



**Farklı Kavurma Koşullarının Kuruyemişlerin  
Fiziksel, Kimyasal Özelliklerine ve Mineral  
Biyoeişebilirliğine Etkisi**

**Hakan APAYDIN**

**Doktora Tezi**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ**

**2021**

**T.C.**  
**TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI KAVURMA KOŞULLARININ KURUYEMİŞLERİN  
FİZİKSEL, KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE VE MİNERAL  
BİYOERİŞEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ**

**Hakan APAYDIN**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ**

**TEKİRDAĞ-2021**

**Her hakkı saklıdır**





Bu tez Çorum Belediyesi tarafından "Meşhur Çorum Leblebisinde Farklı Kavurma Koşullarında Oluşan Fiziksel Ve Kimyasal Değişimlerin Belirlenmesi ve Üretim Süreci Optimizasyonu" isimli proje ile desteklenmiştir.

## ÖZET

Doktora Tezi

### FARKLI KAVURMA KOŞULLARININ KURUYEMİŞLERİN FİZİKSEL, KİMYASAL ÖZELLİKLERİNE VE MİNERAL BİYOERİŞEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ

**Hakan APAYDIN**

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ

Bu çalışmada farklı kavurma koşullarında üretilen badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinde oluşan fiziksel ve kimyasal değişimler incelenmiştir. Bu çalışmada kuruyemişlerde farklı kavurma koşullarında; % nem, su aktivitesi, renk ( $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$ ), tekstürel özellikleri (sertlik ve kırılgenlik), akrilamid miktarı, aflatoksin miktarı, elementel içerik (Ag, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, Se ve Zn) ve *in-vitro* sindirim sonucunda mineral biyoerişebilirliliği (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Zn, P ve Se) incelenmiştir. Çalışma sırasında çiğ bademde 140 – 180 °C’de 10 – 30 dk, çiğ fındıkta 140 – 180 °C’de 15 – 35 dk, çiğ kajuda 135 – 175 °C’de 8 – 40 dk, ön kavrulmuş leblebide son kavurma işlemi olarak 150 – 195 °C’de 10-40 dk kavurma işlemi uygulanmıştır. Çalışmanın ilk kısmında kuruyemişlerin her bir kavurma koşulundaki kalite kriterlerini oluşturan nem, renk ve testürel özellik değerleri analiz edilmiş ve en fazla tüketici beğenisini oluşturan değerler tespit edilmiştir. Buna göre duyusal olarak en yüksek değeri alanlar; bademde nem %  $2,2\pm 0,04$ ,  $L^*$  değeri  $52,13\pm 2,4$ , sertlik  $987,5\pm 95,16$  g ve kırılgenlik  $0,44\pm 0,07$  mm fındıkta nem %  $1,29\pm 0,03$ ,  $L^*$  değeri  $72,25\pm 3,4$ , sertlik  $241,98\pm 8,18$  g ve kırılgenlik  $0,34\pm 0,04$  mm olarak, kajuda nem %  $1,99\pm 0,099$ ,  $L^*$  değeri  $61,01\pm 2,32$ , sertlik  $229,08\pm 32$  g ve kırılgenlik  $0,24\pm 0,1$  mm ve leblebide nem %  $5,12\pm 0,02$ ,  $L^*$  değeri  $74,24\pm 2,57$ , sertlik  $218,02\pm 18,27$  g ve kırılgenlik  $0,46\pm 0,09$  mm olarak belirlenmiştir. Isıl işlem ile istenilen tad, renk ve tekstür özellikleri oluşsa da aynı zamanda Maillard reaksiyonuna bağlı olarak akrilamid de oluşmaktadır. Kavrulmuş kuruyemişlerde tespit edilen en yüksek akrilamid miktarları; bademde 120,25 ppb, fındıkta 67,33 ppb, kajuda 184,59 ppb ve leblebide 148,63 ppb olarak belirlenmiştir. Fındıkta diğer kuruyemişlere göre daha az akrilamid oluştuğu saptanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında ise kuruyemişlerin 14 farklı element için elementel içeriği ortaya konarak, kavrulmuş örneklerin *in-vitro* sindirim sonucunda mineral biyoerişebilirliliğindeki değişim araştırılmıştır. Kuruyemişler arasında en yüksek Ca, P ve K miktarı bademde, en yüksek Ag, Mn ve Se miktarı fındıkta, en yüksek Cu, Fe, Mg ve Na miktarı kajuda ve en yüksek Zn miktarı leblebide belirlenmiştir. Mineral biyoerişebilirliliğinin ısıl işlem ile azaldığı belirlenmiştir. Çiğ kuruyemiş örneklerinde mineral biyoerişebilirliliği Ca için % 17,2 - % 38,8, Fe için % 11,9 - % 20,1, K için % 27,0 - % 39,5, Mg için % 29,6- % 46,8, Mn için % 13,4 - % 48,5, P için % 22,5- % 37,3, Se için % 10,6- % 41,8 ve Zn için % 12,9- % 38,2 aralığında tespit edilmiştir. Ca, Zn, P, Se ve K elementleri için *in-vitro* sindirim sonucunda en yüksek mineral biyoerişebilirlilik değeri leblebide, Fe için bademde Mg için fındıkta ve Mn için kajuda tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında aflatoksin bulaşışı da incelenmiş ve kuruyemiş örneklerinin hiçbirinde aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 tespit edilememiştir.

**Anahtar kelimeler:** *in-vitro* sindirim, kavurma, kuruyemişler, akrilamid, mineral biyoerişebilirlilik, tekstür analizi

2021, 141 sayfa

## ABSTRACT

PhD Thesis

### THE EFFECT OF DIFFERENT ROASTING CONDITIONS ON THE PHYSICAL, CHEMICAL PROPERTIES AND MINERAL BIOAVAILABILITY OF NUTS

**Hakan APAYDIN**

Tekirdağ Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ

In this study, physical and chemical changes in almond, hazelnut, cashew and chickpea samples occurred under different roasting conditions were investigated. In this study, dried nuts were roasted in different roasting conditions; % moisture, water activity, color ( $L^*$ ,  $a^*$ , and  $b^*$ ), textural properties (hardness and fracturability), acrylamide content, aflatoxin content, elemental content (Ag, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, Se and Zn) and mineral (Ca, Fe, K, Mg, Mn, Zn, P and Se) bioavailability after *in-vitro* digestion were investigated. Raw almond, raw hazelnut, raw cashew and pre-roasted chickpeas samples were roasted at 140 - 180 ° C for 10 - 30 min, at 140 - 180 ° C for 15 - 35 min, at 135 - 175 ° C for 8 - 40 min, at 150 - 195 ° C for 10-40 min, respectively. In the first part of the study, moisture, color and textural properties of nuts that constitute the quality criteria in each roasting condition were analyzed and the values that constitute the most consumer taste were determined. Accordingly, the highest sensory appreciation values; for almond; moisture  $2.2 \pm 0.04\%$ ,  $L^*$  value  $52.13 \pm 2.4$ , hardness  $987.5 \pm 95.16$  g and fracturability,  $0.44 \pm 0.07$  mm for hazelnut; moisture  $1.29 \pm 0.03$ ,  $L^*$  value as  $72.25 \pm 3.4$ , hardness  $241.98 \pm 8.18$  g and fracturability as  $0.34 \pm 0.04$  mm, for cashew; moisture  $1.99 \pm 0.099\%$ ,  $L^*$  value  $61.01 \pm 2.32$ , hardness  $229.08 \pm 32$  g and fracturability  $0.24 \pm 0.1$  mm and for roasted chickpea moisture  $5.12 \pm 0.02\%$ ,  $L^*$  value  $74.24 \pm 2.57$ , hardness  $218.02 \pm 18.27$  g and the fracturability  $0.46 \pm 0.09$  mm were determined. Although it creates the desired taste, color and texture properties with roasting, acrylamide is also formed due to the Maillard reaction during roasting. The highest amounts of acrylamide measured in roasted nuts; 120.25 ppb in almonds, 67.33ppb in hazelnuts, 184.59 ppb in cashews and 148.63 ppb in roasted chickpeas. Compared to other roasted nuts, the least acrylamide formation was determined in hazelnuts. In the second part of the study, the elemental content of the nuts for 14 different elements was determined. Also, the change in mineral bioavailability after *in-vitro* digestion was investigated. Among the nuts, the highest Ca, P and K amounts were found in almonds, the highest Ag, Mn and Se amounts were found in hazelnuts, the highest Cu, Fe, Mg and Na amounts were found in cashews and the highest Zn amounts were found in roasted chickpeas. It has been determined that mineral bioavailability decreases with heat treatment. Mineral bioavailability, in raw nuts, has been detected in the range 17.2% - 38.8% for Ca, 11.9% - 20.1% for Fe, 27.0% - 39.5% for K, 29.6% - 46% for Mg, 13.4% - 48.5% for Mn, 22.5% - 37.3% for P, 10.6% - 41.8% for Se and 12.9% - 38.2% for Zn. The highest mineral bioavailability ratio was determined for Ca, Zn, P, Se and K at roasted chickpea, for Fe at almonds, for Mg at hazelnut and for Mn for cashew after *in-vitro* digestion. Aflatoxin contamination was also examined in the study and aflatoxin B1, B2, G1 and G2 could not be detected in any of the nuts samples.

**Key words:** *in-vitro* digestion, roasting, nuts, acrylamide, mineral bioavailability, texture analysis

2021, 141 pages

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TEŞEKKÜR.....	xii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>5</b>
2.1. Kuruyemişler .....	5
2.1.1. Badem.....	5
2.1.2. Fındık.....	7
2.1.3. Kaju.....	8
2.1.4. Leblebi .....	8
2.2. Mikotoksinler.....	11
2.2.1. Aflatoksinler .....	12
2.3. Akrlamid .....	14
2.3.1. Akrlamid Oluşum Mekanizmaları .....	15
2.3.2. Akrlamidin Sağlık Üzerine Etkileri .....	17
2.3.3. Gıdalarda Akrlamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler .....	18
2.4. Biyoverimlilik, biyoyaralınım, biyoerişebilirlik ve biyoaktivite .....	20
2.4.1. <i>In-vitro</i> sindirim ile mineral biyoerişebilirlik .....	22
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>24</b>
3.1. Materyal .....	24
3.1.1. Örneklerin toplanması .....	24
3.1.2. Örneklerin kavrulması .....	24
3.2. Yöntem .....	29
3.2.1. % Nem Tayini ve Su aktivitesi Analizi .....	29
3.2.2. Renk Analizi .....	30
3.2.3. Tekstür Analizi .....	30
3.2.4. Aflatoksin Analizi.....	33
3.2.5. Akrlamid Analizi .....	37

3.2.6. Elementel İçerik Analizi .....	40
3.2.7. <i>İn-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirlik analizi .....	49
3.2.8. Duyusal Analiz .....	51
3.2.9. İstatistiksel Analiz .....	51
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....</b>	<b>52</b>
4.1. % Nem ve su aktivitesi analiz sonuçları .....	52
4.2. Renk analizi sonuçları.....	56
4.3. Tekstür analizi sonuçları.....	61
4.4. Aflatoksin B1,B2 G1,G2 analiz sonuçları .....	75
4.5. Akrlamid miktarı analiz sonuçları .....	81
4.6. Elementel içerik analiz sonuçları .....	95
4.7. <i>İn-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirlik analiz sonuçları.....	100
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>115</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>118</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>140</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>



## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 2.1. Nohudun besin değerleri .....	9
Çizelge 3.1. Badem için kavurma koşulları (sıcaklık - süre).....	25
Çizelge 3.2. Fındık için kavurma koşulları (sıcaklık - süre) .....	25
Çizelge 3.3. Kaju için kavurma koşulları (sıcaklık - süre) .....	26
Çizelge 3.4. Leblebi için kavurma koşulları (sıcaklık - süre).....	26
Çizelge 3.5. Kuruyemişleri numune kodları.....	27
Çizelge 3.6. LC MS/MS Akrilamid analizi çalışma koşulları.....	38
Çizelge 3.7. Akrilamid standardının SRM (Sertifikalı Referans Madde) iyon ve enerjileri ....	38
Çizelge 3.8. Mikrodalga yakma sistemi çalışma programı .....	41
Çizelge 4.1. Farklı kavurma koşullarının bademin % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi ...	52
Çizelge 4.2. Farklı kavurma koşullarının fındığın % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi ....	53
Çizelge 4.3. Farklı kavurma koşullarının kajunun % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi ....	53
Çizelge 4.4. Farklı kavurma koşullarının leblebinin % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi .	54
Çizelge 4.5. Farklı kavurma koşullarının bademin renk değerlerine ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) etkisi.....	57
Çizelge 4.6. Farklı kavurma koşullarının fındığın renk değerlerine ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) etkisi.....	58
Çizelge 4.7. Farklı kavurma koşullarının kajunun renk değerlerine ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) etkisi.....	59
Çizelge 4.8. Farklı kavurma koşullarının leblebinin renk değerlerine ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) etkisi.....	60
Çizelge 4.9. Farklı kavurma koşullarının bademin tekstürel özelliklerine etkisi .....	62
Çizelge 4.10. Farklı kavurma koşullarının fındığın tekstürel özelliklerine etkisi .....	65
Çizelge 4.11. Farklı kavurma koşullarının kajunun tekstürel özelliklerine etkisi.....	68
Çizelge 4.12. Farklı kavurma koşullarının leblebinin tekstürel özelliklerine etkisi.....	71
Çizelge 4.13. Kuruyemişlerde Aflatoksin B1 LOD - LOQ değeri hesaplaması .....	76
Çizelge 4.14. Kuruyemişlerde Aflatoksin B2 LOD - LOQ değeri hesaplaması .....	76
Çizelge 4.15. Kuruyemişlerde Aflatoksin G1 LOD - LOQ değeri hesaplaması .....	77
Çizelge 4.16. Kuruyemişlerde Aflatoksin G2 LOD - LOQ değeri hesaplaması .....	77
Çizelge 4.17. Aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin limit değerleri Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (29 Aralık 2011) .....	78
Çizelge 4.18. Farklı kavurma koşulları sonucunda bademde oluşan akrilamid miktarı.....	82
Çizelge 4.19. Farklı kavurma koşulları sonucunda fındıkta oluşan akrilamid miktarı.....	84
Çizelge 4.20. Farklı kavurma koşulları sonucunda kajuda oluşan akrilamid miktarı .....	86
Çizelge 4.21. Farklı kavurma koşulları sonucunda leblebide oluşan akrilamid miktarı .....	88
Çizelge 4.22. Kuruyemişlerin elementel içerikleri.....	96

