınlığı için L değerinde en fazla azalma, a ve b değerlerinde en fazla artış 190°C’de 30 dakika sonra gözlenirken, 150°C’de 10 dakika sonra L değerinde azalmanın, a ve b değerlerinde ise artışın en düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Van Gogh çeşidi patateslerin tüm dilim kalınlıklarında koyuluk (L) değerinin azaldığı, kırmızılık (+a) ve sarılık (+b) değerlerinin ise arttığı belirlenmiştir. Farklı kalınlıklara sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak L, a, b değerlerindeki değişimler ve bunlara bağlı esmerleşme indeksi (Eİ), kroma ve  $\Delta E$  değerleri Tablo 3.5’de verilmiştir.

Tablo 3.4: 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya bağlı olarak renk değerlerinde gerçekleşen değişimler

Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	Süre (Dakika)	L	a	b	Eİ	Kroma	$\Delta E$	
9	0	0	66.50	-4.10	3.90	1.31	5.67	0	
		150	10	63.78	1.20	13.10	23.8	13.10	10.94
			20	63.28	5.29	20.8	45.30	21.50	19.61
	30		62.73	7.77	21.80	51	23.10	21.79	
	170	10	61.72	2.40	18.30	37.30	18.50	16.52	
		20	61.35	7.75	23.50	56.70	24.80	16.64	
		30	60.76	8.45	24.30	60.20	25.70	24.62	
	190	10	59.33	6.20	19.70	47.40	20.70	20.20	
		20	57.69	11.30	24.20	67.80	26.70	26.98	
		30	57.11	11.80	24.90	71.20	27.50	27.96	
	6	0	0	66.50	-4.10	3.90	1.31	5.67	0
			150	10	62.23	1.80	15	29	15.10
20				61.66	6.39	22.10	51.20	23	21.59
30		61.22		8.71	23	56.70	24.60	23.61	
170		10	60.78	3.18	20.70	44.70	21	19.21	
		20	60.19	8.69	25.30	64	26.70	25.71	
		30	59.58	9.41	26.30	68.50	27.90	27.05	
190		10	58.58	7.56	21.50	54.50	22.80	22.57	
		20	56.32	12.60	26.60	78.70	29.40	29.95	
		30	55.58	12.90	27.20	82.50	30.10	30.86	
3		0	0	66.50	-4.10	3.90	1.31	5.67	0
			150	10	61.33	2.40	17.40	35.50	17.50
	20			60.36	7.58	24.30	59.70	25.50	24.31
	30	60.15		9.77	25.20	65.10	27	26.19	
	170	10	58.33	3.77	22.60	52.70	22.90	21.89	
		20	56.67	9.74	27	75.70	28.70	28.69	
		30	57.35	10.10	27.90	77.80	29.70	29.38	
	190	10	56.23	9.64	23.70	66.20	25.60	26.19	
		20	53.71	14.70	27.70	90.40	31.40	32.95	
		30	53.31	15.10	28.50	94.60	32.20	33.88	

Tablo 3.5: 9, 6 ve 3mm kalınlıĝa sahip Van Gogh eşidi patateslerde farklı sıcaklık ve sürede kızartmaya baĝlı olarak renk değerlerinde gerçekleşen değişimler

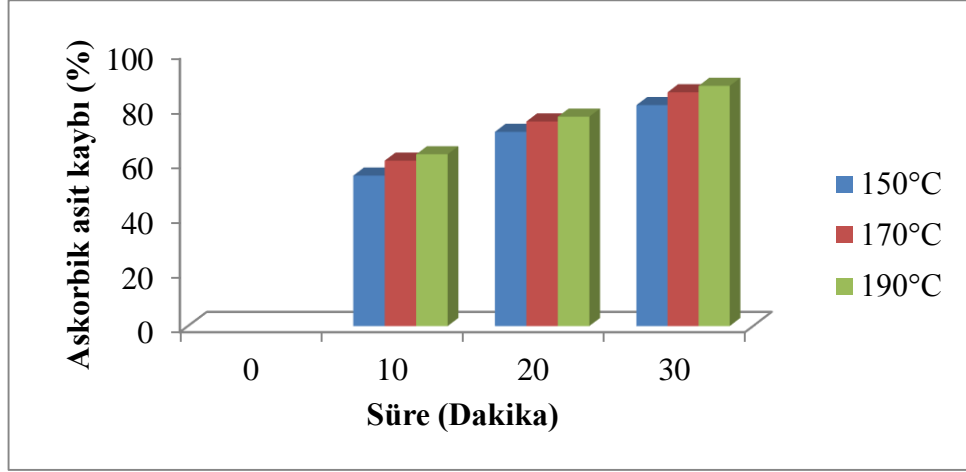
Patates Kızartma Kalınlıĝı (mm)	T (°C)	Süre (Dakika)	L	a	b	Eİ	Kroma	ΔE	
9	0	0	62.17	-5.65	4.06	-0.18	6.95	0	
		150	10	59.75	0.47	15.22	29.30	15.20	13
			20	59.25	5.49	22.19	52.78	22.90	21.5
	30		58.62	7.57	23.25	59.02	24.50	23.6	
	170	10	57.82	2.71	20.67	46.67	20.80	19.10	
		20	57.44	7.12	25.60	66.67	26.60	17.10	
		30	56.48	8.04	26.55	72.29	27.70	26.90	
	190	10	55.65	6.60	22.29	58.84	23.20	22.90	
		20	53.80	11.80	26.11	80.73	28.60	29.30	
		30	53.20	12.40	27.29	86.86	30	30.70	
	6	0	0	62.17	-5.65	4.06	-0.18	6.95	0
			150	10	58.21	-0.36	13.85	26.05	13.90
20				56.38	4.64	21.26	52.38	21.80	20.90
30		55.79		6.52	22.10	57.99	23	22.70	
170		10	56.6	1.37	18.96	41.60	19	17.40	
		20	56.18	6.65	22.71	59.42	23.70	23.10	
		30	55.56	7.28	23.60	63.70	24.70	24.30	
190		10	54.47	5.28	20.46	53.28	21.10	21.20	
		20	52.60	10.50	25.47	79.13	27.60	28.50	
		30	52.20	11.20	26.10	83.09	28.40	29.50	
3		0	0	62.17	-5.65	4.06	-0.18	6.95	0
			150	10	57.16	1.38	17.77	38.16	17.80
	20			55.60	6.87	25.49	68.82	26.40	25.70
	30	55.22		8.85	26.46	75.26	27.90	27.60	
	170	10	54.50	2.79	22.86	56.67	23	22	
		20	53.59	8.55	28.14	83.62	29.40	29.20	
		30	53.19	8.92	28.82	87.47	30.20	30.10	
	190	10	52.45	8.83	24.52	73.80	26.10	26.90	
		20	50.02	14	28.62	101.90	31.90	33.70	
		30	49.24	14.60	29.28	107.70	32.70	34.80	

### 3.3 Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerin Kızartılması Esnasında Askorbik Asit Miktarında Meydana Gelen Değişimler

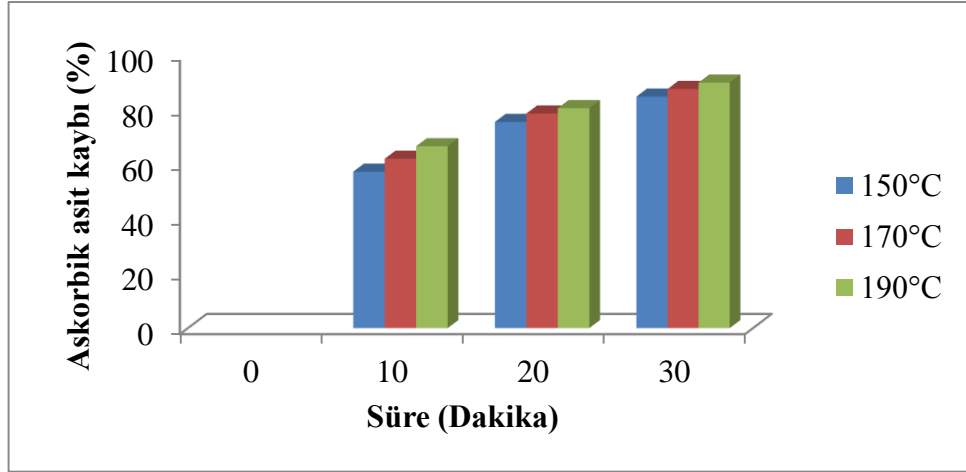
Kızartma işlemi uygulanmamış Ranger Russet çeşidi patateslerin başlangıç askorbik asit içeriği 127.85 mg/kg olarak belirlenmiştir. Her kızartma sıcaklığında askorbik asit değerinde kayıplar belirlenirken en az kaybın 150°C’de 10 dakika sürede, en yüksek kaybın ise 190°C’de 30 dakika sürede olduğu saptanmıştır. Sıcaklıktaki her 20°C’lik artışın askorbik asit kaybını artırdığı belirlenmiştir. Tablo 3.4’te farklı kalınlık, sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak Ranger Russet çeşidi patatesin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar verilmiştir. Şekil 3.6, Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’te sırasıyla 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıpların yüzde değişim grafikleri verilmiştir. Tablo 3.6’da en yüksek askorbik asit kayıpları 9, 6 ve 3 mm kalınlık için sırasıyla 190°C’de 30 dakika sonra % 87.88, % 89.87, % 92.1 olduğu belirlenmekle beraber, her sıcaklık ve sürede kalınlıklar arasında en yüksek kaybın 3mm kalınlığa sahip örneklerde gerçekleştiği saptanmıştır.

Tablo 3.6: Farklı sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana % kayıp miktarları

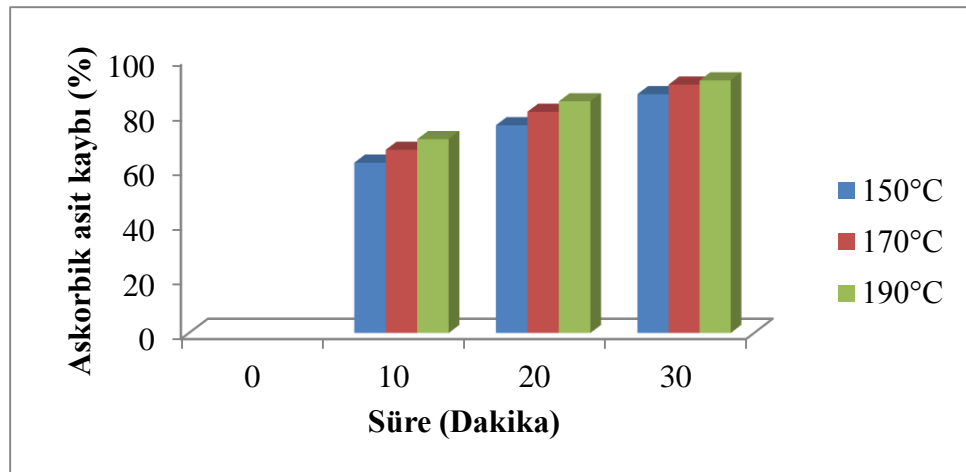
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	Süre (Dakika)	150°C		170°C		190°C	
		Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)	Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)	Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)
9	0	127.85	0	127.85	0	127.85	0
	10	57.50	55.03	50.50	60.50	47.50	62.85
	20	37	71.06	32.15	74.85	29.90	76.61
	30	24.50	80.84	18.50	85.53	15.50	87.88
6	0	127.85	0	127.85	0	127.85	0
	10	54.50	57.37	48.50	62.06	42.65	66.64
	20	31.30	75.52	27.40	78.57	24.90	80.52
	30	19.50	84.75	15.95	87.52	12.95	89.87
3	0	127.85	0	127.85	0	127.85	0
	10	48.50	62.06	42.50	66.76	37.50	70.67
	20	31	75.75	24.75	80.64	19.85	84.47
	30	16.50	87.09	12.05	90.57	10.10	92.1



Şekil 3.6: 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar



Şekil 3.7: 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar



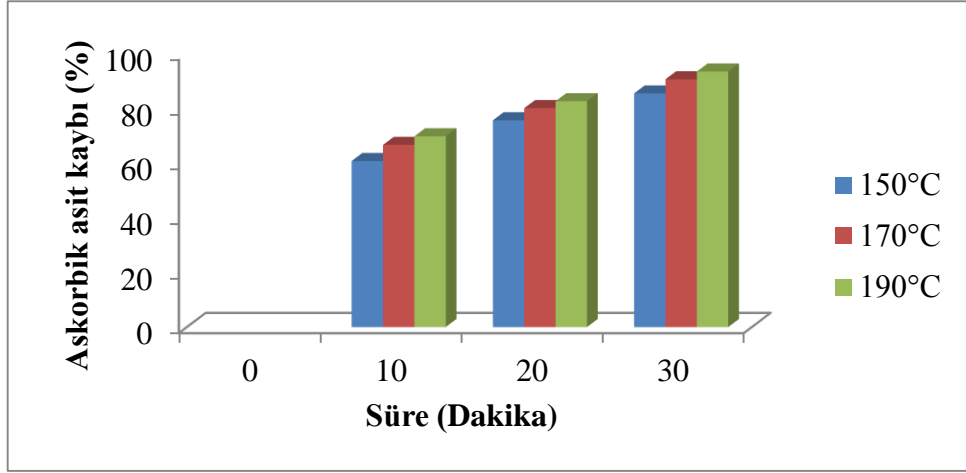
Şekil 3.8: 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar



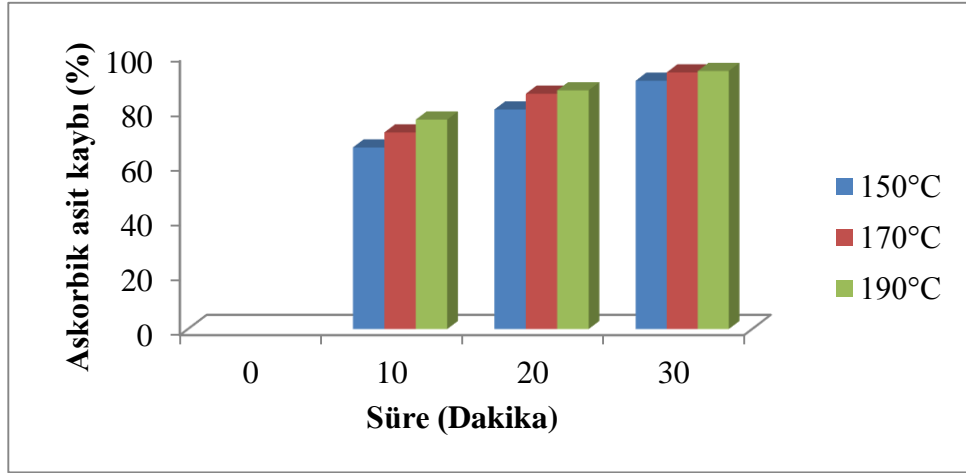
İşlem uygulanmamış Van Gogh çeşidi patateslerin başlangıç askorbik asit içeriği 109 mg/kg olarak belirlenmiştir. Her kızartma sıcaklığında askorbik asit değerinde kayıplar belirlenirken; en az kaybın 150°C’de 10 dakika sürede, en fazla kaybın ise 190°C’de 30 dakika sürede olduğu saptanmıştır. Sıcaklıktaki her 20°C’lik artışın askorbik asit kaybını artırdığı belirlenmiştir. Tablo 3.7’de farklı kalınlık, sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak Van Gogh çeşidi patatesin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar verilmiştir. Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’te ise sırasıyla 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıpların yüzde değişim grafikleri verilmiştir. Tablo 3.7’de görüldüğü gibi en yüksek askorbik asit kayıpları 9, 6 ve 3 mm kalınlık için sırasıyla 190°C’de 30 dakika sonra % 93.49, % 94.13 ve % 95.92 olduğu belirlenmekle beraber, her sıcaklık ve sürede kalınlıklar arasında en fazla kaybın 3mm kalınlığa sahip örneklerde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Tablo 3.7: Farklı sıcaklık ve süre uygulamasına bağlı olarak 9, 6 ve 3mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içerikleri ve başlangıç değerine göre meydana gelen kayıplar

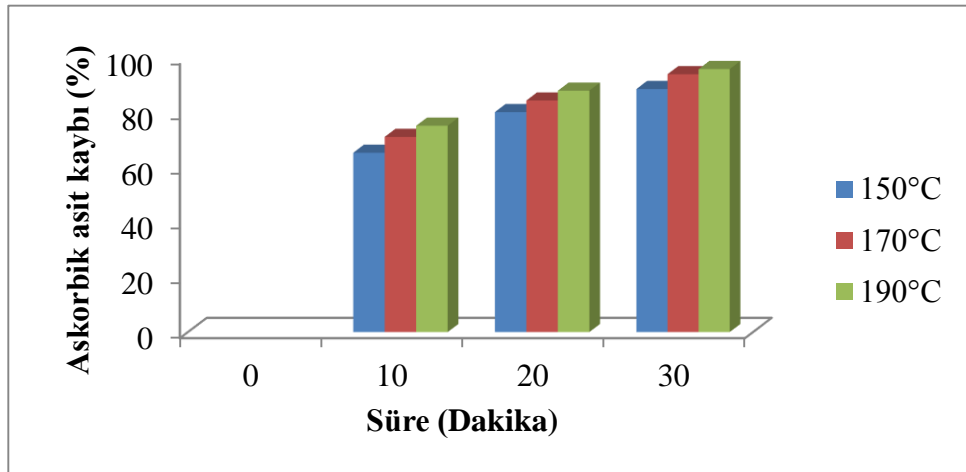
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	Süre (Dakika)	150°C		170°C		190°C	
		Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)	Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)	Askorbik asit (mg/kg)	Kayıp (%)
9	0	109	0	109	0	109	0
	10	42.80	60.73	36.35	66.65	32.95	69.77
	20	26.55	75.64	21.70	80.09	18.95	82.61
	30	15.85	85.46	10.20	90.64	7.10	93.49
6	0	109	0	109	0	109	0
	10	36.70	66.33	30.75	71.79	25.65	76.47
	20	21.65	80.14	15.40	85.87	14.05	87.11
	30	10.25	90.60	6.95	93.62	6.40	94.13
3	0	109	0	109	0	109	0
	10	37.60	65.50	31.30	71.28	26.90	75.32
	20	21.50	80.28	16.90	84.50	13	88.07
	30	12.35	88.67	6.50	94.04	4.45	95.92



Şekil 3.9: 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar



Şekil 3.10: 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar

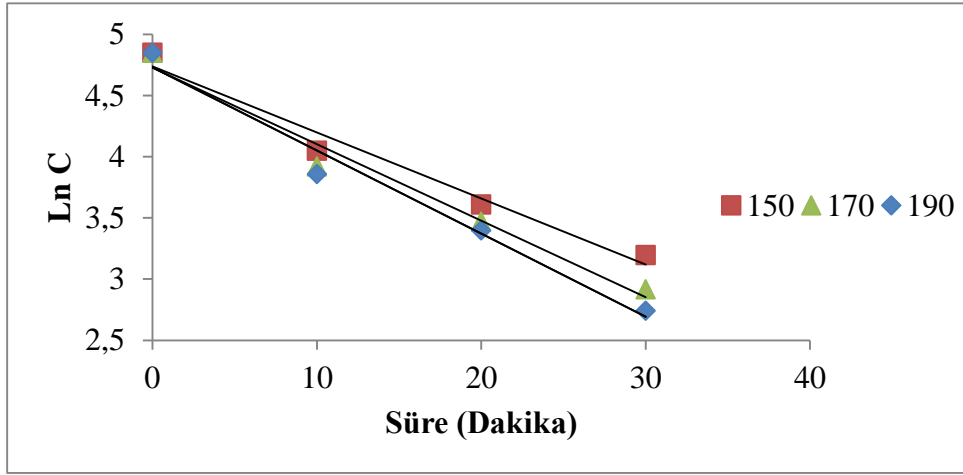


Şekil 3.11: 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıplar

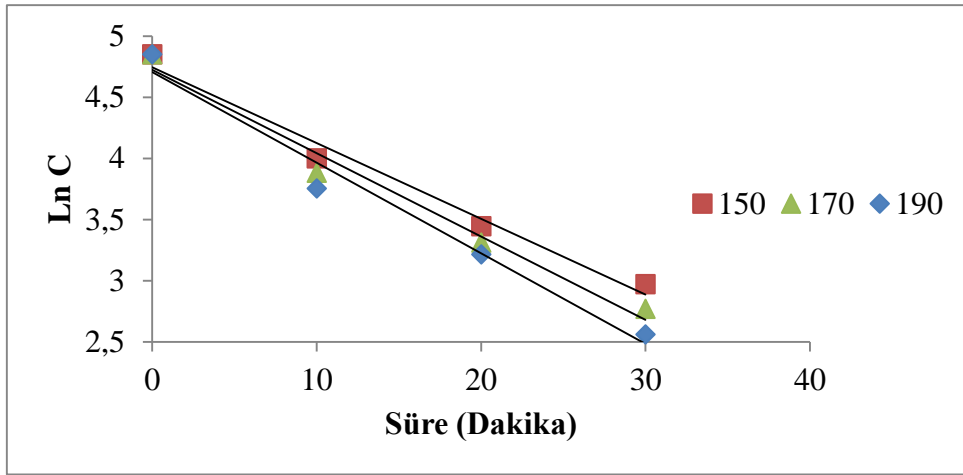
Haase ve Weber (2003) yaptıkları çalışmada parmak patateslerde ve patates cipslerinde kızartma işlemi ile askorbik asit kaybının sırasıyla %52 ve %26 olduğunu ifade etmektedirler. Başka bir çalışmada da 160, 180 ve 210°C’de kızartılan patateslerde sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak askorbik asitin yüzde kayıplarının arttığı bildirilmektedir. Aynı çalışmada en yüksek kaybın 210°C’de 12 dakika sonra gerçekleştiği vurgulanmaktadır (Lu ve diğ. 2016). Bu araştırmada da her iki patates çeşidinde askorbik asit kaybının sıcaklık ile arttığı gözlemlenmiş olup, elde edilen veriler diğer çalışmalar ile paralellik göstermektedir. Ancak literatürde değişik kalınlıklardaki kızartılmış patateslerin askorbik asit içeriği ile ilgili çalışmaya rastlanamadığından askorbik asit verilerimizin karşılaştırılma imkânı bulunamamıştır.

### **3.4 Askorbik Asitin Isıl Parçalanma Kinetiği**

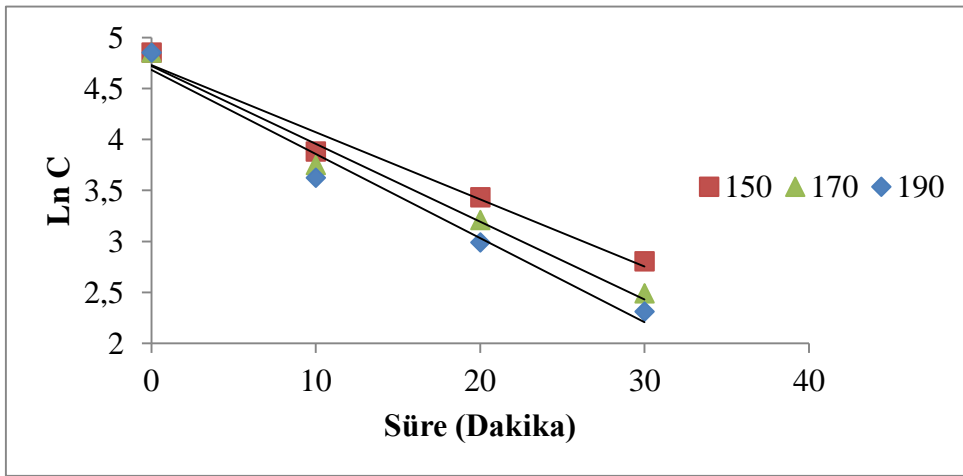
Gıdalarda meydana gelen reaksiyonların çoğu, birinci dereceden reaksiyon kinetiğine göre gerçekleşmektedir (Villota ve Hawkes 1992). Bu bilgiden yola çıkarak her iki patates çeşidinin farklı sıcaklarda kızartılması ve her sıcaklık parametresinden belirli sürelerde alınan örneklerden elde edilen askorbik asit konsantrasyonları süreye karşılık gelecek şekilde aritmetik koordinatlara işlenmiş, ancak doğrusal bir eğri elde edilememiştir. Doğrusal bir eğri elde edilemediği için askorbik asitin termal parçalanmasının sıfırinci derece reaksiyona uymadığı tespit edilmiştir. Bunun neticesinde reaksiyon derecesinin belirlenmesi için elde edilen askorbik asit konsantrasyonlarının doğal logaritmaları hesaplanmış ve süreye karşılık gelecek şekilde grafiğe dökülmüştür. Elde edilen grafiklerinin eğrilerinin doğrusal olması sebebiyle askorbik asitin ısıl parçalanmasının birinci derece kinetik modele uyduğu saptanmıştır. Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14’de Ranger Russet çeşidi için askorbik asitin ısıl parçalanma kinetiğine ait grafikler, Şekil 3.15, Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de ise Van Gogh çeşidi için askorbik asitin ısıl parçalanma kinetiğine ait grafikler verilmiştir. Her iki patates çeşidi için çizilen grafiklere ait denklemler ve determinasyon katsayıları Tablo 3.8’de verilmiştir.



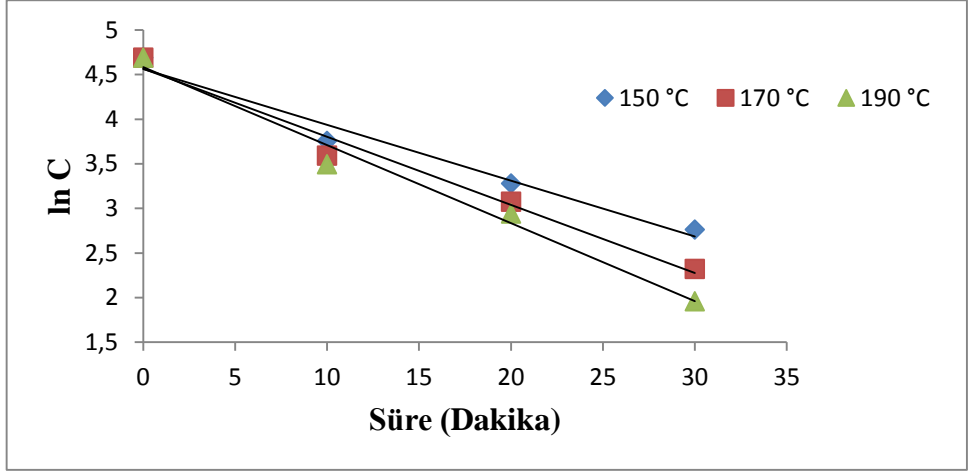
Şekil 3.12: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği



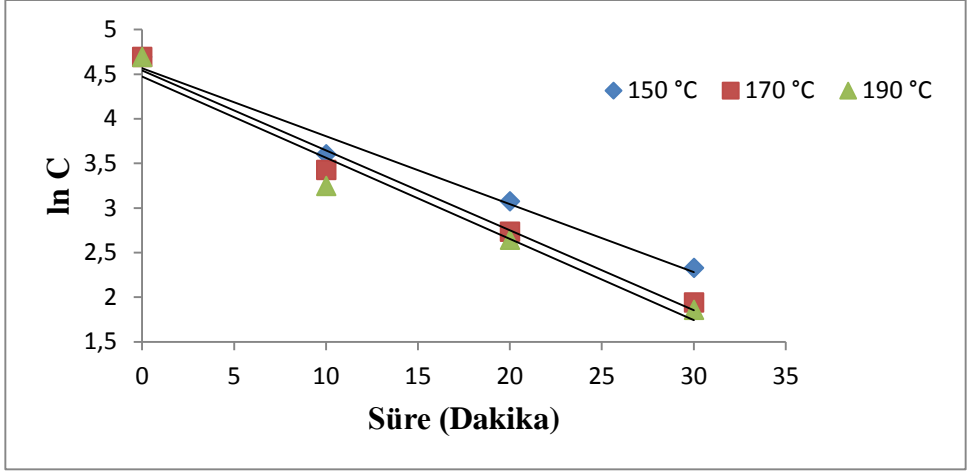
Şekil 3.13: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği



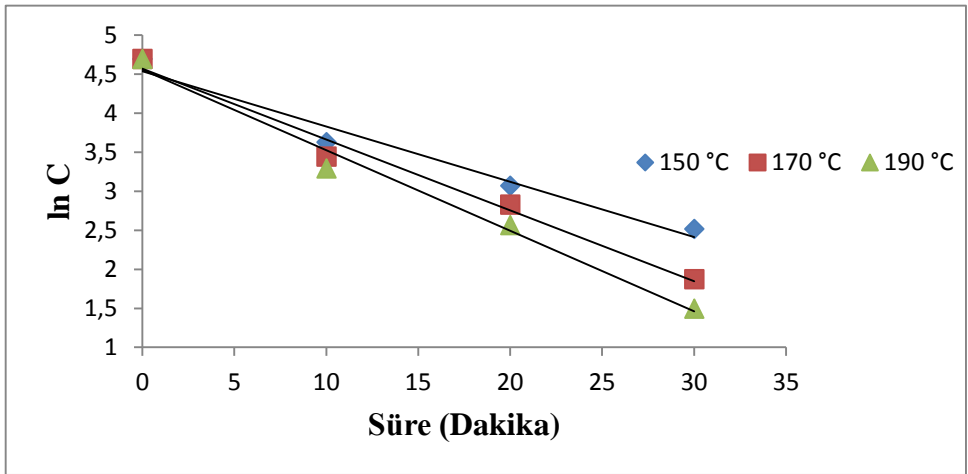
Şekil 3.14: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği



Şekil 3.15: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği



Şekil 3.16: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği



Şekil 3.17: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asitin ısı parçalanmasına ilişkin birinci dereceden grafiği

Tablo 3.8: Askorbik asitin parçalanma kinetiğine ait grafiklerin denklemleri ve determinasyon katsayıları

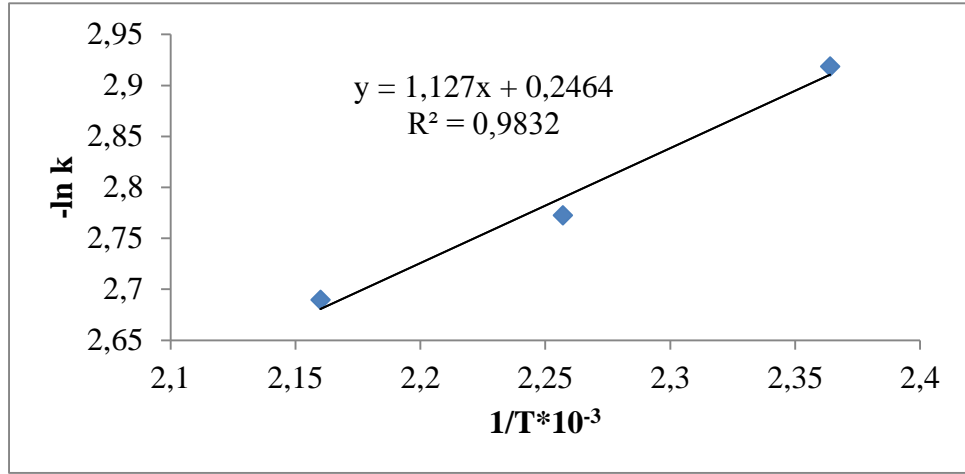
		Ranger Russet	Van Gogh
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	Denklem	Denklem
9	150	$y = -0.054x + 4.7377 R^2 = 0.9714$	$y = -0.0626x + 4.5618 R^2 = 0.9722$
	170	$y = -0.0625x + 4.7279 R^2 = 0.974$	$y = -0.0762x + 4.5645 R^2 = 0.9787$
	190	$y = -0.0679x + 4.7315 R^2 = 0.9772$	$y = -0.0875x + 4.5841 R^2 = 0.9823$
6	150	$y = -0.062x + 4.7452 R^2 = 0.9804$	$y = -0.0762x + 4.5671 R^2 = 0.9799$
	170	$y = -0.0682x + 4.7254 R^2 = 0.9778$	$y = -0.0895x + 4.5400 R^2 = 0.9809$
	190	$y = -0.0741x + 4.7061 R^2 = 0.9744$	$y = -0.0911x + 4.4748 R^2 = 0.9624$
3	150	$y = -0.0659x + 4.731 R^2 = 0.976$	$y = -0.0709x + 4.5388 R^2 = 0.9701$
	170	$y = -0.0763x + 4.7185 R^2 = 0.9785$	$y = -0.0907x + 4.5698 R^2 = 0.9836$
	190	$y = -0.0825x + 4.6817 R^2 = 0.9727$	$y = -0.1032x + 4.5587 R^2 = 0.9855$

Her iki patates çeşidinin kızartılması sonucu askorbik asitin parçalanma kinetiğine ait denklemler seçilen herhangi bir sürenin sonunda askorbik asit miktarının önceden belirlenmesini sağlamaktadır. Ancak dikkat edilmelidir ki askorbik asitin parçalanma kinetiği birinci derece reaksiyon modeline uymaktadır.

### 3.5 Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Askorbik Asit Parçalanması İçin Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi

Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemine tabi tutulmuş Ranger Russet çeşidi patateslerde askorbik asidin parçalanma kinetiğine ait aktivasyon enerjisinin belirlenmesi için  $1/T$  (K) değerlerine karşılık gelen reaksiyon hız sabitlerinin doğal logaritmaları belirlenmiş ve grafiğe aktarılmıştır. Farklı kalınlıklarda kızartma işlemine tabi tutulmuş Ranger Russet çeşidi patateslerin Arrhenius grafikleri Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de, Van Gogh çeşidi patateslerin Arrhenius grafikleri ise Şekil 3.21, Şekil 3.22 ve Şekil 3.23’de verilmiştir. Kızartma işlemine tabi tutulan

her bir kalınlıktaki patatesteki aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında çizilen grafiklerin eğimlerinden yararlanılmıştır.