Çizelge 4.23. Farklı kavurma koşullarında kavru lan bademlerde <i>in-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm).....	101
Çizelge 4.24. Farklı kavurma koşullarında kavru lan bademlerde <i>in-vitro</i> sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği .....	102
Çizelge 4.25. Farklı kavurma koşullarında kavru lan fındıklarda <i>in-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm).....	103
Çizelge 4.26. Farklı kavurma koşullarında kavru lan fındıklarda <i>in-vitro</i> sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği .....	104
Çizelge 4.27. Farklı kavurma koşullarında kavru lan kajularda <i>in-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm).....	105
Çizelge 4.28. Farklı kavurma koşullarında kavru lan kajularda <i>in-vitro</i> sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği .....	106
Çizelge 4.29. Farklı kavurma koşullarında kavru lan leblebilerde <i>in-vitro</i> sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm).....	107
Çizelge 4.30. Farklı kavurma koşullarında kavru lan leblebilerde <i>in-vitro</i> sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği .....	108

## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Nohut ayıklama makinesi.....	10
Şekil 2.2. Tek Kavrulmuş Günümüz leblebi Üretim Akış Şeması.....	11
Şekil 2.3. Aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 yapıları.....	13
Şekil 2.4. AFB1'in metabolize edilmesi sonucu akut toksik ve kanserojenik aktivite göstermesi.....	14
Şekil 2.5. Akrilamidin yapısı.....	15
Şekil 2.6. Akrilamidin gıdalarda oluşum yolları.....	16
Şekil 2.7. Asparajin ve akrilamid kimyasal yapıları.....	17
Şekil 2.8. Biyoyararlanım, biyoerişebilirlik ve biyoaktivite.....	22
Şekil 2.9. <i>in-vitro</i> sindirim metodu.....	23
Şekil 3.1. Kuruyemiş kavurma makinesi.....	24
Şekil 3.2. Kavurma sonucunda elde edilen badem örnekleri.....	27
Şekil 3.3. Kavurma sonucunda elde edilen fındık örnekleri.....	28
Şekil 3.4. Kavurma sonucunda elde edilen kaju örnekleri.....	28
Şekil 3.5. Kavurma sonucunda elde edilen leblebi örnekleri.....	29
Şekil 3.6. Tesktür analiz cihazı.....	31
Şekil 3.7. Çiğ bademin uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç.....	32
Şekil 3.8. Çiğ fındığın uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç.....	32
Şekil 3.9. Çiğ kajuunun uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç.....	33
Şekil 3.10. Tek kavrulmuş leblebinin uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç.....	33
Şekil 3.11. Aflatoksin B1 kalibrasyon eğrisi.....	35
Şekil 3.12. Aflatoksin B2 kalibrasyon eğrisi.....	35
Şekil 3.13. Aflatoksin G1 kalibrasyon eğrisi.....	36
Şekil 3.14. Aflatoksin G2 kalibrasyon eğrisi.....	36
Şekil 3.15. 20 ppb akrilamid standardına ait kromotogram.....	39
Şekil 3.16. Akrilamid konsantrasyonu belirlenmesi analizlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği.....	39
Şekil 3.17. Kuruyemiş örneğinden izole edile akrilamide ait kromotogram.....	40
Şekil 3.18. Ag için kalibrasyon grafiği.....	42
Şekil 3.19. Ca için kalibrasyon grafiği.....	42
Şekil 3.20. Cu için kalibrasyon grafiği.....	43
Şekil 3.21. Cr için kalibrasyon grafiği.....	43

Şekil 3.22. Fe için kalibrasyon grafiği.....	44
Şekil 3.23. Mg için kalibrasyon grafiği .....	44
Şekil 3.24. Mn için kalibrasyon grafiği .....	45
Şekil 3.25. Na için kalibrasyon grafiği .....	45
Şekil 3.26. Pb için kalibrasyon grafiği .....	46
Şekil 3.27. Zn için kalibrasyon grafiği .....	46
Şekil 3.28. P için kalibrasyon grafiği .....	47
Şekil 3.29. Se için kalibrasyon grafiği.....	47
Şekil 3.30. Cd için kalibrasyon grafiği.....	48
Şekil 3.31. K için kalibrasyon grafiği.....	48
Şekil 3.32. Sindirim sırasında örnekler .....	50
Şekil 4.1. Farklı kavurma koşullarının bademin sertliğine etkisi .....	63
Şekil 4.2. Farklı kavurma koşullarının bademin kırılgenliğine etkisi .....	63
Şekil 4.3. Farklı kavurma koşullarının fındığın sertliğine etkisi .....	66
Şekil 4.4. Farklı kavurma koşullarının fındığın kırılgenliğine etkisi .....	66
Şekil 4.5. Farklı kavurma koşullarının kajunun sertliğine etkisi.....	69
Şekil 4.6. Farklı kavurma koşullarının kajunun kırılgenliğine etkisi .....	69
Şekil 4.7. Farklı kavurma koşullarının leblebinin sertliğine etkisi.....	72
Şekil 4.8. Farklı kavurma koşullarının leblebinin kırılgenliğine etkisi .....	72
Şekil 4.9. Kavrulmuş bademlerde akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması.....	83
Şekil 4.10. Kavrulmuş fındıklarda akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması.....	85
Şekil 4.11. Kavrulmuş kajularda akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması.....	87
Şekil 4.12. Kavrulmuş leblebilerde akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması.....	89
Şekil 4.13. Çiğ kuruyemiş örneklerinde <i>in-vitro</i> sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği karşılaştırılması.....	111

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$\mu\text{g}$	: Mikrogram
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
$\mu\text{m}$	: Mikrometre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
M	: Molar
ppm	: Milyonda bir
ppb	: Milyarda bir
V	: Hacim
$\mu\text{l}$	: Mikrolitre
ml	: Mililitre
L	: Litre
dk	: Dakika
sn	: Saniye
sa	: Saat
$^{\circ}\text{C}$	: Selsiyus derece
rpm	: Dakikada devir sayısı
As	: Arsenik
Ag	: Gümüş
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Cl	: Klor
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Fe	: Demir

K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
Mn	: Mangan
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
Se	: Selenyum
Zn	: Çinko
HCl	: Hidroklorik asit
NaCl	: Sodyum klorür
NaHCO <sub>3</sub>	: Sodyum bikarbonat
HNO <sub>3</sub>	: Nitrik asit
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	: Hidrojen peroksit
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: Alüminyum trioksit
KBr	: Potasyum bromür
PTFE	: Politetrafloroetilen (Teflon)
ICP-OES	: İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometresi
AAS	: Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
LC-MS/MS	: Sıvı Kromatografi-Kütle Spektrometresi/Kütle Spektrometresi
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
UHPLC	: Ultra Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
XRF	: X Işını Floresansı
UV-VIS	: Ultraviyole - Görünür Bölge Spektroskopisi
DLLME	: Püskürtücü Sıvı Sıvı Mikroekstraksiyon
GC	: Gaz kromatografisi
LOD	: Dedeksiyon limiti
LOQ	: Tespit Limiti
IARC	: Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı

FAO	: Amerikan Gıda Ve Ziraat Organizasyonu
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
TMO	: Toprak Mahsulleri Ofisi
NCI	: Amerikan Ulusal Kanser Enstitüsü
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
FDA	: Gıda ve İlaç Dairesi
AOAC	: Analitik Kimyagerler Derneği
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TS	: Türk Standardı



## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, deneyimlerini benimle paylaşan, öğrencisi olmakla gurur duyduğum, değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet DEMİRCİ başta olmak üzere, tezimin her aşamasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, örnek kişiliği ile yol gösteren değerli hocam sayın Doç. Dr. İbrahim PALABIYIK'a, lisans öğrenimimde itibaren akademik hayatımın her aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. İsmail Hakkı BOYACI'ya ve desteklerinden dolayı tez komitesi üyelerine sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hitit Üniversitesi ve Çorum Belediyesi arasında imzalanan “Çorum İçin Bir Proje Var” protokolü kapsamında "Meşhur Çorum Leblebisinde Farklı Kavurma Koşullarında Oluşan Fiziksel ve Kimyasal Değişimlerin Belirlenmesi ve Üretim Süreci Optimizasyonu" isimli proje ile tez çalışmasına destek sağlayan Çorum Belediyesi'ne teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca maddi, manevi fedakârlıklar yaparak her konuda beni destekleyen, haklarımı hiçbir zaman ödeyemeyeceğim canım babam Ruhi APAYDIN, canım annem Nezahat APAYDIN ve sevgili kardeşim Elif KIZILYER'e minnet ve şükranlarımı sunarım. Çalışmalarım esnasında bana her zaman destek olan, sabır gösteren sevgili eşim ve mesai arkadaşım Dr. Demet APAYDIN'a, en değerli hazinem biricik kızım Defne APAYDIN'a en içten sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Mart, 2021

Hakan APAYDIN

Gıda Yük. Müh



## 1. GİRİŞ

Kuruyemiş, çeşitli meyvelerin ve yağlı tohumların geleneksel yöntemlerle (fırında veya güneş altında) kurutularak, tuz kullanılarak ya da kavularak fazla nemin uzaklaştırılması, renk ve aromasının geliştirilmesi suretiyle elde edilen gıda ürünleridir. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de kuruyemişler günlük beslenmede geniş bir kullanım alanı bulmakta ve içerdiği vitaminler, mineraller, aminoasitler, polisakkaritler ve esansiyel yağ asitleri ile günlük diyetle önemli bir besinsel kaynak olarak görülmektedir (Çağlar, 2020). Doğrudan tüketilmesinin yanı sıra farklı ürünlerin reçetesine de girerek (fırıncılık ürünleri, şekerlemeler, pestil-köme-cezerye gibi alışılmış ve geleneksel ürünlerden kahvaltılık gevrekler, granola, sürülebilir kremler, atıştırmalık barlar, kuruyemiş sütleri vb.) kullanıldığı ürünü zenginleştirmektedir (Jia vd., 2011). Dünya Sağlık Örgütü yayınladığı raporda aşırı kilo ve obezite ile mücadelede meyve, sebze, baklagiller, kepekli tahılların yanı sıra özellikle kuruyemiş tüketiminin artırılmasının önemine değinmiştir (WHO, 2018).

Kuruyemişler genellikle kavularak tüketilmektedir. Isıl işlem uygulaması gıdalarda fiziksel ve kimyasal bir takım değişikliklere sebep olan, ısı ve kütle transferini içeren bir süreçtir (Yazdanpanah, Mohammadi, Abouhossain ve Cheraghali 2005). Yaygın kullanılan bir ısıl işlem türü olan kavurma işlemi, kuruyemişlere geleneksel olarak genellikle fırınlarda uygulanan bir yöntemdir (Amaral vd., 2006a).

Kuruyemişlere kavurma işlemi, raf ömrünün uzatılması amacı ile nemin uzaklaştırılması, mikroorganizma yükünün azaltılması (Marzocchi vd. 2017), dış kabuklarının uzaklaştırılmasının yanı sıra (Özdemir vd., 2001), tüketici tarafından istenilen renk, tat, koku ve aromanın iyileştirilmesi amacı ile uygulanmaktadır (Burdack-Freitag ve Schieberle, 2010). Kavurma işlemi ayrıca kuruyemişleri pişirebilir veya jelatinleştirebilir, genişletebilir, patlatabilir, şişirebilir ve daha iştah açıcı ve çekici bir forma dönüştürebilir (Sruthi vd., 2021). Kavurma işleminin sıcaklık ve süre parametreleri, kavruan ürünün çeşidi ve tüketici beklentisine göre değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin badem 130 – 180 °C aralığında ve 5 – 40 dk’lık (Yang vd., 2010), fındık 100 - 160 °C’de 10–60 dk’lık (Özdemir ve Devres, 2000), kaju 130 - 180 °C’de 5–60 dk’lık (Jindal, 2006) değişen sıcaklık ve sürelerde kavrulmaktadır.

Kavurma işlemi istenilen tat, koku ve aroma özelliklerini oluştursa da, işlem sırası da ısıl işlemin etkisiyle akrilamid gibi istenmeyen proses kontaminantları oluşabilmektedir. Akrilamidin, karbonhidrat bakımından zengin gıdaların pişirilmesi, kızartılması ve kavurulması

gibi işlemler esnasında yüksek (120 °C ve üzeri) sıcaklığa maruz kalması ile, düşük nem koşullarında şekerler ve amino asit arasındaki Maillard reaksiyonu olarak bilinen bir reaksiyon yoluyla oluştuğu bildirilmektedir (Mottram, Wedzicha, ve Dodson 2002; Stadler vd. 2002; Yaylayan, Wnorowski, ve Perez Locas, 2003). Akrilamidin kanserojenik, mutajenik (Ao ve Cao 2012), genotoksijenik (Koyama vd., 2006) ve nörotoksijenik (Pennisi vd., 2013) olduğu bildirilmiştir. Bu sebeple akrilamid, Uluslararası Kansere Araştırma Ajansı (IARC, 1994) tarafından Grup 2A kanserojen olarak sınıflandırılmış ve daha sonra Avrupa Birliği (EC, 2002) tarafından kategori 2 kanserojen ve kategori 2 mutajen olarak belirtilmesi dünya çapında büyük etkiye sebep olmuştur (FAO / WHO, 2002). 2010 yılında Avrupa Kimyasal Ajansı tarafından "çok yüksek endişe kaynağı" maddeler listesine alınmıştır (Xu vd., 2014).