Şekil 3.18: 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

Örneğin Şekil 3.18’de verilen grafiğin eğiminden yararlanılarak aşağıdaki formül kullanılmış ve 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin askorbik asit parçalanması için gerekli olan aktivasyon enerjisi belirlenmiştir.

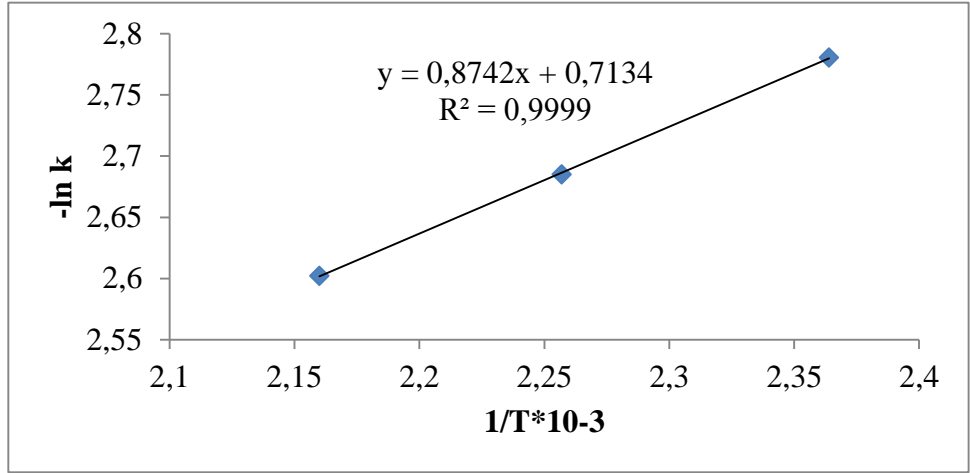
$$\ln k = (-E_a / R) * (1 / T(K)) + \ln k_0;$$

$$-\ln k = (E_a/R) * (1/T(K)) - \ln k_0;$$

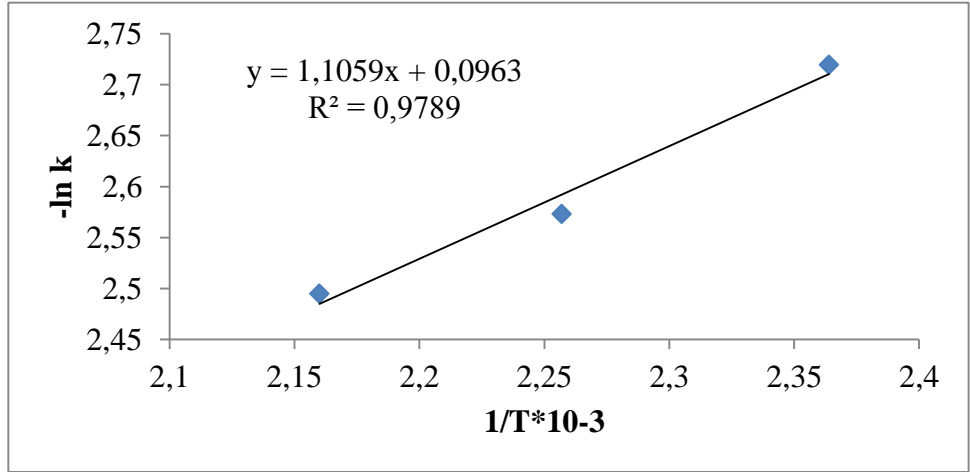
$$\text{Eğim} = (E_a/R);$$

$$1.127 * 10^3 = E_a / 1.987 \text{ cal/mol.K} = E_a / 8.314 \text{ J/mol.K}$$

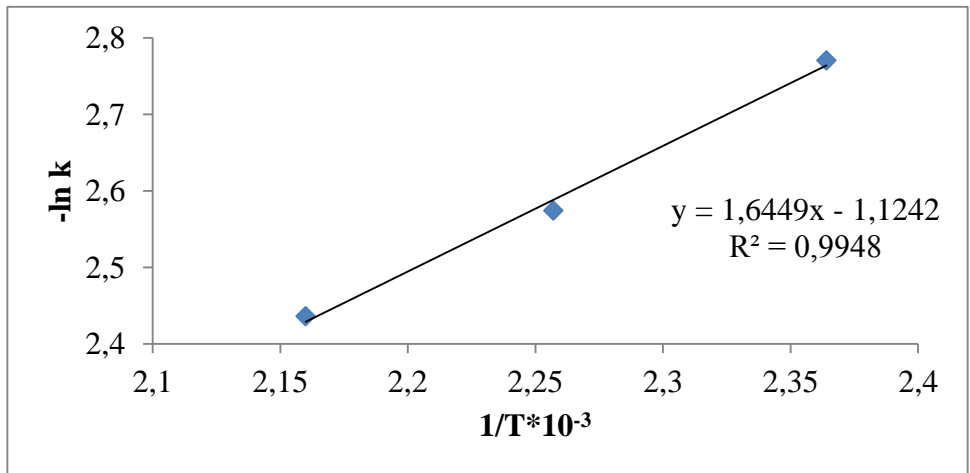
$$E_a = 2.24 \text{ kcal/mol} = 9.37 \text{ kJ/mol}$$



Şekil 3.19: 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesten askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

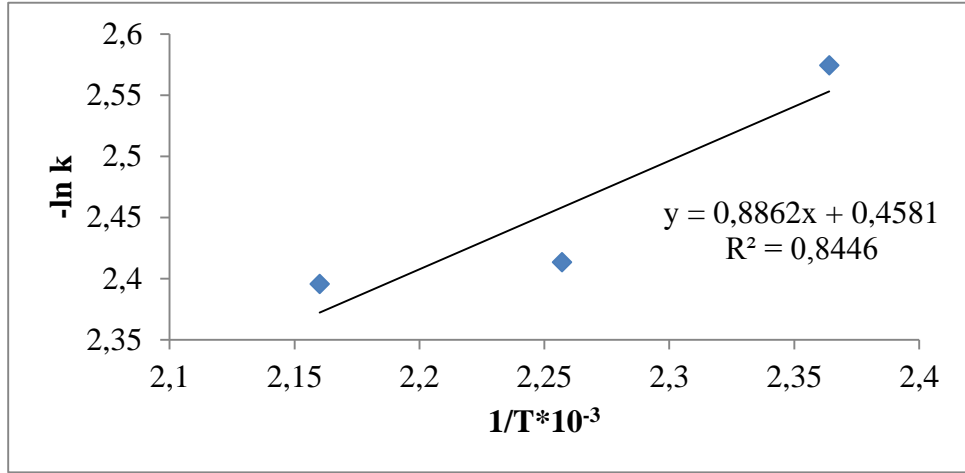


Şekil 3.20: 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesten askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

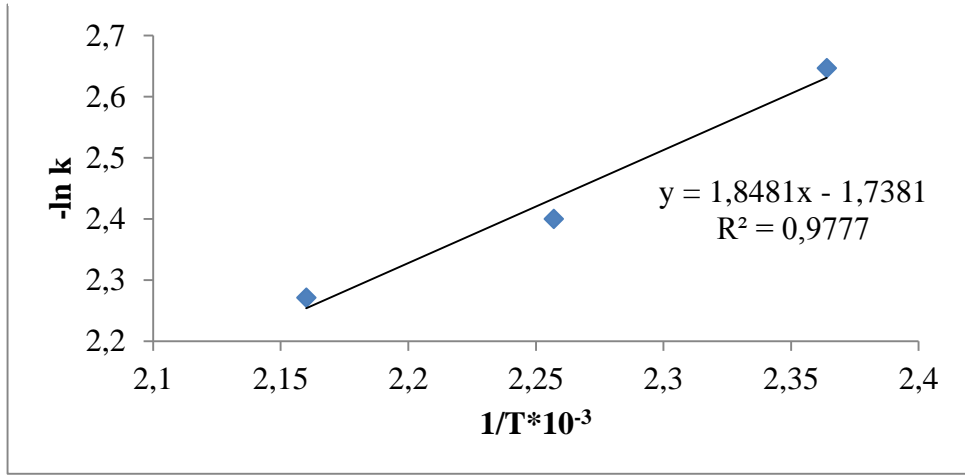


Şekil 3.21: 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği





Şekil 3.22: 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği



Şekil 3.23: 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesten askorbik asit parçalanmasına ait Arrhenius grafiği

### 3.6 Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patatesler İçin Askorbik Asidin Parçalanmasına İlişkin Kinetik Parametreler

Isıl işlem uygulanan gıdalarda ilgili bileşiğe ait reaksiyon hız sabitinin (k) artışı ile bozunma daha hızlı gerçekleşmektedir (Labuza 1984). İlgili bileşiğe ait kinetik hesaplamaların yapılabilmesi için gerekli grafikler çizilip eğim belirlendikten sonra D, Q<sub>10</sub>, E<sub>a</sub> ve t<sub>1/2</sub> değerleri hesaplanır. D değeri bileşiğin konsantrasyonunun %90'nın parçalandığı süreyi, Q<sub>10</sub> değeri 10°C'lik artışın reaksiyon hızını kaç kat artırdığını, E<sub>a</sub> reaksiyonun başlaması için gerekli olan aktivasyon enerjisini ve t<sub>1/2</sub>'de bileşiğin konsantrasyonunun yarısının bozunması için geçen süreyi ifade etmektedir.

Farklı kalınlıklarda kızartılan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi patateslerde askorbik asitin parçalanmasına ait kinetik parametreler sırasıyla Tablo 3.9 ve Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.9: 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki askorbik asit parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

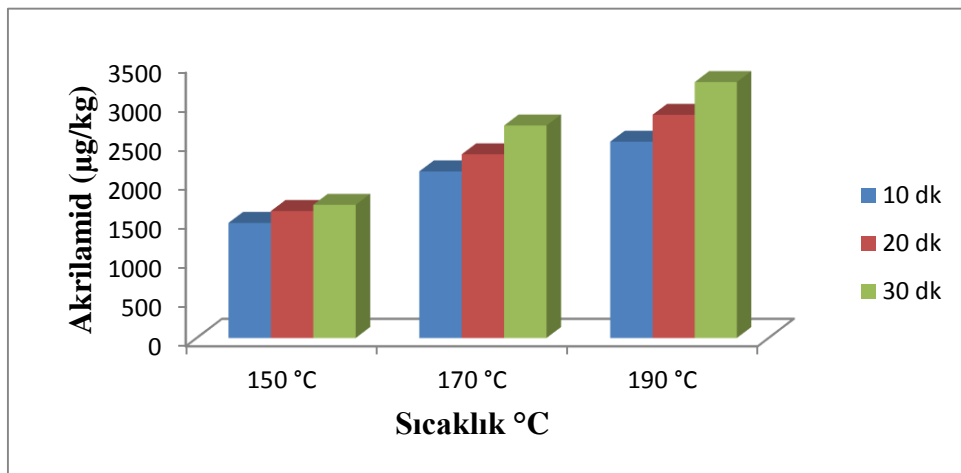
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	k 10 <sup>3</sup> (1/Dakika)	t <sub>1/2</sub> (Dakika)	D (Dakika)	Q <sub>10</sub>		E <sub>a</sub> (kcal/mol)	E <sub>a</sub> (kJ/mol)
					150-170 °C	170-190 °C		
9	150	54	12.83	42.65	1.08	1.04	2.24	9.37
	170	62.50	11.09	36.85				
	190	67.90	10.21	33.92				
6	150	62	11.18	37.15	1.05	1.04	1.74	7.27
	170	68.20	10.16	33.77				
	190	74.10	9.35	31.08				
3	150	65.90	10.56	34.95	1.08	1.04	2.20	9.19
	170	76.30	9.08	30.18				
	190	82.50	8.40	27.92				

Tablo 3.10: 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin askorbik asit parçalanmasına ilişkin kinetik parametreler

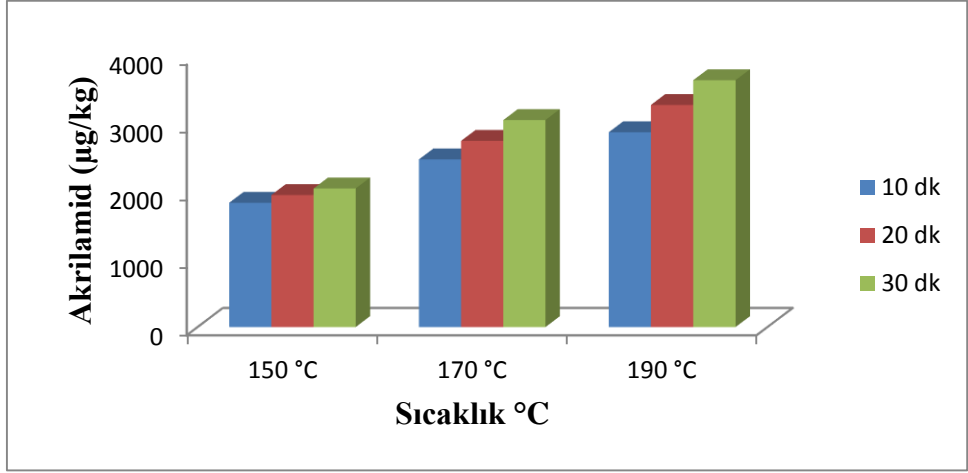
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	k 10 <sup>3</sup> (1/Dakika)	t <sub>1/2</sub> (Dakika)	D (Dakika)	Q <sub>10</sub>		E <sub>a</sub> (kcal/mol)	E <sub>a</sub> (kJ/mol)
					150-170 °C	170-190 °C		
9	150	62.60	11.07	36.79	1.10	1.07	3.27	13.68
	170	76.20	9.09	30.22				
	190	87.50	7.92	26.32				
6	150	76.20	9.09	30.22	1.08	1.01	1.76	7.38
	170	89.50	7.74	25.73				
	190	91.10	7.61	25.28				
3	150	70.90	9.77	32.48	1.13	1.07	3.67	15.37
	170	90.70	7.64	25.39				
	190	103.20	6.72	22.32				

### 3.7 Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Farklı Kızartma Sıcaklık, Süre ve Dilim Kalınlığına Bağlı Olarak Akrilamid Oluşumu

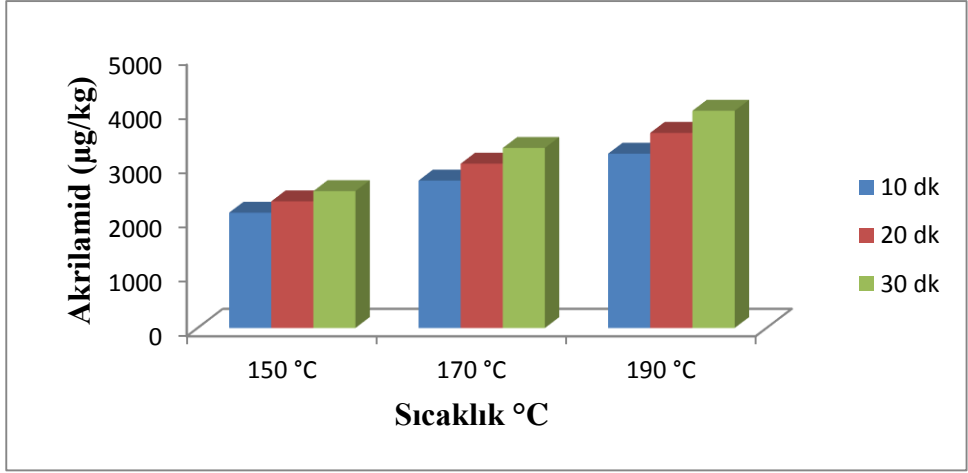
Farklı dilim kalınlıklarına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde akrilamid oluşumu 150, 170 ve 190°C’lerde incelenmiştir. Analizler sonucunda en düşük akrilamid miktarı 150°C’de 10 dakika, en yüksek akrilamid miktarı ise 190°C’de 30 dakika kızartma işlemi sonucunda saptanmıştır. 9, 6 ve 3 mm kalınlık için en düşük akrilamid miktarları sırasıyla 1471.5 µg/kg, 1834.5 µg/kg, 2121 µg/kg iken, en yüksek miktarları ise sırasıyla 3275.5 µg/kg, 3648 µg/kg ve 4000.5 µg/kg olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sıcaklık ve süre artışının akrilamid miktarını artırdığı açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca dilim kalınlığının azalması da akrilamid oluşumunu artırmıştır. Ranger Russet çeşidi patatese 9, 6 ve 3 mm kalınlıklarda kızartma işlemine bağlı olarak oluşan akrilamid miktarının değişim grafikleri Şekil 3.24, Şekil 3.25 ve Şekil 3.26’da, akrilamid miktarları ise Tablo 3.11’de verilmiştir. Şekil 3.24, Şekil 3.25 ve Şekil 3.26’da ki grafikler incelendiğinde her kalınlık ve sıcaklık için maksimum akrilamid oluşumun ilk 10 dakikalık işlem süresinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Örneğin 9 mm kalınlığa sahip örneklerde 150°C’de ilk 10 dakikada 1471.5 ± 3.5 µg/kg konsantrasyonunda akrilamid oluşurken, 10-30 dakika arasında 231.5 ± 6.34 µg/kg akrilamid oluşmaktadır. Benzer bir şekilde 3 mm kalınlık ele alındığında 190°C’de ilk 10 dakikada 3207.5 ± 2.5 µg/kg, 10-30 dakika arasında 793 ± 2.81 µg/kg akrilamid oluşmaktadır. Farklı dilim kalınlığı, sıcaklık ve sürede oluşan akrilamid içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05).