En yüksek akrilamid oluşumu cips veya patates kızartması gibi kızarmış patates ürünlerinde bildirilmektedir (Tareke vd., 2002). Ancak kuruyemişlerde de yoğun akrilamid oluştuğunu bildiren birçok çalışma vardır (Amrein vd. 2005a; Karasek, Wenzl, ve Anklam, 2009; Lasekan ve Abbas, 2010; W. Schlörmann vd., 2015; Zhang vd., 2011). Bu nedenle, gıda endüstrisi, yiyeceklerinin kalitesinden ödün vermeden süreçleri veya ürün parametrelerini değiştirme konusunda zorluklarla karşı karşıyadır (Xu vd., 2014). Su aktivitesinin kritik bölge dışında tutulması, pH'nın olabildiğince düşürülmesi, indirgen şekerler yerine indirgen olmayan şekerlerin kullanılması ve kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gibi inhibitörlerin kullanımı ile oluşumunun azaltıldığı bildirilmektedir. Ancak kuruyemiş üretimi gibi üretim sırasında gıdanın matrisine etki edilemediği durumlarda en önemli akrilamid oluşumunu engelleme tekniği olarak yüksek sıcaklıkta çalışmaktan kaçınma ön plana çıkmaktadır (Demirci, 2014).

Kuruyemişlerde hatalı hasat ve depolama koşullarında gelişen ve mikotoksinler adı verilen doğal kontaminantların sorun oluşturduğu bildirilmektedir (Wu, Xie, ve Xu, 2018). Kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinden dolayı yapısal farklılık gösteren yüzlerce farklı mikotoksin çeşidi keşfedilmiştir. Aflatoksin, okratoksin, fumonisin, trikotesen, zeralenon, patulin ve ergot alkaloidleri en sık karşılaşılan mikotoksinler olarak bildirilmektedir (Bennett ve Klich, 2003). Mikotoksinler arasında en büyük sağlık ve zirai-ekonomik sorununu *Aspergillus flavus* (*A. flavus*) ve *Aspergillus parasiticus* (*A. parasiticus*) tarafından ikincil metabolit olarak üretilen aflatoksinler oluşturmaktadır (Nidhina vd., 2017). Kuruyemişler hasat ve depolama sırasında aflatoksin üreten *Aspergillus* spp. ile kolayca kontamine olur. Bu mantarlar, fındık içeren ürünlere ve hayvan yemlerine bulaşır. Aflatoksin türleri arasında aflatoksin-B1 Grup-1 kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca termal işlemlerin de

aflatoksini yok etmediği bildirilmektedir. Bu sebeple, kuruyemişlerde bulunan aflatoksin yükü, ürünler işleme alınmadan önce mutlaka değerlendirilmelidir (Önal-Ulusoy, Şen, ve Mutlu, 2019; Pankaj, Shi, ve Keener, 2018).

Mineraller, vücutta yapısal ve fizyolojik büyümenin gerçekleştirilmesi, hormonal dengenin sağlanması, vücudun düzenleyici faaliyetlerin sürdürülmesi ve kas ve kemik metabolizması için hayati öneme sahiptir mikrobeyinlerdir. Vücutta sentezlenemedikleri için günlük diyetle dışarıdan alınması zorunludur (Demirci, 2014; Awuchi, Ikehukwu, ve Echeta, 2020; Soetan, Olaiya, ve Oyewole, 2010). Kuruyemişler, önemli bir mineral kaynağı besin olarak kabul edilmektedir (Etcheverry vd., 2004; Güneş, İnal, ve Kadioğlu, 2009; Moodley, Kindness, ve Jonnalagadda, 2007; Ramírez-Ojeda, Moreno-Rojas, ve Cámara-Martos, 2018; Sezer vd., 2019).

Kuruyemişlerin mineralce zengin olmasına rağmen bu minerallerin sindirim sırasında emiliminin mutlaka değerlendirilmesi gerekmektedir. Çünkü gıdalarda bulunan besin öğelerinin hepsi gıdanın tüketilmesi ile beraber kullanılabilceği anlamına gelmemektedir (Pupin vd., 2018). Gıdaların en önemli özelliklerinden biri, gıdanın tüketicinin metabolik ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneği olan biyoverimliliktir. Ancak, bu kavram yüksek derecede genelliğe sahiptir ve doğrudan ölçülemez. Gıda biyoverimliliğinin nicel ifadesi, biyoyararlanım, biyoerişilebilirlik kavramları kullanılarak yapılmaktadır. Bu kavramlar *in-vivo*, *ex-vivo* ve *in-vitro* yöntemlerle incelenebilir ve farklı ölçüm birimleriyle kantitatif olarak ifade edilebilir (Dima vd., 2020).

Biyoeerişilebilirlik için evrensel olarak kabul edilmiş bir tanım yoktur. Ancak genel olarak kabul gören tanımlardan bir tanesi, gastrointestinal kanalda besin matrisinden salınan ve böylece bağırsaktan emilim için uygun hale gelen bir besin öğesinin fraksiyonu olarak tanımlamaktadır (Cardoso vd., 2015). Tüketilen ürünün matrisi, biyoyararlanımı veya biyoerişilebilirliği üzerine direkt etkilidir. Bu sebeple ürün bazında bir değerlendirme şarttır. Ayrıca gıda üretim prosesleri de gıdalardan emilen besin miktarını direkt etkilemektedir (Cilla vd., 2018).

Atıştırmalıklar, ana öğünler arasında tüketilen gıdalar olarak tanımlanmaktadır. İnsan vücudu besinsel öğelerin önemli bir kısmını da buradan karşılamaktadır (Wang vd., 2018). Tüketim trendlerini inceleyen çalışmalar göstermektedir ki, atıştırmalıklara olan talep de gün geçtikçe artmaktadır (Fayet-Moore vd., 2017; Kerr vd., 2008; Piernas ve Popkin, 2010).

Atıştırma kalitelerinde ise kuruyemişler yüksek besin değeri ile ön plana çıkmaktadır. Özellikle çocukların fiziksel gelişimi için besin değeri düşük atıştırma kaliteler yerine kuruyemişlerin tüketimi büyük önem arz etmektedir (Hepworth, Moding, ve Stifter, 2020; Kachurak vd., 2019). Ancak tüketici beğenisinin sürekliliği için kaliteli üretim, kaliteli üretim içinde doğru kalite parametreleri/analizleri belirlemek şarttır. Bu sebeple sektör, üretim sırasında daha hızlı sonuç alabildiği parametrelere yönelmektedir. Renk değerlendirilmesi (Ulay ve Uner, 2003), nem miktarı değerlendirilmesi ve özellikle tekstür analizi (Cheely vd., 2018; Ertaş ve Doğruer, 2010; Nikzadeh ve Sedaghat, 2008; Pittia, Dalla Rosa, ve Lerici, 2001) standart kuruyemiş üretimi için öne çıkan kalite testleri olarak görülmektedir.

Yapılan çalışma ile kavurma işleminin Türkiye’de yoğun olarak tüketilen ve önemli bir mineral kaynağı olarak görülen badem, fındık, kaju ve leblebi üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle doğal bir kontaminant olan aflatoksinin kuruyemişlerde varlığı araştırılmıştır. Sonrasında örnekler kavurma işlemine tabi tutularak akrilamid oluşumu ve *in-vitro* sindirim sonucunda mineral biyoerişebilirliği araştırılmıştır. Son olarak da üreticiler için bir kalite parametresi olarak kavurma işlemi ile renk, nem ve tekstürel özelliklerdeki değişim belirlenip, elde edilen sonuçlar duyusal değerlendirme sonuçları ile ilişkilendirilerek, tüketici beğenisini nümerik değerler ile tanımlamak amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Kuruyemişler

Sert kabuklu kuruyemişler; tek tohumlu ve olgunlaştığında duvarı sertleşen kuru meyveler olarak tanımlanmaktadır. Çeşitli ekolojik koşullarda yetiştirilen sert kabuklu kuruyemişler; yüksek miktarda vitamin ve mineral içeren, zengin yağ ve protein kaynakları olup binlerce yıldır tüketilen besin grubudur. Kuruyemişler, yüksek yağ ve mineral içeriğine sahip olduğundan besleyici bir gıda kaynağı olarak bilinmektedirler. Sert kabuklu kuruyemişler, tekli doymamış yağ asidi, lipid olmayan bileşenleri, bitkisel protein içermesi, çözünebilir posa kaynağı olması, magnezyum, potasyum, çinko, selenyum gibi mineraller ve vitaminler çısından zengin olması nedenleriyle sağlığı koruyucu etkileri olan önemli bir besin grubudur (Dikmen, 2015). Aynı zamanda sert kabuklu kuruyemişler; protein, lif, vitaminler, sodyum olmayan mineraller, fitosteroller ve bir dizi biyoaktif fitokimyasal madde bakımından zengindirler. Sert kabuklu kuruyemişlerin düzenli tüketimi, koroner kalp hastalığı ve diabet, aşırı kilo ve obezite ve kanser gibi diğer sağlık sonuçları için azalmış risk ile ilişkilendirilmiş olup sağlıklı beslenme önerilerinde yer almaktadır (Alasalvar ve Shahidi, 2008). Günlük yağ alımının yarısını kuruyemişler ile değiştirmenin insanlarda toplam ve LDL kolesterol seviyelerini önemli ölçüde düşürdüğü bilinmektedir (Abbey, Noakes, Belling ve Nestel, 1994). En önemli tüketilebilir sert kabuklu ağaç meyveleri; Badem (*Prunus amygdalus*), fındık (*Corylus avellana*), ceviz (*Juglans regia*), yer fıstığı (*Arachis hypogaea*), Antep fıstığı (*Pistachi avera*), çam fıstığı (*Pinus pinea*), kaju (*Anacardium occidentale*), Brezilya fıstığı (*Bertholletia excelsa*), Macadamia fıstığı (*Macadamia integrifolia*), pikan cevizi (*Carya illinoensis*) ve Queensland fıstığı (*Macadamia ternifolia*)'dır (Granato vd., 2010; Del Castillo vd., 2018; Ersan ve Topçuoğlu, 2019). Çalışma kapsamında badem, fındık, kaju ve leblebi değerlendirilmiştir.

#### 2.1.1. Badem

Badem (*Prunus amygdalus* L.), özellikle fırıncılık ve şekerleme ürünlerinde, tipik olarak atıştırılabilir yiyecekler veya çeşitli işlenmiş gıdalarda bileşen olarak kullanılan en popüler yenilebilir kuruyemişler arasındadır (Colic ve vd., 2017). Badem, *Rosaceae* familyasının *Prunus* cinsine bağlı olup, genellikle iç meyve tüketimi amacıyla yetiştirilen bir meyve türüdür (Erdoğan vd., 2017). İç badem yüksek oranda yağ, kalsiyum ve diğer mineral maddeleri içerdiğinden önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Badem yüksek miktarda

yağ içermesine rağmen, lipid fraksiyonundaki yüksek düzeyde doymamış (tekli doymamış ve çoklu doymamış) yağ asitlerinden dolayı insanlarda kolesterol oluşumuna neden olmaz (Colic vd., 2017). Protein ve yağların yanı sıra badem, temel olarak şeker (früktöz ve sakaroz), vitamin ve mineraller içermektedir (Özcan vd., 2011; Balta, Battal, Balta, ve Yoruk, 2009; Segura, Casimiro, Lizarraga, ve Ros, 2006). Türkiye’de badem çerez olarak ve kozmetik sanayinde kullanılmakta iken yeşil kabukları ise %25 oranında şeker içerdiğinden hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Woodroof, 1967; Cherif vd. 2004; Oğuz vd. 2011).

2019 yılı verilerine göre kabuklu badem üretiminde dünyada Amerika Birleşik Devletleri (1936840 ton) ilk sırada, ikinci sırada İspanya (340420 ton), üçüncü sırada İran (177015 ton) ve dördüncü sırada Türkiye (150000 ton) yer almaktadır (FAO, 2021). TÜİK 2019 verilerine göre Türkiye’de 2019 yılında badem üretimi 150000 ton’dur (TÜİK, 2020). Türkiye’de çoğunluğu Ege Bölgesi (özellikle Datça yarımadası) olmak üzere Akdeniz, İç Anadolu ve Marmara Bölgeleri’nde badem yetiştiriciliği yapılmaktadır (Topçuoğlu ve Ersan 2020).

Badem yaklaşık olarak %50 oranında yağ içermekte olup, 100 g’ı yaklaşık 575 kcal enerji vermektedir. Tekli doymamış yağ asitlerini (MUFA) yüksek oranda içermekte olup, tüm sert kabuklu meyveler içerisinde en düşük doymuş yağ oranına (%24) sahip meyvedir. %50-80 oranında oleik asit (18:1), %11-37 oranında linoleik asit (18:2), %5-16 oranında palmitik asit (16:0) ve %1-4 oranında stearik asit (18:0) içermektedir. %21.1 oranında toplam protein içeriğine sahip olması nedeni ile bitkisel protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir gıdadır. 100 gram badem yaklaşık 12 gram diyet lifi içermekte olduğundan Avrupa Birliği Yönetmeliği’ne göre “doğal olarak yüksek diyet lifli” olarak tanımlanmaktadır. Günde 28-30 g badem tüketimi günlük diyet lifi ihtiyacının %14’ünü karşılamaktadır. Badem mikro besin öğelerinden Vitamin E, Vitamin B2 (riboflavin), kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum, çinko, bakır ve manganez açısından da zengin bir bileşime sahiptir. Günde 28 g badem tüketimi, günlük Vitamin E gereksiniminin % 36.4’ünü, manganez gereksiniminin ise %36’sını karşılamaktadır. Bu nedenle FAO tarafından bu iki mikroelementin karşılanması açısından mükemmel gıda olarak bildirilmektedir (Chen vd., 2006; Richardson vd., 2009; Kamil ve Chen, 2012; Khalid ve Hussain, 2017; Martins vd., 2017; Pasqualone vd., 2018; Airesa vd., 2019; Franklin ve Mitchell, 2019; Ersan ve Topçuoğlu, 2019).