Şekil 3.24: 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu



Şekil 3.25: 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu



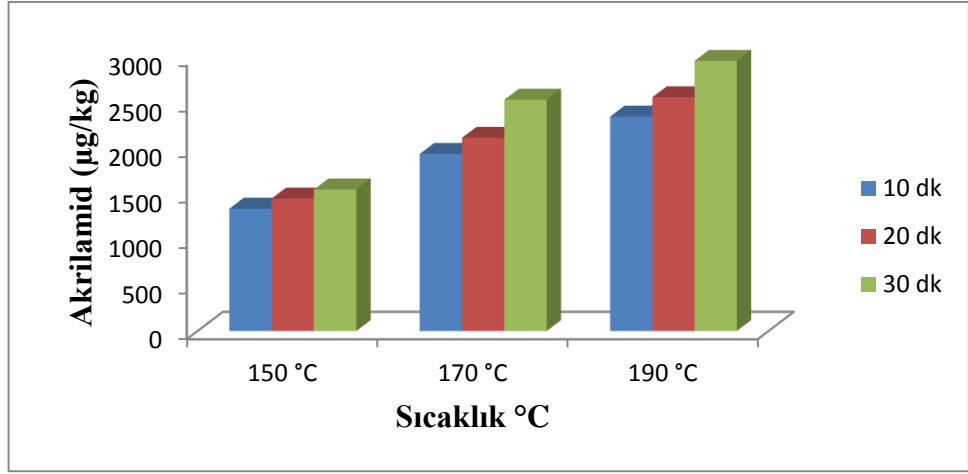
Şekil 3.26: 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu

Tablo 3.11: Farklı kalınlıklarda kızartma işlemi uygulanan Ranger Russet çeşidi patateslerde oluşan akrilamid miktarları

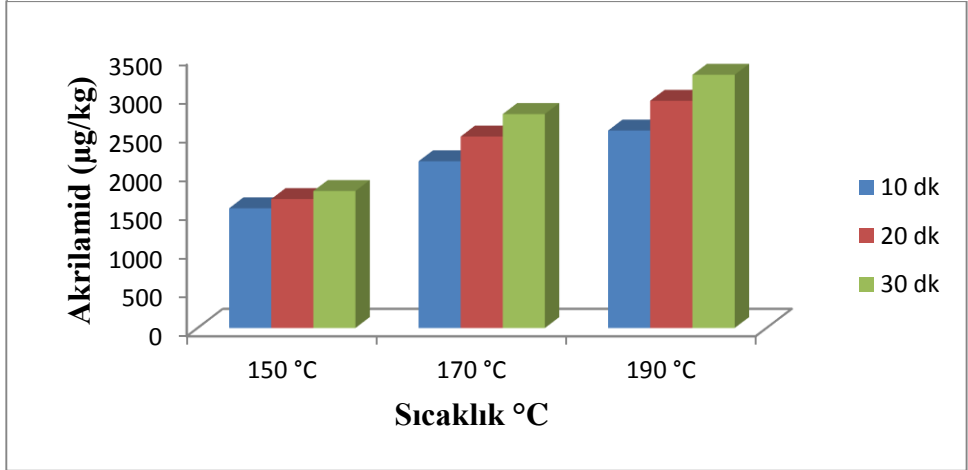
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	Süre (Dakika)	150°C	170°C	190°C
		Akrilamid (µg/kg)	Akrilamid (µg/kg)	Akrilamid (µg/kg)
9	0	0	0	0
	10	1471.5 ± 3.50	2131 ± 8	2511.5 ± 7.50
	20	1623.5 ± 11.50	2350 ± 6	2856.5 ± 10.50
	30	1703 ± 6	2719.5 ± 8.50	3275.5 ± 10.50
6	0	0	0	0
	10	1834.5 ± 10.50	2476.5±11.50	2878 ± 2
	20	1949.5 ± 10.50	2750.5±4.50	3282 ± 8
	30	2046 ± 4	3058.5±9.50	3648 ± 9
3	0	0	0	0
	10	2121 ± 4	2713 ± 3	3207.5 ± 2.50
	20	2330 ± 10	3024.5 ± 4.50	3592 ± 3
	30	2518 ± 3	3314 ± 4	4000.5 ± 4.50

Farklı dilim kalınlıklarına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde akrilamid oluşumu 150, 170 ve 190°C’de incelenmiştir. Elde edilen veriler en düşük akrilamid miktarının 150°C’de 10 dakika, en yüksek akrilamid miktarının ise 190°C’de 30 dakika kızartma işlemi sonucunda oluştuğunu göstermektedir. 9mm, 6mm ve 3mm kalınlık için en düşük akrilamid konsantrasyonları sırasıyla 1342.5 µg/kg, 1542 µg/kg, 1860.5 µg/kg, en yüksek akrilamid miktarları ise sırasıyla 2964 µg/kg, 3264.5 µg/kg, 3647µg/kg olarak belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sıcaklık ve süre artışının akrilamid oluşumunu artırdığı görülmektedir. Ayrıca dilim kalınlığının azalması da akrilamid oluşumunu artırmıştır. Van Gogh çeşidi patateste 9, 6 ve 3mm kalınlıklarda kızartma işlemine bağlı olarak oluşan akrilamid miktarının değişim grafikleri Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29’da, akrilamid miktarları ise Tablo 3.12’te verilmiştir. Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29’da ki grafikler incelendiğinde her kalınlık ve sıcaklık için maksimum akrilamid oluşumun ilk 10 dakikalık işlem süresinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Örneğin 9mm kalınlığa sahip örneklerde 190°C’de ilk 10 dakikada 2352 ± 13 µg/kg akrilamid oluşurken, 10-30 dakika arasında 612 ± 12.24 µg/kg akrilamid oluşmaktadır. Benzer bir şekilde 6mm kalınlık ele alındığında 170°C’de ilk 10 dakikada 2147.5 ± 9.5 µg/kg, 10-30 dakika arasında 610 ± 11.80 µg/kg akrilamid oluşmaktadır. Farklı dilim kalınlığı, sıcaklık ve sürede

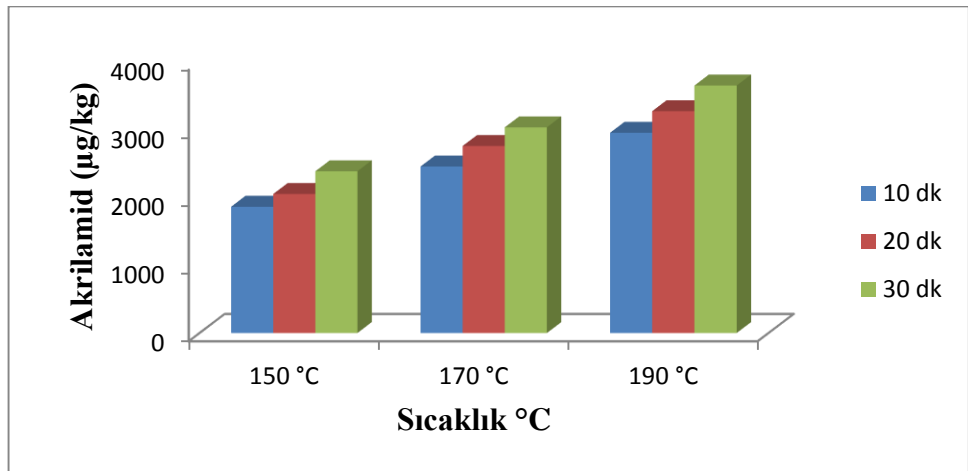
oluşan akrilamid içerikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).



Şekil 3.27: 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu



Şekil 3.28: 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu



Şekil 3.29: 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid oluşumu

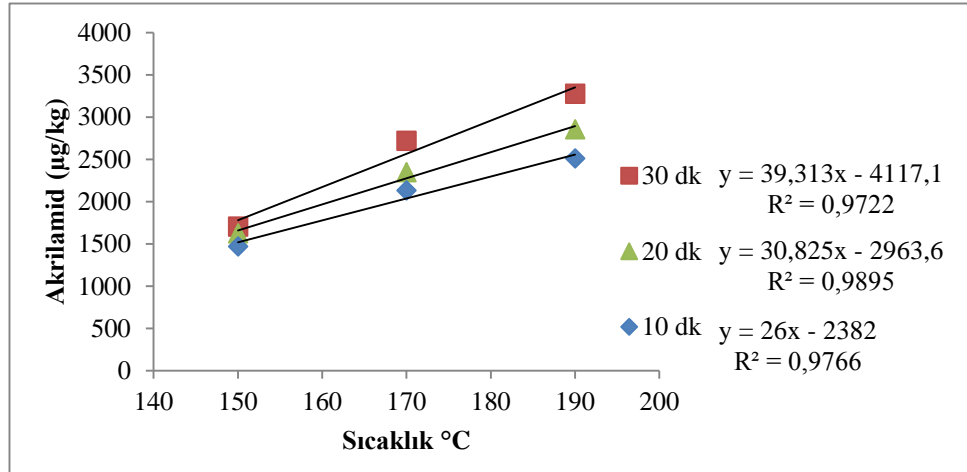
Tablo 3.12: Farklı kalınlıklarda kızartma işlemi uygulanan Van Gogh çeşidi patateslerde oluşan akrilamid miktarları

Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	Süre (Dakika)	150°C	170°C	190°C
		Akrilamid (µg/kg)	Akrilamid (µg/kg)	Akrilamid (µg/kg)
9	0	0	0	0
	10	1342.5 ± 12.50	1943 ± 5	2352 ± 13
	20	1453 ± 8	2138 ± 18	2565 ± 19
	30	1553 ± 7	2529 ± 9	2964 ± 12
6	0	0	0	0
	10	1542 ± 6	2147.5 ± 9.50	2544 ± 14
	20	1661 ± 13	2467.5 ± 12.50	2928 ± 12
	30	1764 ± 24	2757.5 ± 19.50	3264.5 ± 14.50
3	0	0	0	0
	10	1860.5 ± 15.50	2454 ± 11	2950 ± 12
	20	2048.5 ± 9.50	2756 ± 13	3268.5 ± 14.50
	30	2383 ± 7	3030.5 ± 18.50	3647 ± 18

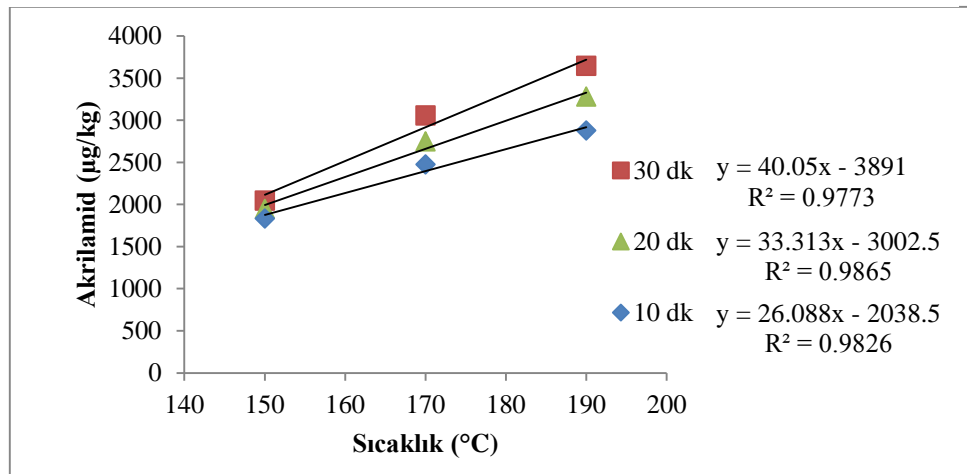
Şekil 3.24, Şekil 3.25, Şekil 3.26, Şekil 3.27, Şekil 3.28 ve Şekil 3.29’da görüldüğü gibi sıcaklık artışının akrilamid oluşumu üzerine oldukça önemli bir etkisi vardır. Nitekim her iki patates çeşidinin kızartılması sonucu oluşan akrilamid miktarı 190°C’de en yüksek düzeye ulaşmıştır ve sıcaklığın akrilamid oluşumunu doğrusal bir şekilde artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca sıcaklığın etkisi ile birlikte kızartma süresinin artışı da akrilamid miktarının artmasına neden olmaktadır. Bu artış indirgen şekerler ile asparajin aminoasidi arasında gerçekleşen maillard reaksiyonunun sıcaklık arttıkça hızlanmasından ileri gelmektedir (Mottoram ve diğ. 2002; Stadler ve diğ. 2002, Zyzak ve diğ. 2003; Gökmen ve diğ. 2005; Karagöz 2009; Paul ve diğ. 2016; Muttucumarı ve diğ. 2017). Bulduğumuz sonuçlar Pedreschi ve diğ. (2004), Matthäus ve diğ. (2004) Gökmen ve diğ. (2006), Romani ve diğ. (2009), Yang ve diğ. (2016), Lu ve diğ. (2016) ve Mariotti-Celis ve diğ. (2017) tarafından yapılan çalışmalar ile paralellik göstermektedir.

Yapılan bir araştırmada 160°C, 180°C ve 210°C’de kızartılan patateslerde akrilamid miktarının sıcaklık artışı ile önemli derecede arttığı bildirilmektedir (Lu ve diğ. 2016). Yang ve diğ. (2016) 3 farklı patates çeşidini (Kennebec, Red Pontiac ve Agria) 3 farklı (150, 170 ve 190°C) sıcaklıkta kızartmışlar, sıcaklık artışının Kennebec ve Red Pontiac çeşidinde önemli düzeyde artışa sebep olduğu ancak Agria çeşidinde bu artışın önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Aynı koşullar sağlanmasına

rağmen farklılık olmasının sebebinin öncü madde düzeyinin patates çeşidine göre farklılık göstermesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada da atmosferik basınçta (150°C, 160°C ve 170°C, 29.92 inHg) ve vakum altında (96°C, 106°C ve 116°C, 3 inHg) kızartılan patateslerde sıcaklık artışının oluşan akrilamid miktarını artırdığı ifade edilmektedir (Mariotti-Celis ve diğ. 2017). Belirtilen çalışmalara ek olarak Matthäus ve diğ. (2004) ve Gökmen ve diğ. (2006) sıcaklık artışının akrilamid oluşumunu artırdığını bildirmelerinin yanı sıra bu çalışmanın aksine artışın logaritmik olduğunu bildirmektedirler. Bu çalışmada sıcaklık ile akrilamid arasında doğrusal bir ilişki olduğunu tespit edilmiştir. Şekil 3.30, Şekil 3.31, Şekil 3.32, Şekil 3.33, Şekil 3.34 ve Şekil 3.35’de farklı kalınlığa sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamalarının akrilamid oluşumu üzerine etkisi verilmiştir.