### 2.1.2. Fındık

Fındık; bademden sonra dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan, sert kabuklu meyvedir. Fındık (*Corylus avellana* L.) dünya çapında popüler bir kabuklu kuruyemiştir (Kesen vd. 2016). Fındığın kültür çeşitleri Türkiye, İtalya, İspanya, ABD, Şili, Çin, İran, Fransa, Azerbaycan, Rusya ve Gürcistan'da yetiştirilmektedir. Ülkemizde fındığın kültüre alınmış cinslerinin yetiştiriciliğine ilk olarak Doğu Karadeniz'de başlanmış olup 1964 yılından itibaren devlet tarafından fındığa alım garantisi verilmesi, göçler ve diğer etkenler sebebiyle yetiştiriciliği önce Batı Karadeniz Bölgesi'ne sonrasında ise diğer bölgelere yayılmıştır. Türkiye, dünyanın en büyük fındık üreticisi ve ihracatçısı olup, dünya fındık üretiminde yaklaşık %75'lik paya sahiptir. Türkiye'de üretilen fındığın %80-85'i ihraç edilmekte, %15-20'si ise iç piyasada tüketilmektedir (TMO, 2019). 2019 verilerine göre kabuklu fındık üretiminde Türkiye dünyada ilk sırada (776046 ton), ikinci sırada İtalya (98530 ton), üçüncü sırada Azerbaycan (53793 ton) ve dördüncü sırada Amerika Birleşik Devletleri (39920 ton) yer almaktadır (FAO, 2021).

Fındık, insan yaşamında ve insan sağlığında oldukça önemli yer tutan besin maddelerinden bir tanesidir (Tunç vd., 2014). Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre kalp hastalıkları, diyabet, kanser gibi hastalıklardan korunmada sağlıklı diyet önemli bir rol oynamakta ve sağlıklı diyet içerisinde de fındık gibi kabuklu yemişler yer almalıdır (WHO, 2019). Dünya fındık tüketiminin ortalama 1 milyon ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Fındığın %70'i çikolata sanayinde, %20'si pastane ve bisküvi mamullerinde, %10'u ise kuru yemiş ve yağ sanayinde ham madde olarak kullanılmaktadır (TMO, 2019).

Fındığın ana bileşeni yağdır ve fındıktaki yağ miktarı bölge, toprak ve çeşide bağlı olarak %50-73 arasında değişmektedir. Fındık mikro besin elementlerinden mineral ve vitaminlerce zengindir. Minerallerden K, P, Ca ve Mg'ca zengin olan fındık, yağda çözünen vitaminlerden E vitamini; suda çözünen vitaminlerden de tiamin, riboflavin, biyotin, niasin, vitamin C, folik asit, pridoksin ve pantotenik asit için iyi bir kaynaktır. Hem esansiyel hem de esansiyel olmayan amino asitleri yapısında bulduran fındık özellikle glutamik asit, aspartik asit ile çocuklar için esansiyel olan arjinince zengindir (Amaral vd., 2006b; Alasalvar ve Shahidi, 2008; Alasalvar, Pelvan, Topal, 2010; Köksal vd., 2006; Güneş vd., 2010).

### 2.1.3. Kaju

Lacaceae ailesinin yaprak dökmeyen ağaçlarından biri olan kaju ağaçları, önemli tropikal meyve ve yağ ağacı türleridir. Çekirdekler, kaju fıstığının gerçek yenilebilir kısmıdır ve iyi bir protein (~% 20), karbonhidrat (~% 23) ve yağ (~% 45) kaynağıdır (Piva, Santi ve Ekpenyong, 1971; Uslu ve Özcan, 2017). Kaju fıstığı (*Anacardium occidentale*); Uzakdoğu Asya kökenli bir çeşit fıstık olup kaju meyvesinin çekirdek kısmını oluşturmaktadır ve fıstık sonrasında meyvesinden ayrılarak toplanmaktadır. Kaju fıstığı, lezzetli tadının yanında besleyici, vücudu güçlendirme ve hastalıklardan koruma özellikleri olan bir kuruyemiştir. İçinde kalsiyum, fosfor, betakaroten, riboflavin gibi vücudumuz için çok yararlı maddeler vardır. En önemlisi de kaju fıstığı, yağlar bakımından çok zengin bir meyvedir. Kaju fıstığının ana bileşeni olan lipidler, çoğunlukla tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. (Kalkan, 2017). Bu yağ asitleri, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol seviyesini ve koroner kalp hastalığı riskini azaltmaktadır (Hu vd., 2001, Dendena ve Corsi, 2014). 100 gram kaju yaklaşık 18 gram protein, 43 gram yağ ihtiva etmektedir. Kaju, sert kabuklu kuruyemişler arasında 3,3 gram/100 gram lif oranı ile en düşük posa içeriğine sahip kuruyemiştir (Dikmen, 2015).

Kaju fıstığı, benzersiz tadı, özel dokusu ve yüksek besin kalitesi nedeniyle tüketiciler arasında dünya çapında oldukça popülerdir (Yan vd., 2021). Kaju ağacı genellikle Brezilya, Afrika ve Hindistan'da yetiştirilmektedir (Kalkan, 2017). 2019 verilerine göre kaju üretiminde dünyada Fildişi Sahili (792678 ton) ilk sırada, ikinci sırada Hindistan (743000 ton), üçüncü sırada Vietnam (283328 ton) ve Burundi (283328 ton) yer almaktadır. 1961-2019 yılı kayıtlı verilere göre ülkemizde kaju üretimini yapılmamaktadır (FAO, 2021).

### 2.1.4. Leblebi

Leblebinin *Leguminosae* familyası, *Cicer arietinum* L. cinsi nohuttan üretilmektedir (Ladizinsky ve Adler, 1976). Nohudun gıda sanayinde birçok amaçlı kullanılırken en önemli kullanım alanlarından birisi de leblebi imalatında hammadde olarak kullanılmasıdır. Leblebi üretiminde kullanıldığından dolayı önemli bir hammaddedir (Akçin, 1988).

Nohut üretimi, baklagiller içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de üretilen yemeklik tane baklagiller içinde nohut % 51.2'lik bir pay sahiptir (TÜİK, 2020). 2019 verilerine göre nohut üretiminde dünyada Hindistan (9937990 ton) ilk sırada, ikinci sırada Türkiye



(630000 ton), üçüncü sırada Rusya Federasyonu (506166 ton) ve dördüncü sırada Myanmar (499438 ton) yer almaktadır (FAO, 2021).

Nohudun besinsel içeriği Çizelge 2.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 2.1. Nohudun besin değerleri (Akçin, 1988)

Besin Değeri	Miktar
Karbonhidrat (%)	38.1-73.3
Protein (%)	17.8-31.2
Yağ (%)	1.5-6.8
Selüloz (%)	1.6-9.0
Kül (%)	2.1-11.4

Leblebi, nohudun bazı ön işlemlerden geçtikten sonra kavrulması ile elde edilen ve yaygın şekilde çerez olarak tüketilen geleneksel bir üründür. (Gürsul ve Batu, 2014). Leblebi tarihinin 1000 yıl öncesine dayandığı bilinmektedir. Türkler arasında Osmanlı İmparatorluğundan bu yana tüketildiği bilinmektedir (Coşkuner ve Karababa, 2004). Farsçada kavrulmuş nohut anlamına gelen “leblebû” kelimesinden günümüzde dilimize “leblebi” yerleşmiştir (Sağlam, 2006). Günümüzde tüketiciye geniş bir ürün yelpazesi ile sunulmaktadır. Leblebinin, sarı ve beyaz leblebi başta olmak üzere, şekerli, baharatlı ve aromalı birçok çeşidi üretilmektedir (Özbey, 2018).

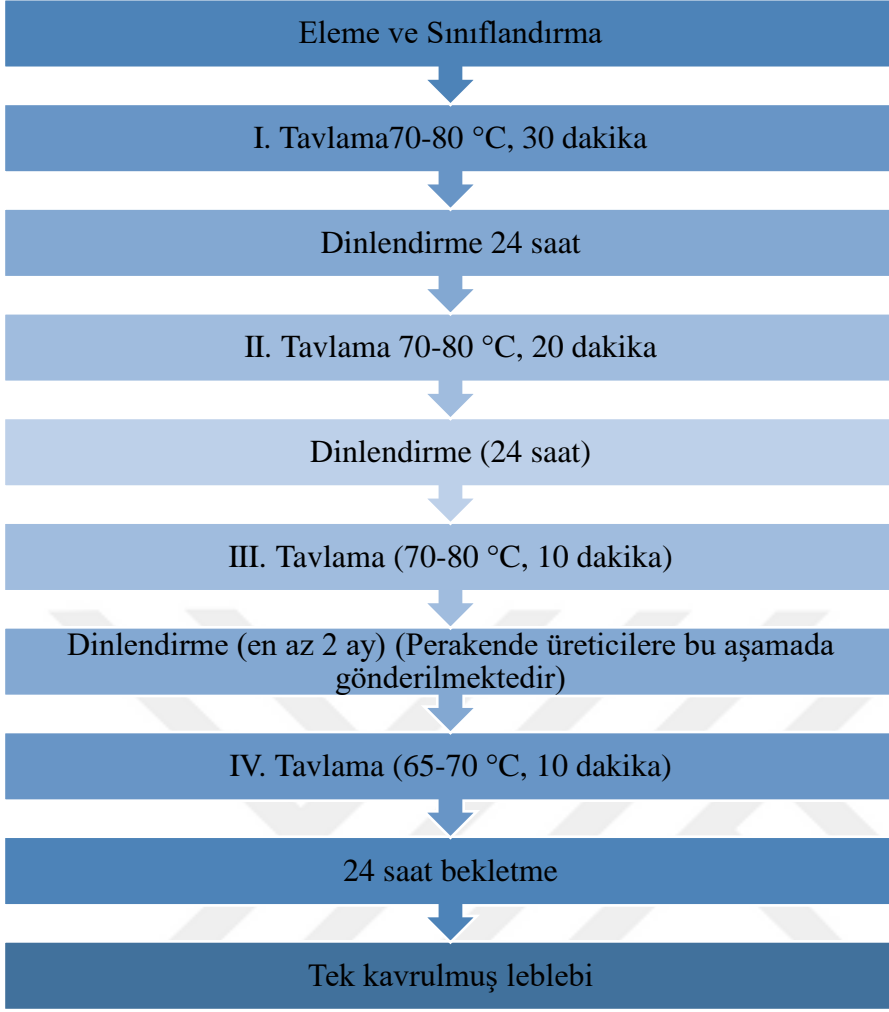
#### 2.1.4.1. Leblebi Üretimi

Nohutlar, ilk aşamada yabancı maddelerin ayıklanması ve üretime uygun olanların belirlenmesi için sınıflandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Türk Standartlarına (TS 142, 2008) göre leblebilik nohutlar şu şekilde tanımlanmaktadır. “Renkleri daha çok koyuca kırmızımsı sarıdır. Şekilleri kuşbaşını andırmaktadır. Daha çok yuvarlağımsı ve orta iriliktir. Bu geniş ve derin kısmı tane buruncuğunun hemen altındaki kısma rastlamaktadır. Dip tarafta ikiye bölünmesi pek belirli değildir. Kabuğu oldukça kalın ve az kırışıklıdır. Bu yüzden de kabuk taneden oldukça kolay ayrılmaktadır. Buruncuğu orta boyda ve çengel şeklinde kıvrıktır.”



Şekil 2.1. Nohut ayıklama makinesi

Şekil 2.1’de nohutun sınıflandırılması amacı ile kullanılan ayıklama makinesi gösterilmektedir. Bu makine ile sınıflandırılan nohutlar, ıslatıldıktan sonra ilk kavurma işlemine tabi tutulur. Kavurma sonunda nohutlar sıcak olarak kıl çuvallarda bir gün bekletilir. Ardından 70 – 80 °C’de 20 dk 2. kavurma işlemi gerçekleştirilir ve tekrar 1 gün dinlendirilir. Bu işlem bir kere daha tekrarlandıktan sonra 2 ay bekletilen leblebiler paketlenerek son kavurma işleminin yapılacağı müşteriye gönderilir. Kuruyemişçiler, bu aşamada bulunan leblebiyi alarak son kavurma işlemini gerçekleştirerek tüketiciye sunmaktır (Özbey, 2018). Leblebi üretimi akış şeması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tek Kavrulmuş Günümüz leblebi Üretim Akış Şeması (Özbey, 2018)

## 2.2. Mikotoksinler

Mikotoksin kelimesi mykes (Yunanca, mantar) ve toxicum (Latince, zehir) kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır (Erzurum, 2001). Mikotoksinler; başlıca *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* ve *Alternaria* gibi küf cinslerinin sekonder metabolizması sonucu oluşan, birçok gıda ve yemi kontamine ederek ciddi sağlık riskleri oluşturan, düşük molekül ağırlıklı, çok çeşitli kimyasal yapıya sahip metabolitlerdir (Girgin vd., 2001; Kabak 2007). Doğada, 100'den fazla küf 400 kadar ikincil metabolit üretmekte ve bunların toksik aktiviteye sahip olduğu bildirilmekte; bununla birlikte büyüme ve depolama sırasında dünyada üretilen tarım ürünlerinin yaklaşık %25'inin mikotoksinlerle kontamine olduğu öne sürülmektedir (Galvano vd., 2001; Atroschi vd., 2002; Kabak, 2007). Mikotoksinlerin hepatotoksik, dermatoksik, nörotoksik, mutajenik, kanserojenik, teratojenik, östrojenik gibi insan ve hayvan sağlığı üzerinde birçok ciddi sağlık etkisi vardır. Mikotoksinli gıda ve yemlerle

beslenen insan ve hayvanlarda meydana getirdiği sağlık problemleri mikotoksikozis olarak adlandırılmaktadır. Bununla birlikte işlenmiş, işlenmemiş, yarı işlenmiş gıdalarda sorunlara sebep olup ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Küflenme ve toksin oluşumu tarlada ya da tarımsal ürünlerin veya işlenmiş gıdaların depolanması sırasında meydana gelebilmektedir. *Fusarium* hasat, öncesi ya da sonrasında, *Penicillium* ve *Aspergillus* türleri ise kurutma esnasında ve sonrasında, depolama esnasında gıdalara bulaşmakta ve toksin üretebilmektedirler (Erzurum, 2001).

Küflerin çok yaygın olarak bulunması tahılların küf kontaminasyonuna hasat öncesi ve hasat sonrasında maruz kalmasını kolaylaştırmaktadır. Kontaminasyon derecesi coğrafik konum, proses aşamaları ya da depolama şartlarına göre şekillenebilir (Aiko ve Mehta, 2015). Gıdaların küflerle kontaminasyonu aşağıdaki şekilde olmaktadır:

- Direkt Bulaşma: Birçok gıda maddesinde gözlemlenebileceği gibi, fındık, yer fıstığı, ayçiçeği tohumu gibi yağlı tohumlarda, ekme ve meyvelerde ve baharatlarda görülebilir.
- İndirekt Bulaşma: Mikotoksinle kontamine olmuş hammaddenin üretimde kullanılmasıyla meydana gelir (Xu, Bianchini ve Hanna., 2011).
- Carry Over: Çiftlik hayvanları mikotoksinlerle kontamine olmuş yemleri yediğinde toksinlerin metabolize olan formlarına insanda, hayvanın sütünde ya da bazı dokularında rastlamak mümkündür (Tunail, 2000).

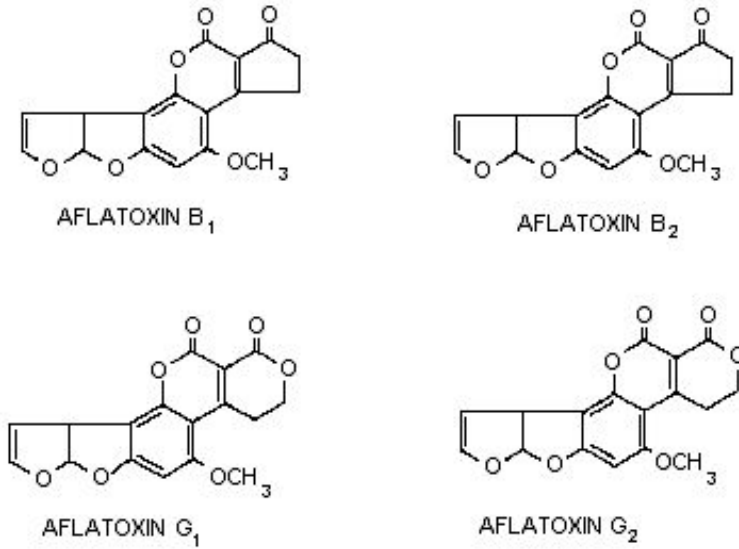
Mikotoksinler son derece toksik etkilere sebep olmakla beraber birçoğu karsinojen, teratojen, mutajen etki gösterebilirler. En sık görülen mikotoksinler; aflatoksinler, okratoksin, trikoteşen, zearalenon, patulin, fumonisin, siklopiazonik asit olarak sayılabilir. Tüm mikotoksinler arasında aflatoksin, fumonisin, zearalenon, okratoksin ve deoksinivalenol, memeliler için en toksik olan beş ana mikotoksin grubudur. Beş ana mikotoksin grubu arasında aflatoksin (B1, B2, G1 ve G2) en toksik olanıdır (Huwig, Freimund, Käppeli ve Dutler, 2001; Aiko ve Mehta, 2015).

### **2.2.1. Aflatoksinler**

1960 yılında, İngiltere’de çok sayıda kanatlı hayvanın ölümüne neden olan ve ‘Turkey X’ olarak isimlendirilen hastalık sonrası tespit edilen aflatoksin, üzerinde en çok çalışılan doğal toksindir. 1962 yılında da hepatotoksik (karaciğere toksik) ve hepakarsinojen(karaciğer kanseri etmeni) oluşu anlaşılmıştır (Preides vd., 2000, Zorlugenç, 2009). *Aspergillus flavus* ve *A.*

*Parasiticus* küfleri tarafından üretilen sekonder metabolitleridir. Bununla beraber, 1987 yılında *Aspergillus nomius* ve ayrıca *Aspergillus pseudotamarii* türünün de aflatoksin ürettikleri belirlenmiştir (Özkaya ve Temiz, 2003). Aflatoksinler genellikle tahıllar ve tahıl ürünlerinde sütte, kuruyemişlerde ve yağlı tohumlarda bulunmaktadırlar (Özkaya ve Temiz, 2003, Sabuncuoğlu, vd., 2008).

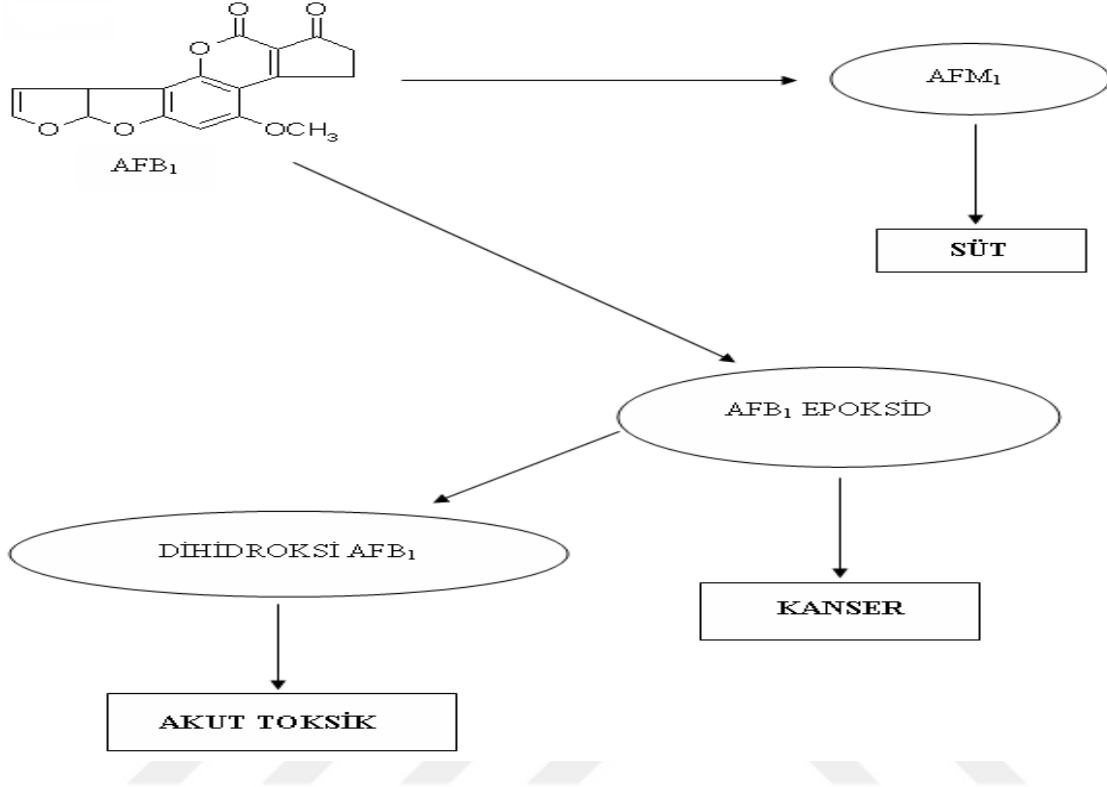
Aflatoksinler, “difurokumarosiklopentenon” ve “difurokumarolakton” olarak sınıflandırılmıştır. Aflatoksinlerin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> olmak üzere dört ana grubu bulunmaktadır. Tüm Aflatoksin türleri arasında, UV ışığı altında sırasıyla mavi ve yeşil görünen B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> en sık görülen gruplardır. B toksinleri kumarin yapıdaki lakton halkasına eklenmiş siklopentenon halkası, G toksinleri ise ek bir lakton halkası içermektedir. (Zorlugenç 2009; Asao vd, 1965). Şekil 2.3'de Aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub>'nin yapıları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Aflatoksin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub> ve G<sub>2</sub> yapıları (Girgin vd. 2001)

AFB<sub>1</sub> ve AFB<sub>2</sub> içeren yemlerle beslenen ineklerin sütünde rastlanan, ana moleküle benzer fakat daha az biyolojik etki gösteren türevler ise AFM<sub>1</sub> ve AFM<sub>2</sub> olarak adlandırılır. Oluşturdukları toksik etki gücüne göre AFB<sub>1</sub>'in en güçlü aflatoksin olduğu ve bunu toksisite sırasına göre AFG<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub> ve AFG<sub>2</sub>'nin takip ettiği belirtilmektedir (Girgin vd., 2001, Asao vd., 1965). Aflatoksinler, çok çeşitli canlı organizmalarda oldukça toksik, kanserojen, teratojenik ve mutajeniktir. Uluslararası Kanser Araştırma Örgütüne (IARC) göre “Grup I”

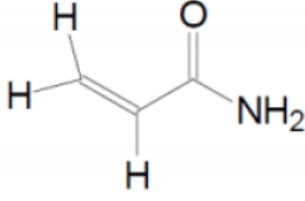
karsinojen kategorisindedir (Oruç ve Sonal, 2001; Passone, Resnik, ve Etcheverry, 2005). Şekil 2.4'de AFB<sub>1</sub>'in metabolize edilmesi sonucu akut ve kanserojenik etki göstermesinde izlediği yol gösterilmektedir.



Şekil 2.4. AFB<sub>1</sub>'in metabolize edilmesi sonucu akut toksik ve kanserojenik aktivite göstermesi (Moss, 2002)

### 2.3. Akrilamid

Akrilamid (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO, 2-propenamid) çift bağ içeren reaktif doymamış bir amittir (Şekil 2.5). Akrilamid, yapısında vinil bulunduran, poliakrilamidin suda çözünür monomerlerindedir. Yapısındaki çift bağdan dolayı amino (-NH<sub>2</sub>) ve sülfhidril (-SH) gruplarıyla bağ kurmaya yatkınlık göstermektedir. Oda sıcaklığında kokusuz beyaz kristal bir katıdır ve kaynama ve erime sıcaklıkları sırasıyla 125 ° C ve 84,5 ° C'dir. Yoğunluğu 25 ° C'de 1.27 g / mL'dir. Molekül ağırlığı 71.08 g/mol olan bir kimyasal maddedir. Suda çözünürlüğü yüksek (30 °C'de 2155 g/L) olup aseton, metanol ve etanol gibi diğer polar çözücülerde oldukça çözünürdür, ancak karbon tetraklorür gibi polar olmayan çözücülerde çözünmez (Albedwawi vd., 2021; Friedman, 2003; Özcan ve Ölmez, 2009; Eriksson, 2005; Aktaş, 2008; Sayaslan vd., 2008; Karagöz, 2009; Hu vd., 2015).



Şekil 2.5. Akrilamidin yapısı (Girma vd., 2005)

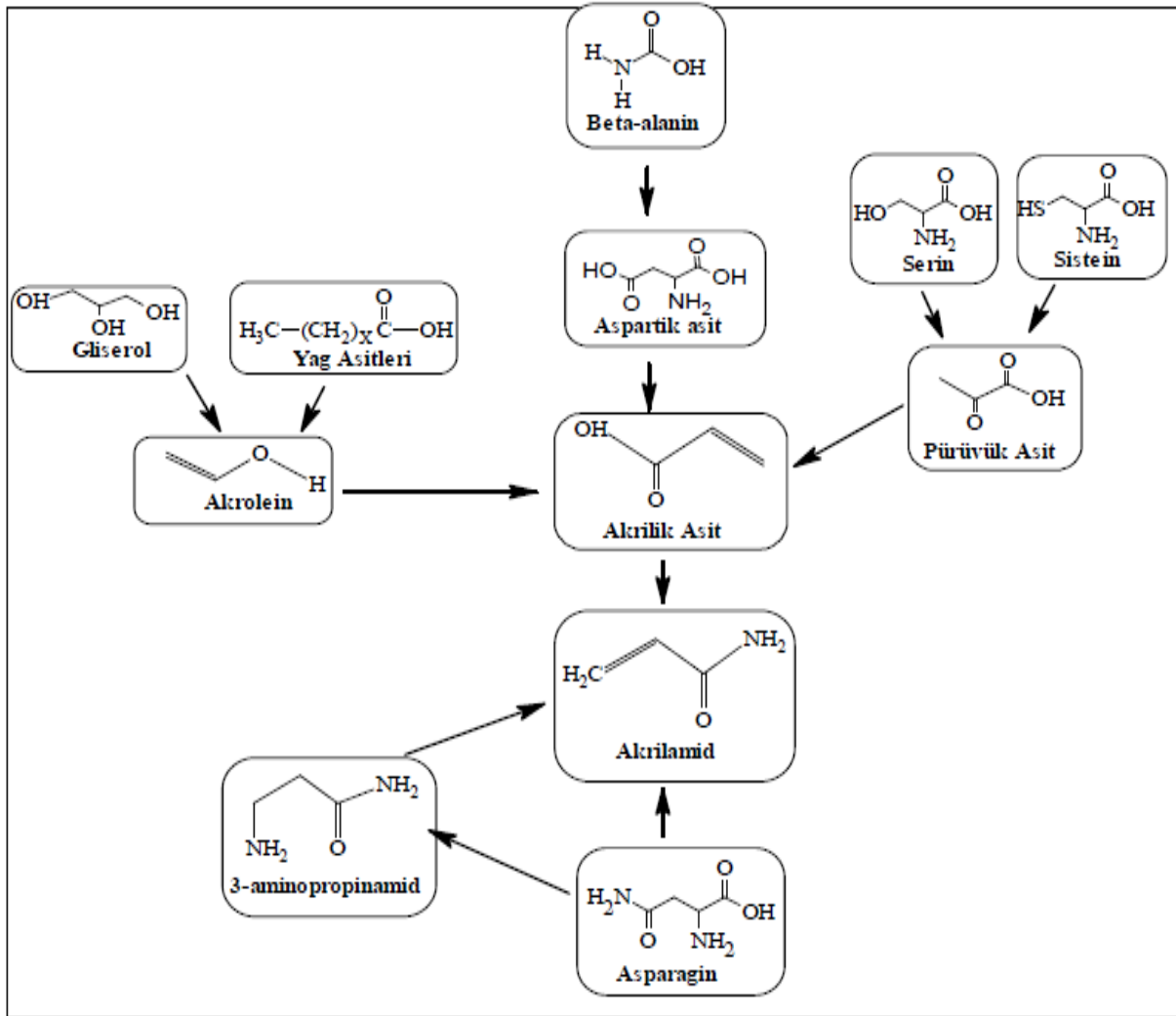
Akrilamid, monomer ve polimer (poliakrilamid) olmak üzere iki farklı formda bulunabilmektedir. Monomer yapıdaki akrilamid toksik özellik göstermekteyken, polimer yapıdaki akrilamidin toksik özellik göstermediği belirtilmiştir (Karakul 2006; Tuta, 2009; Lasekan ve Kassim 2011). Monomerik yapıdaki akrilamidin hayvanlarda sinir sistemine zarar verdiği ve memeli hayvanlarda kanserojen ve mutajen etki gösterdiği belirtilmektedir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu (IARC) akrilamidi 1994 yılında "insanlar için olası kanserojen" Grup 2A sınıfına almıştır (IARC, 1994).