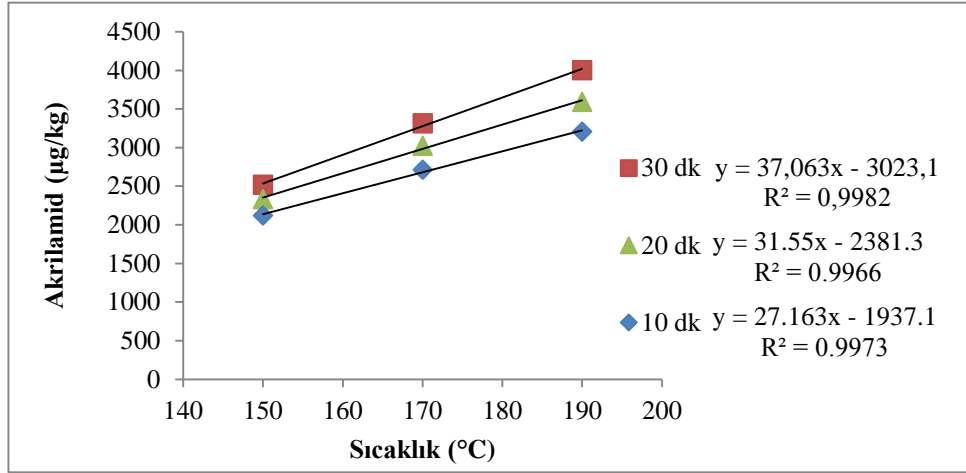


Şekil 3.30: 9 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu

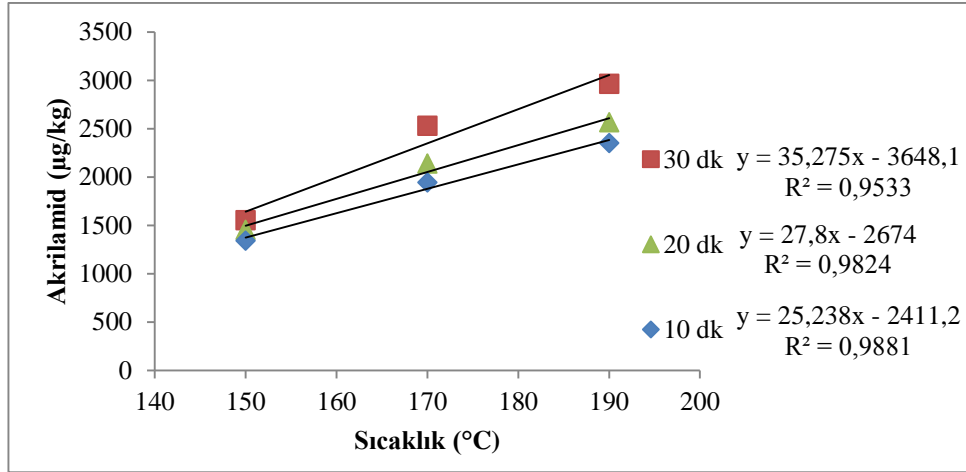


Şekil 3.31: 6 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu

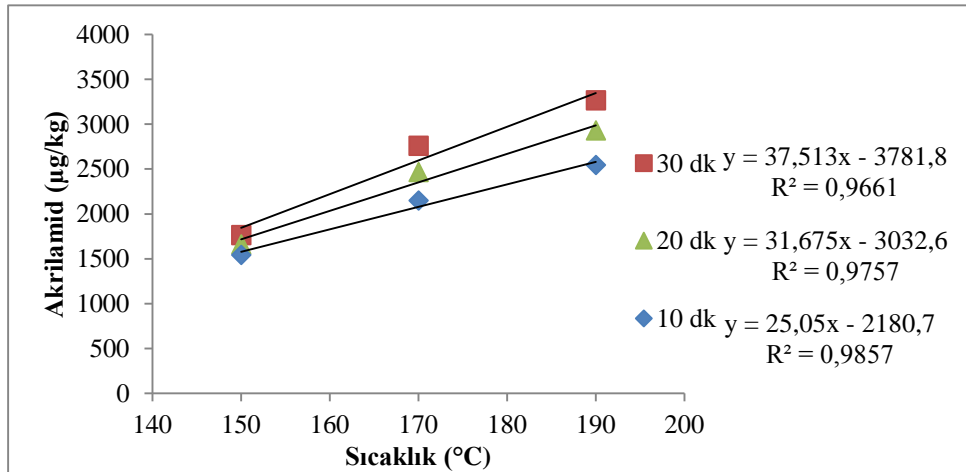




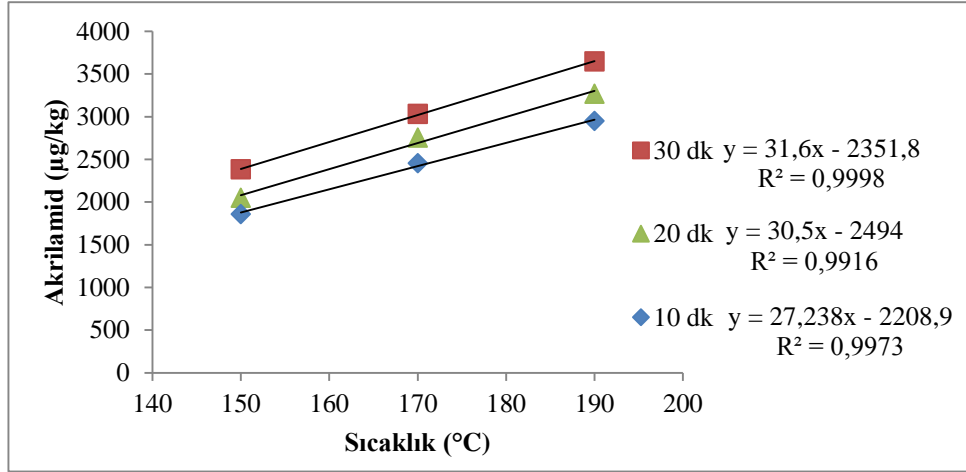
Şekil 3.32: 3 mm kızartma kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu



Şekil 3.33: 9 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu



Şekil 3.34: 6 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu

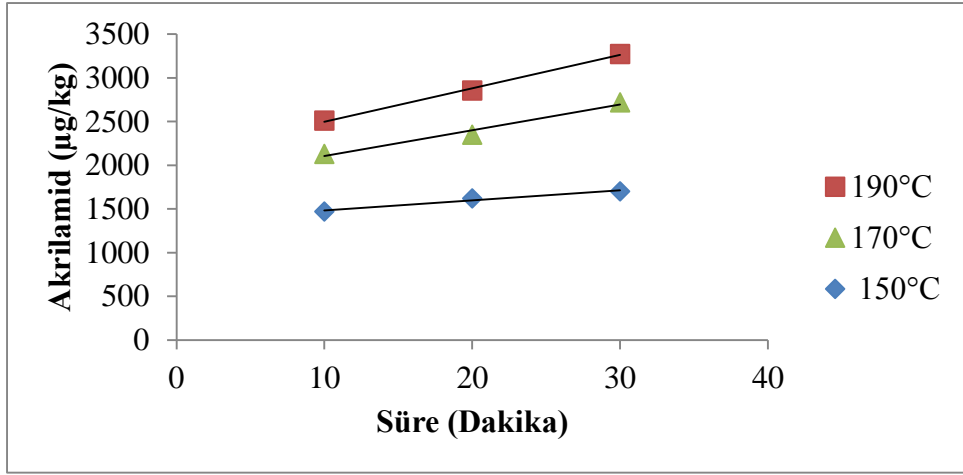


Şekil 3.35: 3 mm kızartma kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde farklı sıcaklık uygulamasına bağlı olarak akrilamid oluşumu

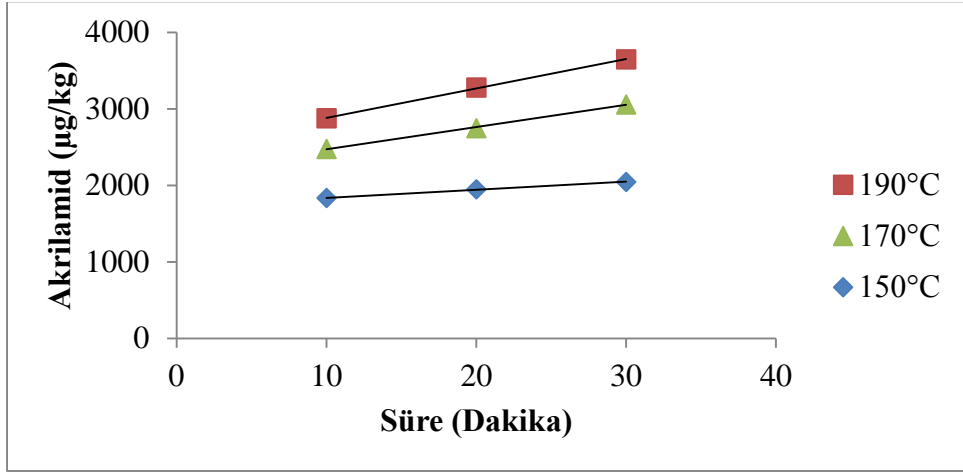
### 3.8 Kızartma Sıcaklığı, Süresi ve Dilim Kalınlığına Bağlı olarak Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşum Kinetiğine İlişkin Reaksiyon Derecesi

Gıdalarda gerçekleşen reaksiyonlar daha çok sıfıncı ve birinci dereceden reaksiyon modeline uymaktadır. Konsantrasyonların zamana karşı grafiği çizildiğinde elde edilen eğri doğrusal ise reaksiyon sıfıncı dereceden modele uymaktadır. Ancak eğri doğrusal değil ise verilerin doğal logaritması alınarak birinci dereceden reaksiyon modeline uyup uymadığı incelenir (Labuza 1984). Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde akrilamid oluşumuna ilişkin grafiklerin denklemleri Tablo 3.11’de verilmiştir.

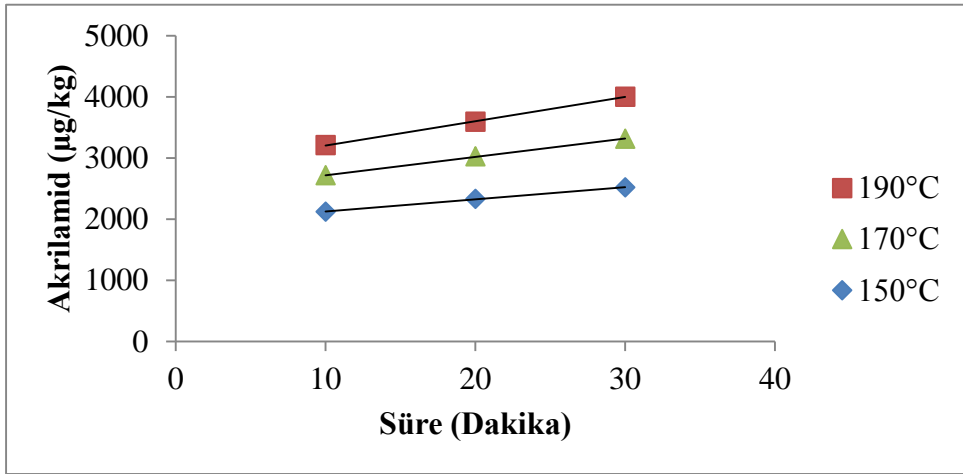
Yukarıdaki bilgilerden yola çıkarak öncelikle belirlenen akrilamid konsantrasyonlarına karşılık süre grafiği çizilmiş ve eğrinin doğrusal olduğu belirlenmiştir. Doğrusal eğri elde edildiği için reaksiyonun sıfıncı derecede reaksiyon modeline uyduğu saptanmıştır. Farklı kalınlıklara sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde akrilamidin oluşum kinetiğine ait grafikler sırasıyla Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38’de, Van Gogh çeşidi patateslerde akrilamidin oluşum kinetiğine ait grafikler ise Şekil 3.39, Şekil 3.40 ve Şekil 3.41’de verilmiştir. Elde edilen grafiklere ait denklemler Tablo 3.13’de gösterilmiştir.



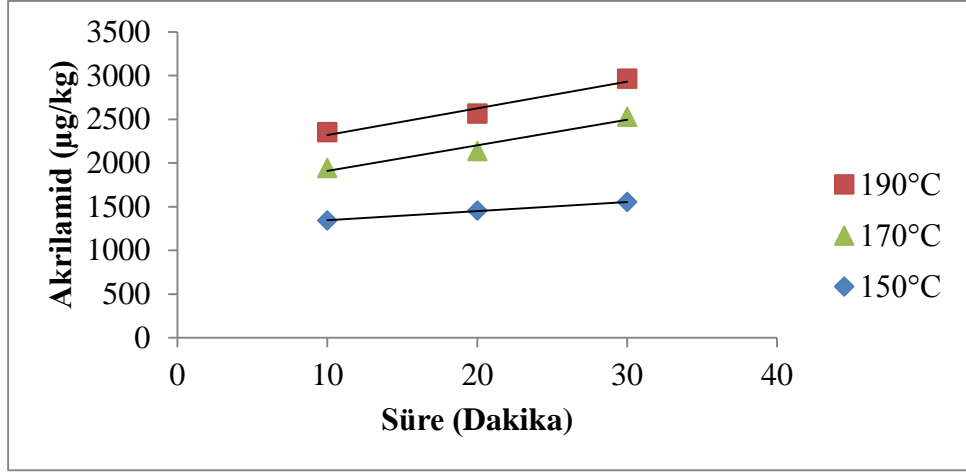
Şekil 3.36: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği



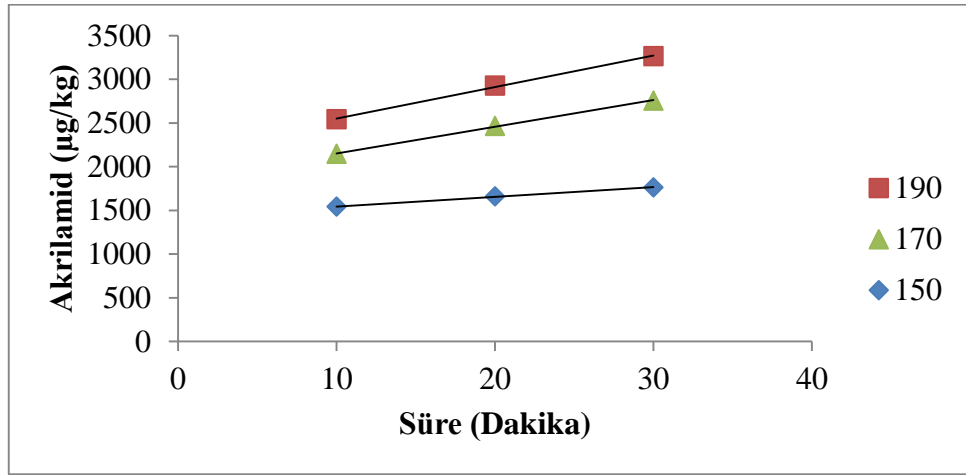
Şekil 3.37: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği



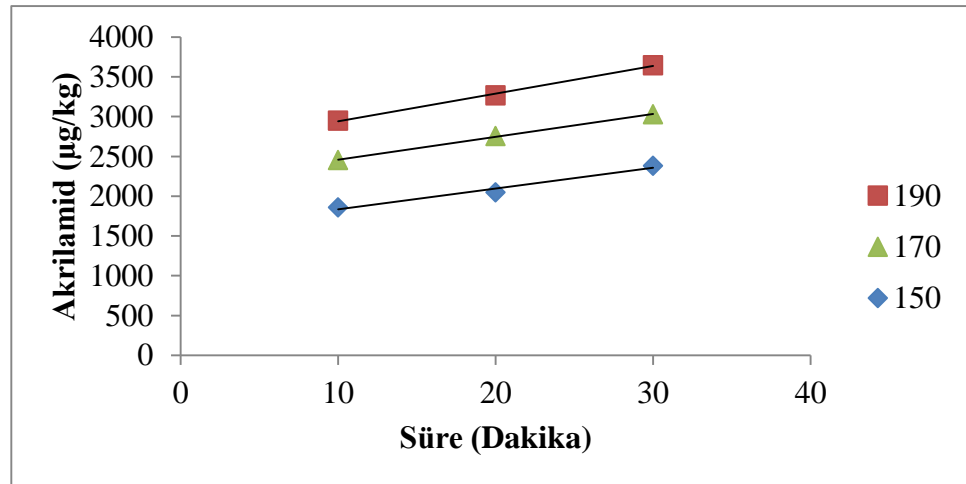
Şekil 3.38: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırıncı dereceden grafiği



Şekil 3.39: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırinci dereceden grafiği



Şekil 3.40: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırinci dereceden grafiği



Şekil 3.41: Farklı sıcaklık ve sürelerde kızartma işlemi uygulanan 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesteki akrilamidin oluşum kinetiğinin sıfırinci dereceden grafiği

Tablo 3.13: Akrilamidin oluşum kinetiğine ait grafiklerin denklemleri ve determinasyon katsayıları

		Ranger Russet	Van Gogh
Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	Sıcaklık (°C)	Denklem	Denklem
9	150	$y = 11.575x + 1367.8$ $R^2 = 0.9683$	$y = 10.525x + 1239$ $R^2 = 0.9992$
	170	$y = 29.425x + 1811.7$ $R^2 = 0.9787$	$y = 29.3x + 1617.3$ $R^2 = 0.9641$
	190	$y = 38.2x + 2117.2$ $R^2 = 0.9969$	$y = 30.6x + 2015$ $R^2 = 0.9701$
6	150	$y = 10.575x + 1731.8$ $R^2 = 0.9975$	$y = 11.1x + 1433.7$ $R^2 = 0.9983$
	170	$y = 29.1x + 2179.8$ $R^2 = 0.9989$	$y = 30.5x + 1847.5$ $R^2 = 0.9992$
	190	$y = 38.5x + 2499.3$ $R^2 = 0.9992$	$y = 36.025x + 2191.7$ $R^2 = 0.9986$
3	150	$y = 19.85x + 1926$ $R^2 = 0.9991$	$y = 26.125x + 1574.8$ $R^2 = 0.9745$
	170	$y = 30.05x + 2416.2$ $R^2 = 0.9996$	$y = 28.825x + 2170.3$ $R^2 = 0.9992$
	190	$y = 39.65x + 2807$ $R^2 = 0.9997$	$y = 34.85x + 2591.5$ $R^2 = 0.9975$

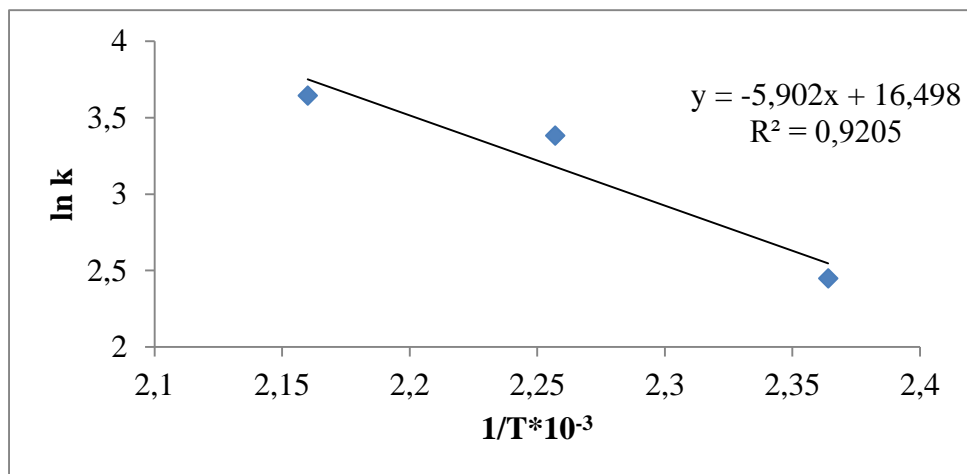
Akrilamid oluşum kinetiğine ait elde edilen denklemler seçilen sıcaklık ve süre sonunda oluşabilecek akrilamid miktarının önceden belirlenmesini sağlamaktadır. Örneğin 6mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesten 170°C’de 22 dakika sonra oluşabilecek akrilamid miktarını önceden tespit edebilmek için  $y = 29.1x + 2179.8$  denkleminde x (süre) yerine 22 dakikanın yazılması ve denklemin çözümlenmesi yeterli olacaktır.