Vücuda alınan akrilamidin sağlık üzerine etkileri genotoksik, karsinojenik, nörotoksik, üreme ve gelişme sistemi üzerine toksik olarak ayrılmaktadır (WHO, 2002). Akrilamidin ülkemizde ve Avrupa Birliği mevzuatında yer alan yasal bir limiti bulunmamaktadır. Öte yandan gıdalardaki akrilamid seviyesi Avrupa'da yetkililer tarafından kontrol edilmekte olup gelecekte akrilamid için maksimum limitlerin belirlenmesi beklenmektedir (EFSA, 2012).

### 2.3.1. Akrilamid Oluşum Mekanizmaları

Isıl işlem gören gıdalarda akrilamid oluşumu ile ilgili literatürde kapsamlı bir şekilde incelendiğinde, akrilamid oluşum prosesi ile ilgili birden fazla teorinin olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, akrilamidin gıdalarda birden fazla mekanizma sonucunda oluşmasıdır. Mevcut veriler, akrilamid oluşumunun iki yolunun olduğunu göstermektedir: 1) Strecker yolu ve 2) akrolein yolu (Karakul, 2006; Köksel, 2009). Yaygın görüş olan Strecker yolunda, akrilamid, ısıtılmış gıda ürünlerindeki amino asitler (esas olarak asparajin) ile indirgen şeker arasındaki reaksiyonun bir sonucu olarak üretilir. Bu reaksiyon, akrilamide dönüştürülen ara ürünler (Schiff bazları) üretir. Bu reaksiyona Maillard reaksiyonu veya esmerleşme süreci denir. Akrolein yolunda ise, gliserol yüksek sıcaklıkta parçalanarak bir akrolein bileşiği oluşturur. Bu ürün, sonunda akrilamide dönüştürülen akrilik aside oksitlenir (Albedwawi vd., 2021; Gölükcü, ve Tokgöz, 2005; Hsu vd., 2016; Cengiz ve Gündüz, 2013; FAO/WHO 2002; Daniali vd.,

2018). Şekil 2.6’da akrilamidin gıdalarda oluşum yolları görülmektedir (Eriksson, 2005; Can, 2007).

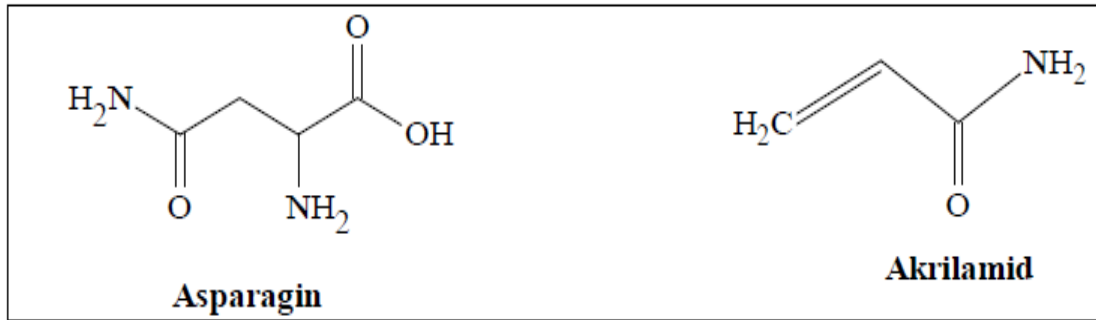


Şekil 2.6. Akrilamidin gıdalarda oluşum yolları (Nizamlıoğlu ve Nas 2019)

Gıdalarda akrilamid oluşumu büyük ölçüde pişirme yöntemine bağlıdır. Patates çipsi, çips, bisküvi, gevrek ekmek ve kahvaltılık gevrekler gibi karbonhidrat açısından zengin yiyeceklerin kızartılması ve fırında pişirilmesi, daha yüksek miktarda akrilamid oluşumuna neden olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen Maillard reaksiyonu, karamelizasyon gibi enzimatik olmayan esmerleşmenin bir çeşididir ve gıdalardaki serbest aminoasitlerin, proteinlerin veya peptitlerin serbest amino grubu (-NH<sub>2</sub>) ile indirgen şekerlerin karbonil grubu (C=O) arasındadır (Arusoğlu, 2015). Maillard reaksiyonunda indirgen şekerlerin aldehit ve keto grupları, aminoasitler, peptidler ve proteinler ile reaksiyona girerek melanoidinler (esmer renkli azotlu doymamış polimerler) olarak adlandırılan kahverengi pigmentleri oluşmaktadır. Gıdalara kızartma, fırında pişirme, kavurma gibi ısı işlemler uygulanması veya gıdaların uzun



süre depolanması sırasında meydana gelen kahverengileşmenin nedeni başlıca Maillard reaksiyonu olarak bilinmektedir (Demirci, 2014). Akrilamid, Maillard reaksiyonu sonucu oluşan ve en bilinen ürünlerinden biridir (Yıldız vd., 2010). Akrilamid; glukoz ve fruktoz gibi indirgen şekerler ve baskın olarak asparajin gibi serbest aminoasitler arasında meydana gelen bir dizi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları olan Maillard reaksiyonu sonucu oluşan bir proses kontaminantıdır (Becalski vd., 2003; Mottram, Wedzicha, ve Dodson, 2002; Zyzak vd., 2003). Endüstriyel olarak, polimer ve kopolimer üretmek için çeşitli işlemlerde kullanılan akrilamid gıdalarda Maillard reaksiyonunun bir yan reaksiyon ürünü olarak oluşmaktadır. Asparajin, akrilamid oluşumunda rol oynayan ana amino asittir; glukoz, fruktoz, maltoz ve laktoz ise ana şekerlerdir. Akrilamidin ve asparajinin kimyasal formüllerindeki benzerlik, asparajinin akrilamid molekülünün ana iskeletini oluşturduğu kimyasal formüllerinden daha iyi anlaşılmaktadır. Şekil 2.7’de asparajinin ve akrilamidin kimyasal formülleri görülmektedir (Karakul, 2006; Amrein, 2005; Gökmen, 2010).



Şekil 2.7. Asparajin ve akrilamid kimyasal yapıları

### 2.3.2. Akrilamidin Sağlık Üzerine Etkileri

Akrilamidin, genotoksik, karsinojenik, nörotoksik, üreme ve gelişim toksisitesi üzerine etkileri bulunmaktadır (Abramsson-Zetterberg vd., 2008). Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC) tarafından bazı nörotoksik ve kanserojenik etkiler gösterdiği ispatlanan akrilamid, insanlar için olası kanserojen olarak 2A grubunda sınıflandırılmıştır (IARC, 1994). Akrilamidin bu kategoride yer alması Dünya Sağlık Örgütü başta olmak üzere birçok kuruluşun dikkatini bu konu üzerine çekmiştir. Akrilamidin özellikle günlük diyetin başlıca öğelerini oluşturan karbonhidratça zengin gıdalarda yer alması bu konunun araştırılması gerekliliğini önemli hale getirmiştir (Lasekan ve Kassim, 2011; Tareke vd., 2002). Diyetle alınan akrilamid miktarı çeşitli ulusal gıda güvenliği ajansları tarafından 0,3-0,8µg/vücut kg ağırlığı/gün olarak

belirtilirken, çocuklarda ise bu değerin 1,5 kat daha fazla olabileceği belirtilmektedir (Dybing vd., 2005, Hogervorst, 2009).

### **2.3.2.1. Nörotoksik Etkileri**

Akrilamidin insanlarda nörolojik bozukluklara da neden olabileceği ileri sürülmekte olup akrilamidin yol açtığı nörotoksik etkiler üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ancak, gıdalarda bulunan akrilamid miktarının sinir sistemini etkileyecek düzeyde olmadığı belirtilmektedir (Exon, 2006; Burdurlu ve Karadeniz, 2006). Yapılan bir dizi çalışma sonucunda akrilamidin hayvanlarda nörotoksik açıdan gözlenebilir bir yan etki oluşturmadığı en yüksek düzey (NOAEL) 0,2 - 0,5 mg/vücut ağırlığı/gün, gözlenebilir en düşük yan etki seviyesinin 2 mg/vücut ağırlığı/gün olduğu bulunmuştur (Spencer ve Schaumburg, 1974). Öte yandan diyetle alınan akrilamid miktarının (0,001 mg/vücut ağırlığı/gün) nörotoksik açıdan güvenilir düzeyde olduğu düşünülse bile uzun süreli maruz kalma sonucunda oluşabilecek kümülatif etkilerden dolayı tehlikeli olabileceği bildirilmiştir (LoPachin, 2004).

### **2.3.2.2. Kanserojenik Etkileri**

Deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalara göre; akrilamid, farklı organlarda (tiroid, adrenal bez, tunika vaginalis) benign ve malign tümörlere yol açabilmektedir. Ayrıca beyin-spinal kord tümörleri, akciğer, deri ve pankreas kanserlerine neden olabileceği de bildirilmektedir (Rudén, 2004). Uluslararası Kanser Araştırma Enstitüsü (IARC)'nün yaptığı açıklamaya göre de akrilamidin insanlarda kanserojen etkiye sahip olabileceği belirtilmiştir ve insanlar için olası kanserojen olarak 2A grubunda sınıflandırılmıştır (Özhan 2008; IARC, 1994). Akrilamidin bu kategoride yer alması Dünya Sağlık Örgütü başta olmak üzere birçok kuruluşun dikkatini bu konu üzerine çekmiştir. Akrilamidin özellikle günlük diyetin başlıca öğelerini oluşturan karbonhidratça zengin gıdalarda yer alması bu konunun araştırılması gerekliliğini bir kez daha vurgulamıştır (Tareke vd., 2002; Küçük, 2009).

### **2.3.3. Gıdalarda Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler**

Akrilamid, Maillard reaksiyonunda, proteinlerin enzimatik olmayan koyulaşması veya enzimatik olmayan glikasyon reaksiyonunda oluşur, aminoasitlerin (proteinler) amino kalıntısı (-NH<sub>2</sub>) ile indirgeyici bir şekerden (karbonhidratlar) karbonil (C=O) arasında 120 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşmaktadır. Tüm kimyasal reaksiyonlar gibi Maillard reaksiyonu da

sıcaklığın her 10°C artması ile 2–3 kat artmaktadır. Fakat fruktoz içeren gıdalarda bu 5–10 kat artmaktadır. Yüksek sıcaklıkta oluşan pigmentler daha koyulaşabilir. Bu sebeple sıcaklık ve pH'nın mümkün olduğunca düşürülmesi, su aktivitesinin kritik bölge dışında tutulması ve indirgen şekerler yerine indirgen olmayan şekerlerin kullanılması, kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gibi inhibitör kullanılması Maillard reaksiyonunu önemli ölçüde önlenmektedir (Demirci, 2014). Maillard reaksiyonu sonucu oluşan akrilamid seviyesini azaltmak için hammadde seçimi, proses koşulları, katkı maddeleri kullanımı gıdalar için uygulanan temel stratejiler arasında yer almaktadır (Akgün ve Arıcı, 2018).

Vakum altında ısı işlem uygulamasının akrilamid düzeyine etkisinin incelendiği çalışmalarda, vakum altında kavurmanın atmosferik basınç altında kavurmaya göre akrilamid oluşumunu %30-50 azalttığını görülmüştür (Anese vd., 2014; Yıldız vd., 2017).

Michalak vd., (2017) yaptıkları çalışmada farklı pişirme tekniklerinin (mikrodalga (200°C, 10 dk), tavada kızartma (180°C, 5 dk), fritözde kızartma (180°C, 5 dk) ve fırınlama (200°C, 10 dk)) et kroketlerdeki akrilamid oluşumuna etkisini incelemiştir. Fırınlanan, fritözde kızartılan, tavada kızartılan kroketlerde sırasıyla ortalama 360, 298 ve 285 mg/kg akrilamid tespit etmişlerdir. Mikrodalga yöntemiyle pişirilen kroketlerin ise geleneksel yöntemlerle pişirilenlere göre daha açık renkli olduğu ve daha fazla miktarda akrilamid (ortalama 420 mg/kg) içerdiğini tespit etmişlerdir.

Diğer bir çalışmada Sansano vd., (2016) amino gruplar yönünden zengin kitosan maddesinin gıda formülasyonlarına ilavesinin akrilamid oluşumuna olan etkisini incelemiştir. Araştırmacılar, oluşturdukları model sistemlere (indirgen şeker (glikoz, fruktoz ya da karışımları), asparajin ve kitosan içeren ortam) ve gerçek gıda sistemlerine (hamur) farklı oranlarda kitosan ekleyip farklı sıcaklıklardaki yağlarda (150 ve 180°C) 30 dk boyunca kızartıp akrilamid seviyelerini incelemiştir. Model sistemlerde %1 kitosan ilavesinin %49-85 arasında değişen oranlarda akrilamid oluşumunu azalttığını tespit edilmiştir. Maksimum akrilamid azalmasının asparajin-fruktoz model sistemlerinde, minimum akrilamid azalmasının ise asparajin-glikoz model sistemlerinde olduğunu saptamışlardır. Bu stratejinin altında yatan mekanizmanın, kitosanın amino gruplarının asparajinin amino gruplarıyla karbonilleri (örneğin indirgen şekerler) bağlamak için yarışa girmesi olarak düşünüldüğünü belirtmişlerdir.

Akrilamidin öncü maddelerinden biri olan L-asparajin amino asidini, L-asparaginaz enzimi kullanılarak L-aspartik asit ve amonyağa parçalamak gıdalardaki akrilamid seviyesini

azaltmak için kullanılan yöntemlerden birisidir (Akgün ve Arıcı, 2018). Meghavarnam ve Janakiraman (2018) yaptıkları çalışmada *Fusarium culmorum*'dan saflaştırılan farklı konsantrasyonlardaki (50, 100, 200 ve 300 U) L-asparaginaz enzimini patates cipsi ve ekmek gibi nişastalı gıdaların hazırlanmasında kullanmanın akrilamid oluşumuna olan etkisi incelenmiştir. L-asparaginaz (300 U) uygulanıp pişirilen patates ve ekmek örneklerinin L-asparajin seviyelerinin sırasıyla %85 ve 78 oranında akrilamid seviyelerinin ise %94 ve 86 oranında düştüğünü tespit etmişlerdir. Patates ve buğday ununda bulunan serbest L-asparajin konsantrasyonu indirgen şeker miktarından daha yüksektir, bu sebeple L-asparajinin uzaklaştırılması akrilamid sentezini önemli bir şekilde etkilemiştir. Gıdaların akrilamid seviyesini düşürmek için asparaginaz enzimini kullandıkları diğer bir çalışmada ise Gonçalves-Dias vd., (2017). *Aspergillus oryzae* CCT 3940 suşundan asparaginaz enzimini saflaştırmışlardır. Bu çalışmada *A. oryzae* CCT 3940'dan elde edilen ya da ticari olarak satılan L-asparaginaz enzimi uygulandıktan sonra kızartılan patateslerin enzim uygulaması yapılmadan kızartılan patateslere göre akrilamid seviyelerinin sırasıyla %72 ve 92 daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

#### **2.4. Biyoverimlilik, biyoyararlanım, biyoerişebilirlik ve biyoaktivite**

Gıdaların ve özellikle fonksiyonel gıdaların önemli özelliklerinden biri, gıdanın tüketicinin metabolik ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneği olan biyoverimlilik (bioefficient). Bu kavram, yüksek derecede genelliğe sahiptir ve doğrudan ölçülmez. Bir gıda, bir yandan vücudun temel işlevleri için gerekli olan enerji, biyokimyasal ve mekanik desteği (potansiyel olarak beslenme) sağlıyor, diğer yandan insan sağlığının korunmasına katkıda bulunuyorsa bu gıdanın biyoverimliliği yüksek olarak tanımlanabilir. Genel olarak, biyoverimlilikle ilgili mekanizmalar, hem geleneksel hem de fonksiyonel gıdalar için aynıdır. Gıda biyoverimliliğinin nicel ifadesi, biyoyararlanım, biyoerişebilirlik ve gıda bileşenlerinin biyoaktivitesi gibi diğer kavramlar kullanılarak yapılmaktadır. Bu kavramlar *in-vivo*, *ex-vivo* ve *in-vitro* yöntemlerle incelenebilir ve farklı ölçüm birimleriyle kantitatif olarak ifade edilebilir (Dima vd., 2020).

Biyoyararlanım, gastrointestinal sindirimi, emilimi, metabolizmayı, doku dağılımını ve biyoaktiviteyi içerir. Ancak, kullanılan araştırma alanına bağlı olarak birkaç anlamı vardır. Örneğin, farmakolojik bir bakış açısına göre, biyoyararlanım, terapötik kısmın absorbe edildiği ve ilaç etki bölgesinde kullanıma sunulma hızı ve derecesidir (Egger vd., 2016; Rein vd., 2013). Gıda ve ilaç Dairesi (FDA) ise biyoyararlanım terimini, bir ilacın içerdiği aktif maddelerin veya

tedavi edici kısımların (gıdalarda veya gıda takviyelerinde besinsel içeriğini de bu kısımda kabul edebiliriz), absorblanabileceği miktar veya oran olarak tanımlamaktadır (FDA, 2003).

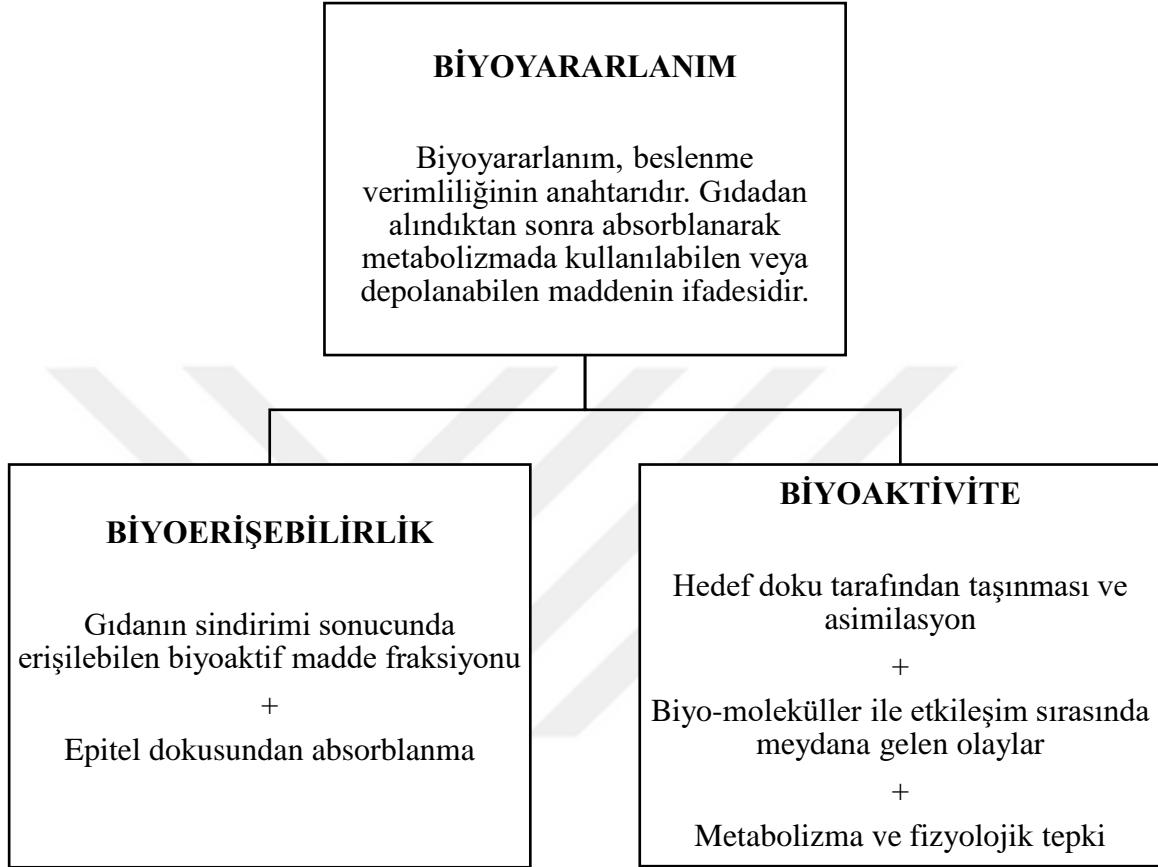
Yaptığımız çalışmayı da kapsayan, beslenme bakış açısından biyoyararlanım, temel olarak depolanan veya fizyolojik işlevlere katılabilmek için emilebilen besin fraksiyonunu ifade etmektedir (Wienk, Marx, ve Beynen, 1999). Biyoaktif bileşiklerin tüm miktarları organizma tarafından etkili bir şekilde kullanılmadığından, beslenme etkinliği için anahtar bir terimdir. Bu nedenle biyoyararlanım, sistemik dolaşıma ulaşan ve nihayetinde kullanılan sindirilen besin veya biyoaktif bileşiğin fraksiyonunu ifade etmektedir (Carbonell-Capella, Buniowska, Barba, Esteve, ve Frígola, 2014; Dima, vd., 2020; Galanakis, 2017).

İnsan vücudunda, bazen deşifre edilmesi zor olan karmaşık mekanizmalara göre gıda bileşenleri sindirim sistemiyle etkileşime girmektedir. Bu mekanizmayı anlayacak ve yorumlayacak en etkili testler *in-vivo* olarak isimlendirilen ve insan, hayvan vücudu kullanılarak yapılan testlerdir. Vücutta gerçekleşen süreçler en iyi bu testler ile anlaşılabilir (Dima vd., 2015; Parada ve Aguilera, 2007). Ancak bu testlerin dezavantajları vardır. Araştırma için gereken uzun süre, düşük araştırma kapasitesi, kontrol edilmesi zor faktörlerin etkisi, sonuçların düşük tekrarlanabilirliği, çalışmaların yüksek maliyeti ve etik kısıtlamalar *in-vivo* testler için zorlayıcı etmenlerdir (Shani-Levi vd., 2017).

Biyoyararlanımın belirlenmesinde en kullanışlı ve ucuz yöntem olarak *in-vitro* biyoyararlanım testleri ön plana çıkmaktadır. Bu testler insan vücudu davranışına olabildiğince yakın olmaya çalışan çeşitli araştırma teknikleridir. Bu yöntemler, sindirim sürecine dahil edilen aşamaların sayısı ve türü (ağız, mide, ince bağırsak, kalın bağırsak), her aşamada kullanılan sıvıların bileşimi (elektrolitler, enzimler, tamponlar, biyopolimerler) ile kendi aralarında farklılık göstermektedir. Ancak, temel olarak *in-vitro* mineral biyoyararlanım, pepsin, pankreatin ve safra tuzları gibi enzimler ile gıdaların işlem görmesi sonrası filtre veya membrandan geçirilerek biyoyararlanabilir kısmın hesaplanmasını içermektedir (Havenaar vd., 2013; Hur vd., 2011; Shani-Levi vd., 2017).

Biyoyararlanım, biyoaktif element ve moleküllerin değerlendirilmesinde hayati öneme sahiptir. Çünkü ilaçların ve fonksiyonel gıdaların tasarımında ve üretiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Emilebilen etken maddenin bu ürünlerde değerlendirilmesi üretim sürecinin en önemli parçalarından biri olarak görülmektedir (Fernández-García, Carvajal-Lérida, ve Pérez-Gálvez, 2009). Bununla birlikte, mineral madde emiliminde *in vivo* prosesin ilk adımı olan bu

yöntemler yalnızca elementin emilebilir bölümlerinde değerlendirilebilmektedir (Perales vd., 2006).



Şekil 2.8. Biyoyararlanım, biyoerişebilirlik ve biyoaktivite (Fernández-García vd. 2009)

#### 2.4.1. *In-vitro* sindirim ile mineral biyoerişebilirlik

Yaptığımız çalışmada uygulanan yöntemleri kullanarak elde edilen sonuçları mineral biyoyararlılık (Hemalatha, Platel, ve Srinivasan, 2007b; Jiang vd., 2021; de Oliveira Gonçalves vd., 2020; Singh, Prasad, ve Aalbersberg, 2016) veya biyoerişebilirlik (Singh vd., 2016; Aribas vd., 2020) olarak değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda terminolojik olarak farklı kelimeler ile ifade edilse de elde edilen sonuç “*in-vitro* ortamda gerçekleştirilen bir sindirimin sonucunda bir membran veya filtreden geçirilerek gıdadan absorblanabilen mineral içeriğini” ifade etmektedir. Yapılan çalışmalar tam olarak biyoyararlanım ve biyoerişebilirlik kavramlarını karşılamamaktadır. Bu sebeple çalışmamız içerisinde elde ettiğimiz sonuçlar “*in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği” olarak tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar

diğer çalışmalara benzer olarak tam olarak biyoyararlanım veya biyoerişebilirlik terimlerini karşılamasa da, sindirim sonucu gıdadan emilebilen mineral yüzdesi hakkında fikir vermektedir. Temel olarak yapılan işlemler Şekil 2.9’da ki gibi özetlenebilmektedir.



Şekil 2.9. *in-vitro* sindirim metodu (de Oliveira Gonçaves vd. 2020)

Elde edilen sonuç, biyoaktif element ve moleküllerin değerlendirilmesinde hayati öneme sahiptir. Çünkü ilaçların ve fonksiyonel gıdaların tasarımında ve üretiminde çok önemli bir rol oynamaktadır. Emilebilen etken maddenin bu ürünlerde değerlendirilmesi üretim sürecinin en önemli parçalarından biri olarak görülmektedir (Fernández-García vd., 2009). Bununla birlikte, mineral madde emiliminde *in vivo* prosesin ilk adımı olan bu yöntemler yalnızca elementin emilebilir bölümlerinde değerlendirilebilmektedir (Perales vd., 2006)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Örneklerin toplanması

Çalışmada kullanılan badem (*Amygdalus communis*), fındık (*Corylus avellana L.*), kaju (*Anacardium occidentale*) ve leblebi (*Cicer arietinum L.*) örnekleri 3'er tekerrür olmak üzere, Çorum ilinde faaliyet gösteren farklı kuruyemişçilerden tedarik edilmiştir. Badem, fındık ve kaju örnekleri kuruyemişçilerde çiğ olarak satılan ürünlerden tedarik edilmiştir. Bu ürünler çiğ olarak ifade edilse de geleneksel olarak güneş de kurutularak kuruyemişçilerce tedarik edilmektedir. Leblebi örnekleri ise ön kavurulmuş leblebi olarak (üreticiler genellikle bu şekilde tedarik etmektedir) toplanmıştır.