Matthäus ve diğ. (2004), Elmore ve diğ. (2005), Williams (2005) , Gökmen ve diğ. (2006) Zang ve diğ. (2007) süre ile akrilamid arasında yüksek bir ilişki olduğunu, ısı işlem süresinin artışı ile oluşan akrilamidin arttığını bildirmektedirler. Buğday kepeği, çavdar kepeği ve patates flek’i kullanarak 180°C’de pişirilen keklerin akrilamid içeriklerinin 10-20 dakika arasında hızla artış gösterdiği, 20-35 dakika arasında maksimuma ulaştığı, 35. dakikadan sonra hızlı bir azalışa geçtiği bildirilmektedir (Elmore ve diğ. 2005). Lu ve diğ. (2016) 160, 180 ve 210°C’de kızarttıkları patateslerde kızartma süresi arttıkça oluşan akrilamid miktarının arttığını bildirmekte ve en yüksek düzeye 210°C’de 12 dakika sonra ulaşıldığını ifade etmektedirler. Başka bir çalışmada 5, 10 ve 20 dakika süre ile kızartılan sigara

böreklerinde süre artışı ile oluşan akrilamidin doğrusal bir şekilde arttığı bildirilmiştir (Özkaynak 2006). Ancak Romani ve diğ. (2008) kızartma süresi ile oluşan akrilamid arasındaki ilişkinin logaritmik olduğunu ifade etmişlerdir. Matthäus ve diğ. (2004), Gökmen ve diğ. (2006) ve Özkaynak (2006) bu durumun tam aksine süre ile akrilamid arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu vurgulamaktadır. Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38, Şekil 3.39, Şekil 3.40, Şekil 3.41’te de gösterildiği gibi süre artışı akrilamid doğrusal bir şekilde artırmaktadır. Bu sonuç Matthäus ve diğ. (2004), Gökmen ve diğ. (2006) ve Özkaynak (2006) ile paralellik göstermekle beraber Romani ve diğ. (2008) ile uyuşmamaktadır.

### 3.9 Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşumu İçin Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi

Kızartma işlemi uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde akrilamid oluşumuna ait aktivasyon enerjisinin belirlenmesi için  $1/T$  (K) değerlerine karşılık gelen reaksiyon hız sabitlerinin doğal logaritmaları belirlenmiş ve grafiğe aktarılmıştır. Farklı kalınlıklarda kızartma işlemine tabi tutulmuş Ranger Russet çeşidi patateslerin Arrhenius grafikleri Şekil 3.42, Şekil 3.43 ve Şekil 3.44’de, Van Gogh çeşidi patateslerin Arrhenius grafikleri Şekil 3.45, Şekil 3.46 ve Şekil 3.47’de verilmiştir. Kızartma işlemine tabi tutulan her bir kalınlıktaki patatesteki aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında çizilen grafiklerin eğimlerinden yararlanılmıştır.



Şekil 3.42: 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği

Şekil 3.42’de verilen grafiğin eğiminden yararlanılarak aşağıdaki formül kullanılmış ve 9 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatete akrilamid oluşması için gerekli olan aktivasyon enerjisi belirlenmiştir.

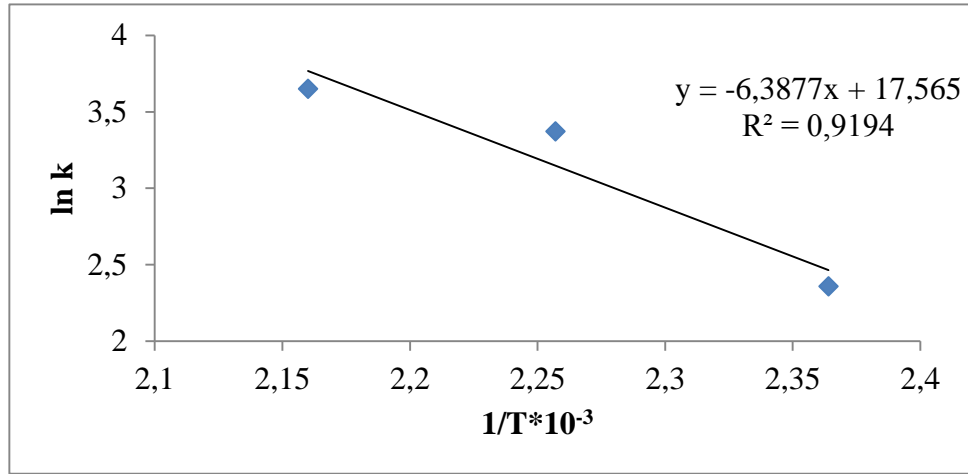
$$\ln k = (-E_a / R) * (1 / T(K)) + \ln k_0;$$

$$-\ln k = (E_a/R)*(1/T(K)) - \ln k_0;$$

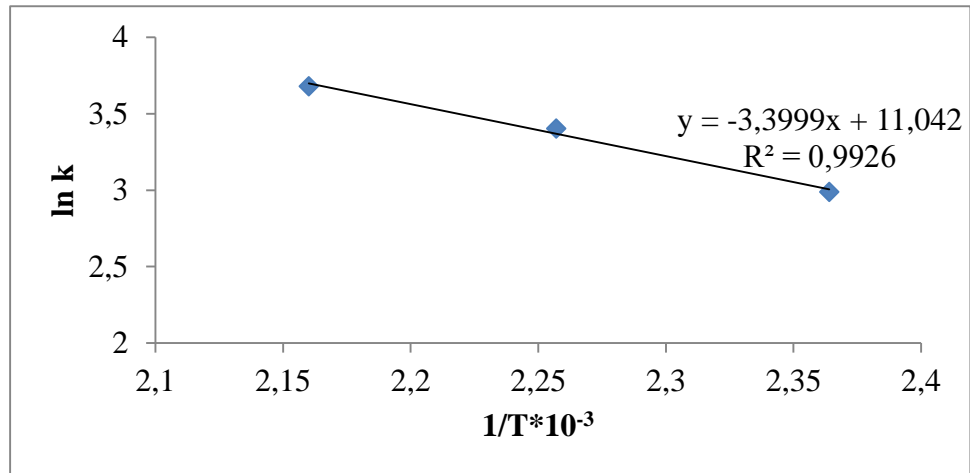
$$\text{Eğim} = (E_a/R);$$

$$-5.902 * 10^3 = E_a / 1.987 \text{ cal/mol.K} = E_a / 8.314 \text{ J/mol.K}$$

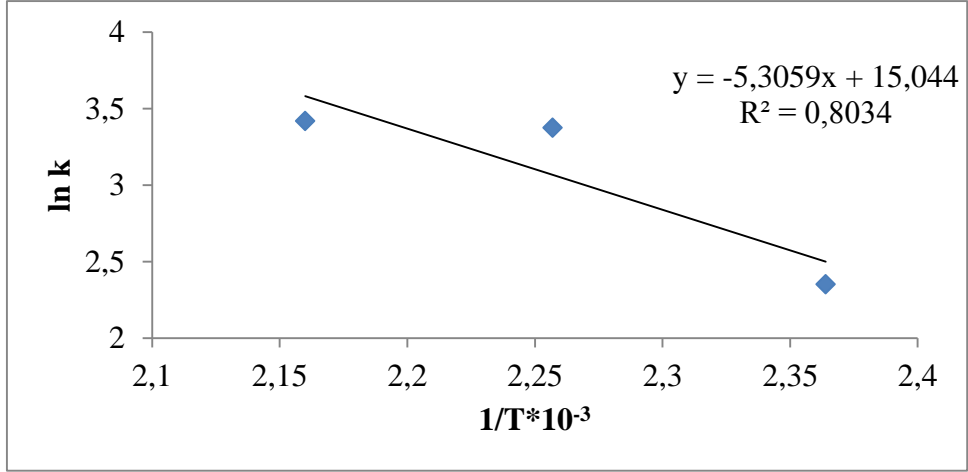
$$E_a = 11.73 \text{ kcal/mol} = 49.07 \text{ kJ/mol}$$



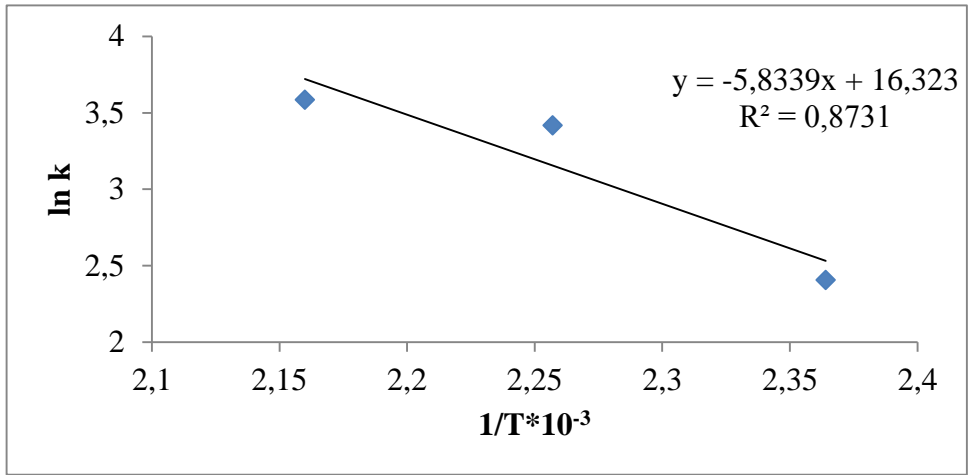
Şekil 3.43: 6 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği



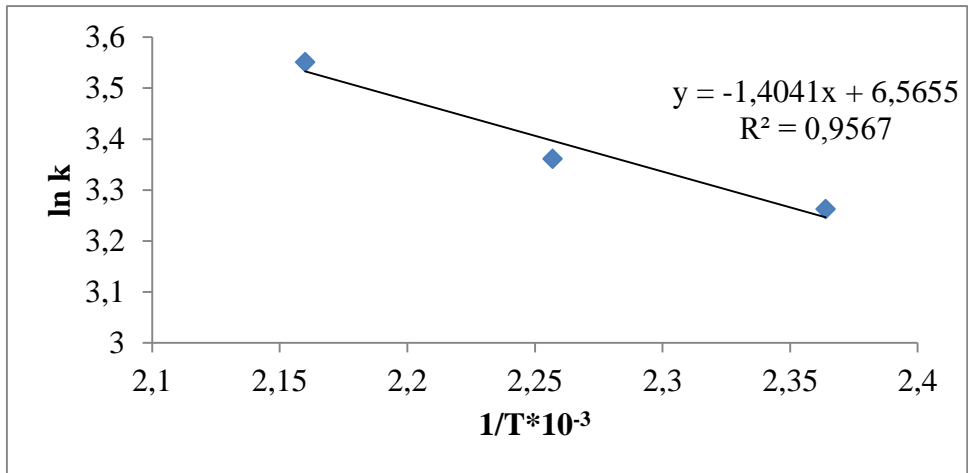
Şekil 3.44: 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği



Şekil 3.45: 9 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği



Şekil 3.46: 6 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği



Şekil 3.47: 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh çeşidi patatesin akrilamid oluşumuna ait Arrhenius grafiği



### 3.10 Kızartma İşlemi Uygulanan Ranger Russet ve Van Gogh Çeşidi Patateslerde Akrilamid Oluşumuna İlişkin Kinetik Parametreler

Isıl işlem uygulanan gıdalarda vitaminler, enzimler gibi moleküller parçalanırken aynı zamanda çeşitli istenmeyen bileşikler oluşabilmektedir. Bu oluşum genel olarak reaksiyon hız sabitinin artması ile artmakta ve hızlanmaktadır (Labuza 1984). İstenmeyen bileşiklerin oluşumu için reaksiyon hız sabitinin (k), aktivasyon enerjisinin ( $E_a$ ) ve  $Q_{10}$  değerinin hesaplanması işlem sonunda gıda kalitesinin veya raf ömrünün belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Ancak oluşum kinetiğine ait parametrelerinde belirlenmesinde yarı ömür  $t_{1/2}$  ve D değeri hesaplanamamaktadır. Farklı kalınlıklara sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde akrilamid oluşumuna ilişkin kinetik parametreler Tablo 3.14 ve Tablo 3.15’de verilmiştir.

Tablo 3.14: 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde akrilamid oluşumuna ilişkin kinetik parametreler

Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	k (1/Dakika)	$Q_{10}$		$E_a$ (kcal/mol)	$E_a$ (kJ/mol)
			150-170 °C	170-190 °C		
9	150	11.56	1.59	1.14	11.73	49.07
	170	29.43				
	190	38.20				
6	150	10.56	1.66	1.15	12.69	53.11
	170	29.10				
	190	38.50				
3	150	19.85	1.23	1.15	6.76	28.27
	170	30.05				
	190	39.65				

Tablo 3.15: 9, 6 ve 3 mm kalınlığa sahip Van Gogh eşidi patatestede akrilamid oluşumuna ilişkin kinetik parametreler

Patates Kızartma Kalınlığı (mm)	T (°C)	k (1/Dakika)	Q <sub>10</sub>		E <sub>a</sub> (kcal/mol)	E <sub>a</sub> (kJ/mol)
			150-170 °C	170-190 °C		
9	150	10.53	1.67	1.02	10.54	44.11
	170	29.30				
	190	30.60				
6	150	11.10	1.66	1.07	11.59	48.5
	170	30.50				
	190	36.02				
3	150	26.13	1.05	1.1	2.79	11.67
	170	28.83				
	190	34.85				

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Patates dünyada ve ülkemizde en çok yetiştiriciliği yapılan gıdalardan bir tanesidir. Gerek karbonhidrat gerek protein gerekse vitamin veya mineral bakımından değerli bir tarım ürünü olan patatesten çeşitli ürünler üretilmektedir. Bu ürünler arasında en çok tüketilenlerden birisi dünyada ve ülkemizde özellikle fast food kültüründe vazgeçilmez bir yeri olan parmak patates kızartması, diğer bir adıyla french fries'dır. Ancak üretim aşamalarında kızartma işlemi sebebiyle üründe birçok değişiklik gerçekleşebilmektedir. Bu değişiklikler arasında indirgen şekerler ile asparajin aminoasidi arasında gerçekleşen bir seri reaksiyon sonucu oluşan ve kanserojen, nörotoksik, mutajen, teratojen etkileri olduğu düşünülen akrilamid ön plana çıkmaktadır. Bunun sebebi patatesin yüksek oranda indirgen şeker ve asparajin aminoasidi içermesinden ileri gelmektedir. Ek olarak ısı işleme bağlı önemli düzeyde askorbik asit (C vitamini) kaybı gerçekleşmektedir. Bu çalışmada farklı dilim kalınlığına sahip (9, 6 ve 3 mm) Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerin farklı sıcaklık ve sürede kızartılması sonucu oluşan akrilamid miktarları ve askorbik asit kayıpları incelenmiştir. Elde edilen veriler literatür ile karşılaştırılmış, literatür ile tutarlı veya tutarsız olan yönleri araştırma bulguları ve tartışma kısmında ele alınmıştır. Ayrıca dikkat çekici veriler aşağıda özetlenmiştir.

Farklı dilim kalınlığında kızartılan Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerin renk değişimleri incelenmiş, kızartma sıcaklığı ve süresinin artışı ile koyuluk değerinin azaldığı, kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise arttığı gözlemlenmiştir. Bu değerler arasında koyuluk (L) değerinin azalması koyuluğun arttığını, a ve b değerlerinin artış göstermesi kırmızılık ve sarılığın arttığını göstermektedir. Her iki patates çeşidi için renk açısından 3 mm kalınlığında kızartılan dilimler 6 ve 9 mm kalınlara göre daha çok değişim göstermiştir. 190°C'de 30 dakika süre ile kızartılan 3 mm dilim kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerde L, a ve b değerleri sırasıyla 53.31, 15.1 ve 28.5 olarak belirlenirken, aynı şartlarda Van Gogh çeşidi patatesler için bu değerler sırasıyla 49.24, 14.6 ve 29.28 olarak saptanmıştır. Ayrıca belirtilen şartlarda Eİ, kroma ve  $\Delta E$  değerleri Ranger Russet çeşidi için sırasıyla 94.6, 32.2 ve 33.88 iken, Van Gogh çeşidi için sırasıyla 107.7, 32.7 ve 34.8 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre aynı koşullarda

kızartılan Van Gogh çeşidinin koyulaşma değeri daha az, kırmızılık ve sarılık gibi renk değerleri ile bunlara bağlı Eİ, kroma ve  $\Delta E$  değerleri Ranger Russet çeşidine göre daha yüksektir.

Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerin başlangıç askorbik asit içerikleri sırasıyla 127.85 mg/kg ve 109 mg/kg olarak belirlenmiştir. Kızartma işlemi uygulanan farklı dilim kalınlığına sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerin her kızartma sıcaklığı ve süresinde askorbik asit içeriği incelenmiş, sıcaklık ve süre artışının askorbik asit kaybını artırdığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra dilim kalınlığının azalması da askorbik asit kaybının artışına sebep olmaktadır. Örneğin 170°C'de 20 dakika süre ile kızartılan Ranger Russet çeşidi patateslerin dilim kalınlıkları karşılaştırıldığında 9, 6 ve 3 mm kalınlık için askorbik asit kayıpları sırasıyla %74.85, %78.57 ve %80.64 olarak belirlenmiştir. Ayrıca her iki patates çeşidinde de en yüksek askorbik asit kayıpları 190°C'de 30 dakika süre ile kızartılan 3 mm dilim kalınlığına sahip örneklerde gerçekleşirken, en düşük kayıplar ise 150°C'de 10 dakikalık kızartma işlemi uygulanan 9 mm dilim kalınlığına sahip örneklerde gerçekleşmiştir. En yüksek kayıplar Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi için sırasıyla %92.1 ve %95.92 olarak belirlenirken, en düşük kayıplar %55.03 ve %60.73 olarak tespit edilmiştir. Ek olarak Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerin en düşük askorbik asit içerikleri sırasıyla 10.1 mg/kg ve 4.45 mg/kg olarak belirlenmiştir. İlave olarak her iki patates çeşidinde de askorbik asitin parçalanma reaksiyonunun birinci derece reaksiyon modeline uyduğu belirlenmiştir. Yapılan kinetik hesaplamalar sonucunda her iki patates çeşidinde de sıcaklık arttıkça reaksiyon hız sabitinin arttığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak her dilim kalınlığı, sıcaklık ve sürede D ve  $t_{1/2}$  değerlerinde azalma söz konusudur.

Kızartma işlemi uygulanan farklı dilim kalınlığına sahip Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi patateslerde sıcaklık ve süreye bağlı olarak akrilamid miktarında artış belirlenmiştir. Ek olarak dilim kalınlığının azalması da akrilamid miktarının artış göstermesine sebep olmaktadır. Nitekim 190°C'de 10 dakika kızartma işlemi uygulanan 9, 6 ve 3 mm dilim kalınlığına sahip Ranger Russet çeşidi patateslerin akrilamid içerikleri sırasıyla  $2511.5 \pm 7.5$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $2878 \pm 2$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  ve  $3207.5 \pm 2.5$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde aynı şartlarda 9, 6 ve 3 mm dilim kalınlığına sahip Van Gogh çeşidi patateslerde  $2352 \pm 13$   $\mu\text{g}/\text{kg}$ ,  $2544 \pm 14$   $\mu\text{g}/\text{kg}$  ve

2950 ± 12 µg/kg olarak saptanmıştır. Her iki patates çeşidinde de en yüksek akrilamid miktarları 190°C’de 30 dakika süre ile kızartılan 3 mm dilim kalınlığına sahip örneklerde saptanırken, en düşük akrilamid miktarları 150°C’de 10 dakika süre ile kızartılan 9 mm dilim kalınlığına sahip örneklerde tespit edilmiştir. En yüksek akrilamid miktarları Ranger Russet ve Van Gogh çeşidi için sırasıyla 4000.5 ± 4.50 µg/kg ve 3647 ± 18 µg/kg olarak belirlenirken, en düşük akrilamid miktarları sırasıyla 1471.5 ± 3.50 µg/kg ve 1342.5 ± 12.50 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan istatistiksel analiz sonucunda aynı koşullarda kızartılan patateslerde patates çeşitleri arasında oluşan akrilamid miktarları farkının anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Bununla beraber Van Gogh çeşidi patateslerin Ranger Russet çeşidine kıyasla nem içeriği daha düşük, pH değeri ve indirgen şeker içeriği daha yüksek olmasına rağmen kızartma işlemi sonucunda oluşan akrilamid miktarı daha düşük tespit edilmiştir. Bu durum Ranger Russet çeşidi patateslerin asparajın içeriğinin Van Gogh çeşidine göre daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Ek olarak her patates çeşidinin kendi aralarında kıyaslanması sonucunda da her dilim kalınlığı, sıcaklık ve sürede oluşan akrilamid farkının anlamlı olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Bunların yanı sıra her iki patates çeşidinde de akrilamid oluşum reaksiyonu sıfıncı derece reaksiyon modeli uymakta, yani akrilamid ile süre arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak her iki patates çeşidinde de sıcaklık, süre arttıkça ve dilim kalınlığı azaldıkça askorbik asit miktarında kayıp, akrilamid miktarında ise artış görülmektedir. Gerek askorbik asit miktarındaki kaybın azaltılması, gerekse akrilamid miktarındaki artışının sınırlandırılması için en etkili yöntemlerden birtanesinin kızartma işleminde patates dilimlerinin mümkün olduğu kadar kalın seçilmesidir. Bunun yanında kızartma işleminde sıcaklığın ve sürenin düşük tutulması da hem askorbik asit kaybını azaltacak hem de akrilamid oluşumunu sınırlandıracaktır.

## 5. KAYNAKLAR

AACC, "Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists", (11th ed.), The Association: St Paul, MN, (2000).

Adler, I. D., Schmid, T. E., Baumgartner, A., "Induction of aneuploidy in male mouse germ cells detected by the sperm-FISH assay: a review of the present data base", *Mutat. Res. Fundam. Mol. Mech. Mutagen.*, 504 (1), 173-182, (2002).

Akyıldız, A. R., *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu (İlave İkinci Baskı)*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 895, Uygulama Kılavuzu: 213, Ankara, 227 s, (1984).

Amrein, T. M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M. F., Biedermann-Brem, S., Amadó, R., "Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems", *J. Agric. Food. Chem.*, 51 (18), 5556-5560, (2003).

Anonim., "Health Implications of Acrylamide in Food. Food Safety Consultations", Report of a Joint FAO/WHO Consultation WHO Headquarter, Geneva, Switzerland, (2002).

Anonim., <http://www.who.int/food.safety/chem/chemicals/acrylamide/en>, (2005).

Anonim., [http://www.who.int/ipcs/food/jecta/summaries/summary\\_report\\_64.final.pdf](http://www.who.int/ipcs/food/jecta/summaries/summary_report_64.final.pdf), (2011).

Anonim., <http://www.agrotimeyayincilik.com.tr/2017/04/11/dunyada-ve-turkiyede-patates/>, (2017).

Arusoğlu, G., "Akrilamid Oluşumu ve İnsan Sağlığına Etkileri", *Akademik Gıda*, 13, 61-71, (2015).

Arvanitoyannis, I. S. and Dionisopoulou, N., "Acrylamide: formation, occurrence in food products, detection methods, and legislation", *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.*, 54 (6), 708-733, (2014).

Bakhtiary, D., Asadollahi, S., Ardakani, S. A. Y., "The effect of blanching process on acrylamide formation in potato crisps", *Intl. J. Farm Alli. Sci.*, 3 (12), 1220-1224, (2014).

Bartkiene, E., Jakobsone, I., Pugajeva, I., Bartkevics, V., Zadeike, D., Juodeikiene, G., “Reducing of acrylamide formation in wheat biscuits supplemented with flaxseed and lupine”, *LWT-Food. Sci. Technol.*, 65, 275-282, (2016).

Başkan Kahraman, S., “Akrilamid Ve Biyogenik Aminler İçin Gıda Örneklerine Yönelik Kapiler Elektroforetik Analiz Yöntemlerinin Geliştirilmesi.”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kimya Ana Bilim Dalı, İstanbul, (2013).

Becalski, A., Lau, B. P. Y., Lewis, D., Seaman, S. W. “Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modelling”, *J. Agric. Food Chem.*, 51, 802-808, (2003).

Becalski, A., Lau, B. P. Y., Lewis, D., Seaman, S. W., Hayward, S., Salagian, M., Ramesh, M., Leeler, Y., “Acrylamide in french fries: influence of free amino acids and sugars”, *J. Agric. Food. Chem.*, 52, 3801-3806, (2004).

Brunton, N. P., Gormley, R., Butler, F., Cummins, E., Danaher, M., Minihan, M., O’Keeffe, M., “A survey of acrylamide precursors in Irish ware potatoes and acrylamide levels in French fries”, *LWT-Food. Sci. Technol.*, 40 (9), 1601-1609, (2007).

Can, N.Ö., “Akrilamidin Gıda Maddelerinde Oluşumuna Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi ve Miktarlarının Tayini”, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, *Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Ana Bilim Dalı*, Eskişehir, (2007).

Capuano, E. and Fogliano, V., “Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies”, *Food. Sci. Technol.*, 44 (4) , 793-810, (2011).

Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Serpen, A., Açar, Ö. Ç., Gökmen, V., Fogliano, V., “Effect of flour type on Maillard reaction and acrylamide formation during toasting of bread crisp model systems and mitigation strategies”, *Food. Res. Int.*, 42(9), 1295-1302, (2009).

Cemeroğlu, B., *Gıda analizleri*, Ankara: Bizim Grup Basımevi 3. baskı, 70s, (2013).

Cemeroğlu, B., *Meyve ve Sebze İşleme Endüstrisinde Temel Analiz Metotları*, Ankara: Biltav Yayınları, 81s, (1992).

Chen, H., and Gu, Z., “Effect of ascorbic acid on the properties of ammonia caramel colorant additives and acrylamide formation”, *J. Food. Sci.*, 79 (9), (2014).

- Daniali, G., Jinap, S., Hajeb, P., Sanny, M., Tan, C. P., “Acrylamide formation in vegetable oils and animal fats during heat treatment”, *Food. Chem.*, 212, 244-249, (2016).
- Dearfield, K. L., Abernathy, C. O., Ottley, M. S., Brantner, J. H., Hayes, P. F., “Acrylamide: its metabolism, developmental and reproductive effects, genotoxicity, and carcinogenicity”, *Mutat. Res./Rev. Genet. Toxicol.*, 195 (1), 45-77, (1988).
- Dias, F. F., Sato, H. H., “Sequential optimization strategy for maximum l-asparaginase production from *Aspergillus oryzae* CCT 3940”, *Biocatal. Agric. Biotechnol.*, 6, 33-39, (2016).
- Elmore, J. S., Briddon, A., Dodson, A. T., Muttucumaru, N., Halford, N. G., Mottram, D. S., “Acrylamide in potato crisps prepared from 20 UK-grown varieties: Effects of variety and tuber storage time”, *Food. Chem.*, 182, 1-8, (2015).
- Elmore, J. S., Koutsidis, G., Dodson, A. T., Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., “Measurement of acrylamide and its precursors in potato, wheat, and rye model systems”, *J. Agric. Food. Chem.*, 53 (4), 1286-1293, (2005).
- Eriksson, S., “Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodolog”, Ph.D Thesis, *Institutionen för miljö kemi*, Stockholms Universitet, Stockholm, Sweden, (2005).
- Erkekoglu, P., Baydar, T., “Acrylamide neurotoxicity”, *Nutr. Neurosci.*, 17 (2), 49-57, (2014).
- Fiselier, K., Grob, K., “Legal limit for reducing sugars in prefabricates targeting 50 µg/kg acrylamide in French fries”, *Eur. Food. Res. Technol.*, 220, 451-458, (2005).
- Friedman M., “Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review”, *J. Agric. Food. Chem.*, 51, 4504-4526, (2003).
- Gertz, C. and Klostermann, S., “Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep- fried products”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 104 (11), 762-771, (2002).
- Gökmen, V. and Şenyuva, H. Z., “Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction.”, *Food. Chem.*, 103 (1), 196-203, (2007).
- Gökmen, V., Palazoğlu, T. K., Şenyuva, H. Z., “Relation between the acrylamide formation and time–temperature history of surface and core regions of French fries”, *J. Food. Eng.*, 77 (4), 972-976, (2006).



Gökmen, V., Şenyuva, H.Z., Acar, J., Sarıoğlu, K., “Determination of Acrylamide in Potato Chips and Crisps by High-Performance Liquid Chromatography”, *J. Chromatogr. A*, 1088 (1), 193-199, (2005).

Haase, N. U. and Weber, L. “Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips”, *J. Food Eng.*, 56 (2), 207-209, (2003).

Halford, N. G., Curtis, T. Y., Muttucumar, N., Postles, J., Elmore, J. S., Mottram, D. S., “The acrylamide problem: a plant and agronomic science issue”, *J. Exp. Bot.*, 63 (8), 2841-2851, (2012<sup>a</sup>).

Halford, N. G., Muttucumar, N., Powers, S. J., Gillatt, P. N., Hartley, L., Elmore, J. S., Mottram, D. S., “Concentrations of free amino acids and sugars in nine potato varieties: effects of storage and relationship with acrylamide formation”, *J. Agric. Food. Chem.*, 60 (48), 12044-12055, (2012<sup>b</sup>).

IARC., “Acrylamide. In Some Industrial / Chemicals; IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans”, *International Agency for Research on Cancer*, Lyon, France, 60, 389-433, (1994).

Jung, M. Y., D. S. Choi, J. W. Ju., “A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries”, *J. Food. Sci.*, 68, 4, 1287-1290 (2003).

Kadalkal, C., Ekinçi, R., Yapar, A., “The effect of cooking and drying on the water-soluble vitamins content of Bulgur”, *Food. Sci. Technol. Int.*, 13, 349-354, (2007).

Kalita, D. and Jayanty, S. S., “Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips”, *Food. Chem.*, 138 (1), 644-649, (2013).

Kalita, D., Jayanty, S. S., “Reduction of acrylamide formation by vanadium salt in potato French fries and chips”, *Food. Chem.*, 138, 644-649, (2013).

Kaplan, O., Kaya, G., Ozcan, C., Ince, M., Yaman, M., “Acrylamide concentrations in grilled foodstuffs of Turkish kitchen by high performance liquid chromatography-mass spectrometry”, *Microchem. J.*, 93 (2), 173-179, (2009).

Karagöz, A., “Akrilamid ve Gıdalarda Bulunuşu”, *TAF Prev. Med. Bull.*, 8, (2009).

Karakul, D., “Patateslerde Ön Islatma işleminin Kızartılmış Üründe Akrilamid Oluşumuna Etkisi Üzerinde Araştırmalar”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, (2006).

Kenar S., “Patateste (*Solanum Tuberosum L.*) In Vitro Mikrotuberizasyon Üzerine Jasmonik Asit-Giberellik Asit Etkileşiminin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, (2013).

Keramat, J., LeBail, A., Prost, C., Soltanizadeh, N., “Acrylamide in foods: chemistry and analysis. A review”, *Food. Bioprocess Technol.*, 4 (3), 340-363, (2011).

Kısabay, A., Korkmaz, T., Çakıroğlu, E., Selçuki, D., “Kısa süreli akrilamid maruziyeti sonucu gelişmiş toksik polinoropati olgusu”, *Causa Pedia*, 3, 701-702, (2004).

Kim, C. T., Hwang, E. S., Lee, H. J., “Reducing acrylamide in fried snack products by adding amino acids”, *J. Food. Sci.*, 70 (5), (2005).

Kita, A., Bråthen, E., Knutsen, S. H., Wicklund, T., “Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing”, *J. Agric. Food. Chem.*, 52 (23), 7011-7016, (2004).

Klaunig, J. E., “Acrylamide carcinogenicity”, *J. Agric. Food. Chem.*, 56 (15), 5984-5988, (2008).

Labuza, T. P. and Riboh, D., “Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrients losses in foods”, *Food. Technol.*, 36 (10), 66-74, (1982).

Labuza, T. P. and Schmidl, M. K., “Accelerated shelf-life testing of foods”, *Food. Technol.*, 39 (9), 57-62, (1985).

Labuza, Theodore P., “Application of chemical kinetics to deterioration of foods”, *J. Chem. Educ.*, 348-358, (1984).

Lim, P. K., Jinap, S., Sanny, M., Tan, C. P., Khatib, A., “The influence of deep frying using various vegetable oils on acrylamide formation in sweet potato (*Ipomoea batatas L. Lam*) chips”, *J. Food. Sci.*, 79 (1), (2014).

Lu, R., Yang, Z., Song, H., Zhang, Y., Zheng, S., Chen, Y., Zhou, N., “The aroma-active compound, acrylamide and ascorbic acid contents of pan-fried potato slices cooked by different temperature and time”, *J. Food. Process. and Preserv.*, 40 (2), 183-191, (2016).

Mariotti-Celis, M. S., Cortés, P., Dueik, V., Bouchon, P., Pedreschi, F., “Application of Vacuum Frying as a Furan and Acrylamide Mitigation Technology in Potato Chips”, *Food. Bioprocess Technol.*, 10 (11), 2092-2099, (2017).

- Matthäus, B., Haase, N. U., Vosmann, K., “Factors affecting the concentration of acrylamide during deep- fat frying of potatoes”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106 (11), 793-801, (2004).
- Mestdagh, F. J., De Meulenaer, B., Van Poucke, C., Detavernier, C. L., Cromphout, C., Van Peteghem, C., “Influence of oil type on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries”, *J. Agric. Food. Chem.*, 53 (15), 6170-6174, (2005).
- Mestdagh, F., De Meulenaer, B., Van Peteghem, C., “Influence of oil degradation on the amounts of acrylamide generated in a model system and in French fries”, *Food. Chem.*, 100, 1153-1159, (2007).
- Mestdagh, F., De Wilde, T., Fraselle, S., Govaert, Y., Ooghe, W., Degroodt, J. M., De Meulenaer, B., “Optimization of the blanching process to reduce acrylamide in fried potatoes”, *LWT-Food. Sci. Technol.*, 41 (9), 1648-1654, (2008<sup>b</sup>).
- Mestdagh, F., Maertens, J., Cucu, T., Delporte, K., Van Peteghem, C., De Meulenaer, B., “Impact of additives to lower the formation of acrylamide in a potato model system through pH reduction and other mechanisms”, *Food. Chem.*, 107 (1), 26-31, (2008<sup>a</sup>).
- Miao, Y., Zhang, H., Zhang, L., Wu, S., Sun, Y., Shan, Y., Yuan, Y., “Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation in reconstituted potato chips during frying”, *J. Food. Sci. Technol.*, 51 (12), 4005-4011, (2014).
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L., Dodson, A. T., “Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction”, *Nature*, 419 (6906), 448-449, (2002).
- Mucci, L., Dickman, P., Steineck, G., Adami, H., Augustsson, K., “Dietary acrylamide and cancer of the large bowel, kidney and bladder: Absence of an association in a population-based study in Sweden”, *Br. J. of Cancer*, 88, 84-89, (2003).
- Mulla, M. Z., Bharadwaj, V. R., Annapure, U. S., Variyar, P. S., Sharma, A., Singhal, R. S., “Acrylamide content in fried chips prepared from irradiated and non-irradiated stored potatoes”, *Food. Chem.*, 127 (4), 1668-1672, (2011).
- Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Briddon, A., Mottram, D. S., Halford, N. G., “Evidence for the complex relationship between free amino acid and sugar concentrations and acrylamide- forming potential in potato”, *Ann. Appl. Biol.*, 164 (2), 286-300, (2014).
- Muttucumaru, N., Powers, S. J., Elmore, J. S., Dodson, A., Briddon, A., Mottram, D. S., Halford, N. G., “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. Chem.*, 220, 76-86, (2017).

Nizamlioğlu, N. M., “Kavurma ve depolama koşullarının Bademin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkisi”, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliğı Ana Bilim Dalı, Denizli, (2015).

Onishi, Y., Prihanto, A. A., Yano, S., Takagi, K., Umekawa, M., Wakayama, M., “Effective treatment for suppression of acrylamide formation in fried potato chips using L-asparaginase from *Bacillus subtilis*”, *3 Biotech*, 5 (5), 783-789, (2015).

Özkaynak, E., “Çeşitli Pişirme Tekniklerinin Sigara Böreğinde Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, *Gıda Mühendisliğı Anabilim Dalı*, İzmir, (2006).

Paul, V., Ezekiel, R., Pandey, R., “Acrylamide in processed potato products: progress made and present status”, *Acta Physiol. Plant.*, 38, (12), 276, (2016).

Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., “Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying”, *LWT-Food. Sci.Technol.*, 37 (6), 679-685, (2004).

Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., “The effect of asparaginase on acrylamide formation in French fries”, *Food. Chem.*, 109 (2), 386-392, (2008).

Pedreschi, F., Kaack, K., Granby, K., Troncoso, E., “Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries”, *J. Food. Eng.*, 79 (4), 1287-1294, (2007).

Quan, X., Zhang, M., Fang, Z., Liu, H., Shen, Q., Gao, Z., “Low oil French fries produced by combined pre-frying and pulsed-spouted microwave vacuum drying method”, *Food. Bioprod. Process.*, 99, 109-115, (2016).

Richmond P., Borrow R., “Acrylamide in Food.”, *The Lancet*, 361, 361-362, (2003).

Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., “ Influence of frying conditions on acrylamide content and other quality characteristics of French fries ”, *J. Food. Compos. Anal.*, 22, 582-588, (2009).

Romani, S., Bacchiocca, M., Rocculi, P., Dalla Rosa, M., “Effect of frying time on acrylamide content and quality aspects of French fries”, *Eur. Food. Res. Technol.*, 226 (3), 555-560, (2008).

Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., Törnqvist, M., “Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated Foodstuffs”, *J. Agric. Food. Chem.*, 51 (24), 7012-7018, (2003).

Rytel, E., Tajner-Czopek, A., Miedzianka, J., Kita, A., Nemś, A., Hamouz, K., “Acrylamide content in dried coloured-flesh potato products: Effects of drying”, *Int. J. Food. Prop.*, 1-12, (2017).

Shelby, M. D., Cain, K. T., Cornett, C. V., Generoso, W. M., “Acrylamide: induction of heritable translocations in male mice”, *Environ. Mol. Mutagen.*, 9 (4), 363-368, (1987).

Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Riediker, S., “Food chemistry: acrylamide from Maillard reaction products”, *Nature*, 419 (6906), 449-450, (2002).

Stadler, R. H., Robert, F., Riediker, S., Varga, N., Davidek, T., Devaud, S., Blank, I., “In-depth mechanistic study on the formation of acrylamide and other vinylogous compounds by the Maillard reaction”, *J. Agric. Food. Chem.*, 52 (17), 5550-5558, (2004).

Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S., Törnqvist, M., “Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated Foodstuffs”, *J. Agric. Food. Chem.*, 50(17), 4998-5006, (2002).

Tritscher, A., “Human health risk assesment of processing-related compounds in food.”, *Toxicol. Lett.*, 149, 177-186, (2004).

Tunçtürk, M., Tunçtürk, R., Yıldırım, B., Eryiğit, T., “Değişik Azot Dozları Ve Sıra Üzeri Mesafelerinin Patateste (*Solanum Tuberosum L.*) Verim Ve Kalite Üzerine Etkileri”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (2), 95-104, (2004).

TÜİK., (1 Aralık 2017) <http://rapory.tuik.gov.tr/01-12-2017-11:35:58-2135043747766779648116584052.html>, (2017).

Türker, İ., *Laboratuvar Tekniği*, Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 357s, (1992).

Tyl R. and Crump K., “Acrylamide in Food”, *Food. Stand. Agency*, 5, 215-222, (2003).

Vattem, D. A., Shetty, K., “Acrylamide in Food: a model for mechanism of formation and its reduction”, *Innovative Food. Sci. Emerging Technol.*, 4, 331-338, (2003).

Villota, R. and Hawkes, D. R., “*Reaction Kinetics in Food Systems*”, (eds: Heldman, D.R. and Lund, D.B., Eds.), Handbook of Food. Engineering, Marcel Dekker, Newyork, 39-144, (1992).

Vinci, R. M., Mestdagh, F., De Meulenaer, B., “Acrylamide formation in fried potato products–Present and future, a critical review on mitigation strategies”, *Food. Chem.*, 133, 1138-1154, (2012).

Wenzl, T., Beatriz de la Calle, M., Anklam, E., “Analitical methods for the determination of acrylamide in food products: a review”, *Food. Addit. Contam.*, 20, 885-902, (2003).

Williams, J. S. E., “Influence of variety and processing conditions on acrylamide levels in fried potato crisps”, *Food. Chem.*, 90, 875-881, (2005).

Xu, X. and An, X., “Study on acrylamide inhibitory mechanism in Maillard model reaction: Effect of p-coumaric acid”, *Food. Res. Int.*, 84, 9-17, (2016).

Yang, Y., Achaerandio, I., Pujolà, M., “Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries”, *Food. Control*, 62, 216-223, (2016).

Yavuz, M., “Effect Of Added Ingredients On The Acrylamide Level And Quality Of Extrudates”, PhD Thesis. Middle East Technical University, Ankara, (2014).

Yaylayan, V. A., Wnorowski, A., Perez Locas, C., “Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide”, *J. Agric. Food. Chem.*, 51 (6), 1753-1757, (2003).

Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., “Maillard reaksiyonları ve reaksiyon ürünlerinin gıdalardaki önemi”, *Akademik Gıda*, 8, 44-51, (2010).

Yuan, Y., Shu, C., Zhou, B., Qi, X., Xiang, J., “Impact of selected additives on acrylamide formation in asparagine/sugar Maillard model systems”, *Food. Res. Int.*, 44 (1), 449-455, (2011).

Zaman, M.S., Quraishi, A., Hassan, G., Raziuddin, Ali, S., Khabir, A., Gul, N., “Meristem culture of potato (*Solanum tuberosum L.*) for production of virus-free plantlets”, *Online J. Biol. Sci.*, 1 (10), 898-899, (2001).

Zeng, X., Cheng, K. W., Jiang, Y., Lin, Z. X., Shi, J. J., Ou, S. Y., Wang, M., “Inhibition of acrylamide formation by vitamins in model reactions and fried potato strips”, *Food. Chem.*, 116 (1), 34-39, (2009).

Zeng, X., Kong, R. P., Cheng, K. W., Du, Y., Tang, Y. S., Chu, I. K., Wang, M., “Direct trapping of acrylamide as a key mechanism for niacin’s inhibitory activity in carcinogenic acrylamide formation”, *Chem. Res. Toxicol.*, 23 (4), 802-807, (2010).

Zhang, Y., Zhang, Y., “Effect of natural antioxidants on kinetic behavior of acrylamide formation and elimination in low-moisture asparagine–glucose model system”, *J. Food. Eng.*, 85 (1), 105-115, (2008).

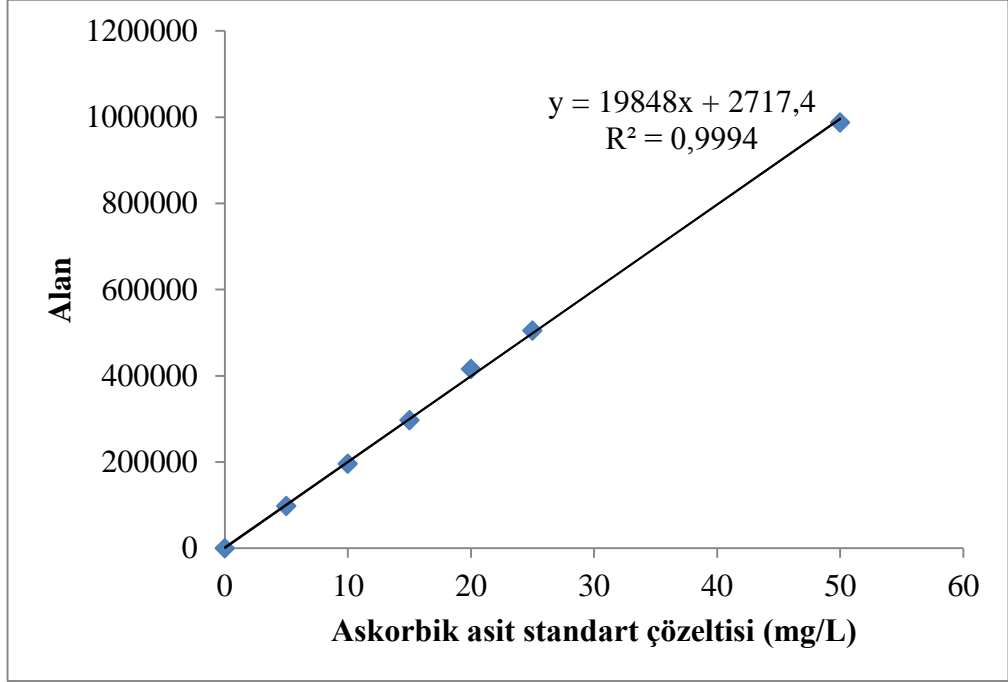
Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Villagran, M. D., “Acrylamide formation mechanism in heated Foods”, *J. Agric. Food. Chem.*, 51 (16), 4782-4787, (2003).

# **EKLER**

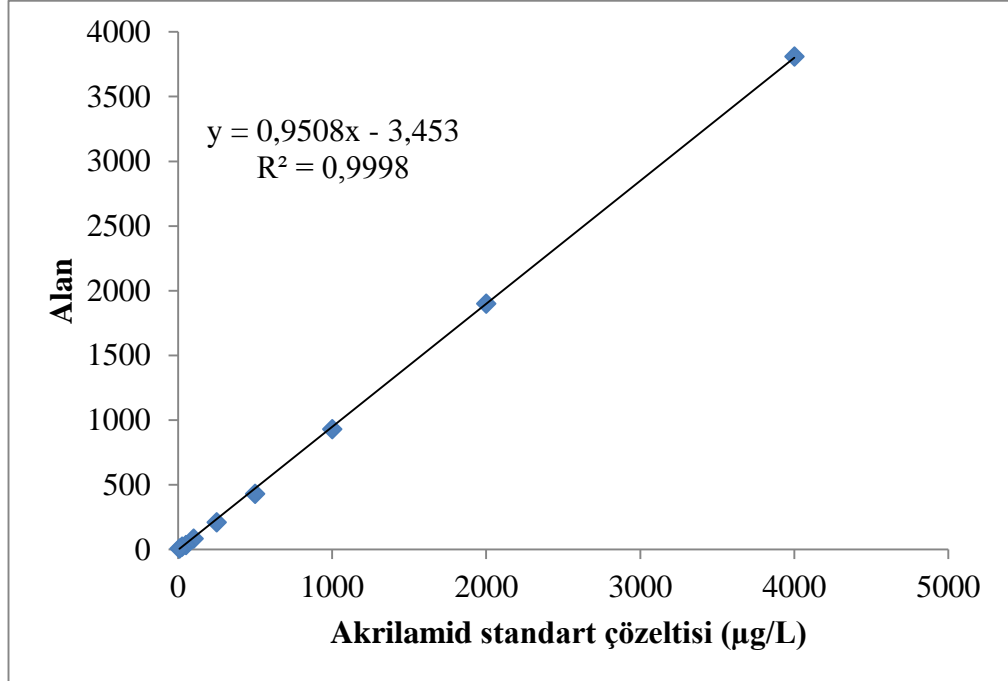


## 6. EKLER

### EK A Askorbik Asit Standart Grafiği



## EK B Akrilamid Standart Grafiği



## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tolga Kağan TEPE

Doğum Yeri ve Tarihi : Aydın 21.06.1991

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : ttepe10@posta.pau.edu.tr

İletişim Adresi : Girne Mah. Ali İhsan Paşa Bulv. Park  
Karina Sitesi no:24 Kat:5 Daire:10 Efeler/AYDIN

**Yayın Listesi** :

• Dönmez, A., Kadakal, Ç., **Tepe, T.K.**, “Degradation Kinetic of Trans-Resveratrol in Seedless Sultana And Çalkarası Grapes During Tray Drying”, Journal of International Scientific Publications, 5, 147-155, (2017).

• Kadakal Ç, Arisoy S, **Tepe T.K.**, Otağ F.B., Batu S, Nizamlioğlu N.M., Ekinci R., “High Performance Liquid Chromatographic Method For The Determination of Patulin in Oil-Based Products: Cheese Approach”, Austin Chromatogr, 4 (1), 1047, (2017).

• Kadakal Ç, **Tepe T.K.**, “Is Ergosterol a New Microbiological Quality Parameter in Foods or Not ?” Food Reviews International, (2018). Doi: 10.1080/87559129.2018.1482495. (Online)

**Konferans listesi** :

- Laz, C., Karahançer, H., Şeker, A., **Tepe, T.K.** “Fümelenmiş Gökkuşığı Alabalığı Filetolarının Raf Ömrünün Doğal Müdahalelerle Uzatılması”, Bursa 3. Uluslararası Gıda Kongresi, (2014)
- Çelik, İ., **Tepe, T.K.**, Şeker, A., “Ege Bölgesi Geleneksel Tatlıları”, Adana 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 240-243, (2014).
- Kadakal, Ç., **Tepe, T.K.**, Otağ F.B., Nas, S., “Ergosterol: Gıdalarda Yeni Bir Kalite Parametresi Mi?”, Gıda Müh. Odası 10. Gıda Kongresi, (2017).
- Özer, Ç., Otağ F.B., **Tepe, T.K.**, Kadakal, Ç., Ekinci R., “Yenilebilir Çiçeklerin Biyoaktif Özellikleri”, Gıda Müh. Odası 10. Gıda Kongresi, (2017).
- **Tepe, T.K.**, Kadakal Ç., “Determination of Relationship between Acrylamide Formation and Color Changes in French Fries”, The 4th International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”, (2018).
- **Tepe, T.K.**, Otağ F.B., Ağan C., Kadakal Ç., Özer, Ç., Batu H.S., “Comparative Analysis of Anatolian Fermented Food: Tarhana”, The 4th International Symposium on “Traditional Foods from Adriatic to Caucasus”, (2018).