##### 3.1.2. Örneklerin kavrulması

Çalışma kapsamında kullanılan her bir kuruyemiş örneği için 3 farklı sıcaklıkta ve her bir sıcaklıkta 3'er farklı sürede olmak üzere toplamda 9 farklı koşulda kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Kavurma işleminin gerçekleştirildiği kavurma makinesi standart üretimi sağlama amacı ile titreşimli konveyörlü (yanmayı engelleyerek kavurma süresini ayarlayabilmek için) seçilmiş ve makinenin set sıcaklık değerleri K tipi termokupl ile doğrulanmıştır. Leblebi örneklerinde beneklendirme makinesinde kontrollü sıcaklık – süre parametresi ayarlanamadığından beneklendirme işlemi gerçekleşmemiştir.



Şekil 3.1. Kuruyemiş kavurma makinesi

Kavurma işlemi parametreleri seçilirken kuruyemişlerin hepsinin tüketilebilir nitelikte olmasına özen gösterilmiştir. Bu amaçla, her bir kuruyemiş örneği için belirlenen sıcaklık ve



süre değerleri, gerçekleştirilen ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. n denemeler sonucunda kuruyemişlerin tüketime uygun olmayacak kadar kavrulmamasına ve çiğ olarak değerlendirilen n kurutulmuş kontrol grubu örneklerden ayırt edilmeyecek kadar az kavrumamasına dikkat edilmiş ve uygun parametreler ara değerlerden seçilmiştir. Seçilen bu değerlerin literatürde önceki çalışmalar ile benzer kavurma parametreleri olmasına zen gösterilmiştir (Demir ve Cronin, 2004; Lin vd., 2016; zbey, 2018). En düşük sıcaklık ve süre kombinasyonu, kavurmanın etkilerinin gözlemlendiği en kısa süre seçilmiştir. En yüksek sıcaklık ve süre kombinasyonu ise örnekler tketelebilir olarak grldği en yüksek süre olarak seçilmiştir. Badem, kaju, fındık ve leblebiye uygulanan kavurma işlemi parametreleri sırasıyla izelge 3.1, izelge 3.2, izelge 3.3, ve izelge 3.4.'de belirtilmiştir.

Tedarik edildikten sonra herhangi bir kavurma işlemi uygulanmayan örnekler “kontrol” grubu olarak değerlendirilmiştir. Badem, fındık ve kaju için bu örnekler piyasada çiğ olarak satıldığı için gneşde geleneksel bir n kurutma uygulanmasına rağmen çiğ olarak ifade edilmektedir.

Çizelge 3.1. Badem için kavurma koşulları (sıcaklık - süre)

Sıcaklık (°C)	140	160	180
	20	15	10
Süre (dk)	25	20	15
	30	25	20

Çizelge 3.2. Fındık için kavurma koşulları (sıcaklık - süre)

Sıcaklık (°C)	140	160	180
	25	18	15
Süre (dk)	30	25	20
	35	32	25

Çizelge 3.3. Kaju için kavurma koşulları (sıcaklık - süre)

<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>135</b>	<b>155</b>	<b>175</b>
	20	13	8
<b>Süre (dk)</b>	30	20	15
	40	25	20

Çizelge 3.4. Leblebi için kavurma koşulları (sıcaklık - süre)

<b>Sıcaklık (°C)</b>	<b>150</b>	<b>175</b>	<b>195</b>
	20	10	10
<b>Süre (dk)</b>	30	20	15
	40	30	20

Kavurma işlemi sonucunda elde edilen kuruyemiş örnekleri Çizelge 3.5’de belirtildiği gibi numune kodu verilmiş ve bademler Şekil 3.2’de, fındıklar Şekil 3.3’de, kajular Şekil 3.4’de ve leblebiler Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Kuruyemişleri numune kodları

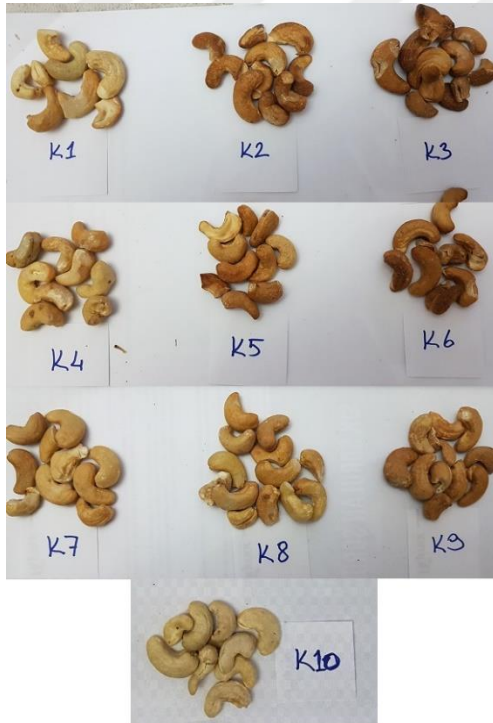
Badem		Fındık		Kaju		Leblebi	
Numune Kodu	Uygulanan İşlem	Numune Kodu	Uygulanan İşlem	Numune Kodu	Uygulanan İşlem	Numune Kodu	Uygulanan İşlem
B10	Kontrol	F10	Kontrol	K10	Kontrol	L10	Kontrol
B1	140 °C 20 dk	F1	140 °C 25 dk	K1	135 °C 20 dk	L1	150 °C 20 dk
B2	140 °C 25 dk	F2	140 °C 30 dk	K2	135 °C 30 dk	L2	150 °C 30 dk
B3	140 °C 30 dk	F3	140 °C 35 dk	K3	135 °C 40 dk	L3	150 °C 40 dk
B4	160 °C 15 dk	F4	160 °C 18 dk	K4	155 °C 13 dk	L4	175 °C 10 dk
B5	160 °C 20 dk	F5	160 °C 25 dk	K5	155 °C 20 dk	L5	175 °C 20 dk
B6	160 °C 25 dk	F6	160 °C 32 dk	K6	155 °C 25 dk	L6	175 °C 30 dk
B7	180 °C 10 dk	F7	180 °C 15 dk	K7	175 °C 8 dk	L7	195 °C 10 dk
B8	180 °C 15 dk	F8	180 °C 20 dk	K8	175 °C 15 dk	L8	195 °C 15 dk
B9	180 °C 20 dk	F9	180 °C 25 dk	K9	175 °C 20 dk	L9	195 °C 20 dk



Şekil 3.2. Kavrurma sonucunda elde edilen badem örnekleri



Şekil 3.3. Kavrurma sonucunda elde edilen fındık örnekleri



Şekil 3.4. Kavrurma sonucunda elde edilen kaju örnekleri



Şekil 3.5. Kavrurma sonucunda elde edilen leblebi örnekleri

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. % Nem Tayini ve Su aktivitesi Analizi

Kuruyemişlerin nem içeriği, Kashaninejad vd. (2006)'nın uyguladığı metot esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma öncesinde analizde kullanılacak petri kutuları etüvde 105 °C'de 1 saat süreyle kurtulmuş ve desikatörde 30 dakika soğutulup 0,1mg duyarlı hassas terazide darası alınmıştır. Daha sonra homojenize edilen kuruyemiş örnekleri darası alınan petrilere 4-5 g konulup ağırlıkları kaydedilmiş (ilk tartım) sabit bir ağırlık elde edilene kadar (3 saat) kurutulmuştur. Bu işlemin ardından örnekler oda sıcaklığına soğuması amacı ile desikatöre alınmış ve soğuyan örnekler 0.1mg duyarlı hassas terazide tartılarak sonuçlar kaydedilmiştir (son tartım). Analiz sonucunda badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin % nem miktarı Formül 3.1 ile hesaplanmıştır.

$$\% Nem = \frac{\text{İlk Tartım (g)} - \text{Son Tartım (g)}}{\text{İlk Tartım (g)}} \times 100 \quad (3.1.)$$

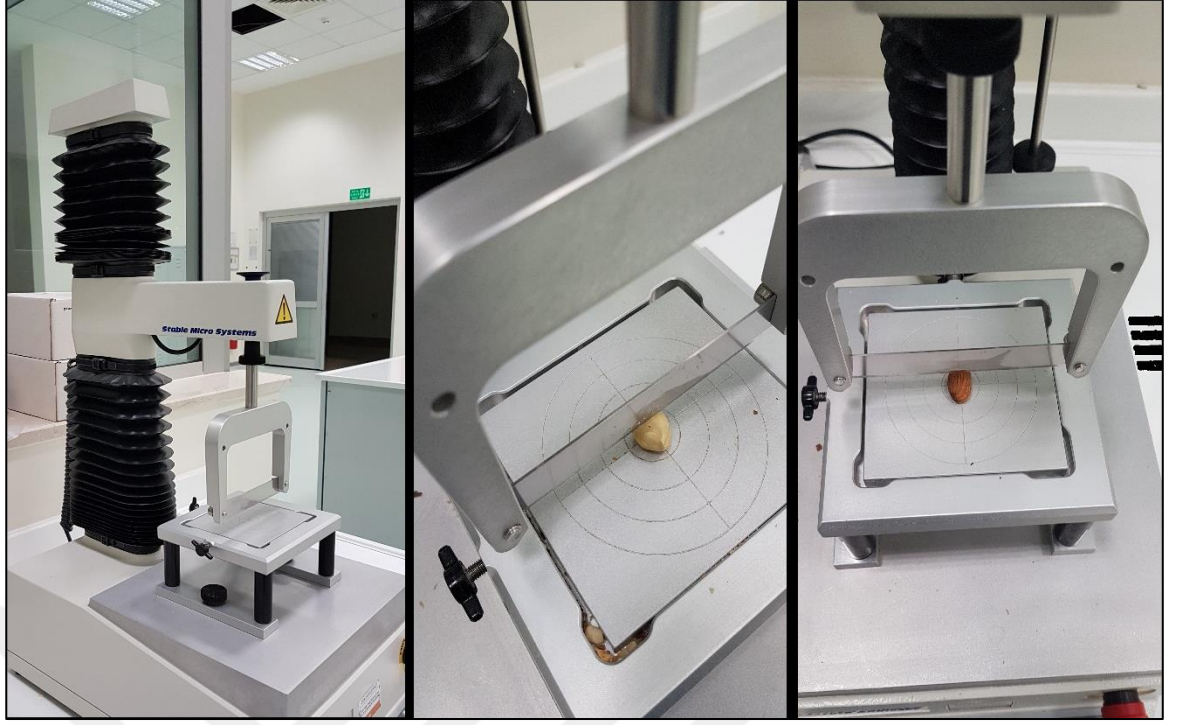
Su aktivitesi değeri ölçümü su aktivitesi ölçüm cihazı (Aqualab 4TE, Pullman, ABD) ile 25 °C’de gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.2. Renk Analizi**

Badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin dış rengi CIE LAB sistemi dual (çift) xenon ışıklı flash spektrofotometre (Ultrascan XE Hunter Lab) kullanılarak aydınlık / karanlık (L), kırmızılık (a), sarılık (b) değerleri olarak ölçülmüştür (Siripatrawan ve Vitthayakitti 2016).

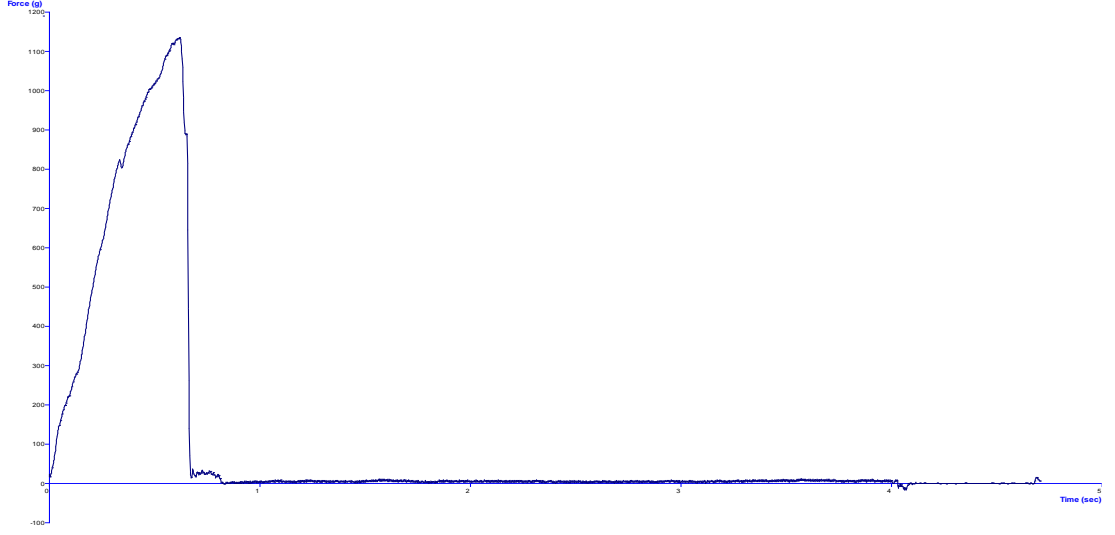
### **3.2.3. Tekstür Analizi**

Kuruyemiş örneklerinin sertlik ve kırılabilirlik değerleri Varela vd. (2006)’nın çalışması modifiye edilerek belirlenmiştir. Çalışma sırasında TA-XT PLUS tekstür analiz (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, İngiltere) cihazı ve cihaza bağlı A/ECB prob kullanılmıştır. Ölçümlerde 30 kg load cell kullanılmıştır. Cihazın çalışma şartları; test hızı 1 mm / sn, hedef mod: sıkıştırma (compression), hedef mod: mesafe, ve mesafe 5 mm olarak ayarlanmış ve ilk kuvvet değeri aldıktan sonra (bıçak numuneye değdikten sonra) 5 mm hareket edecek şekilde program ayarlanmıştır.

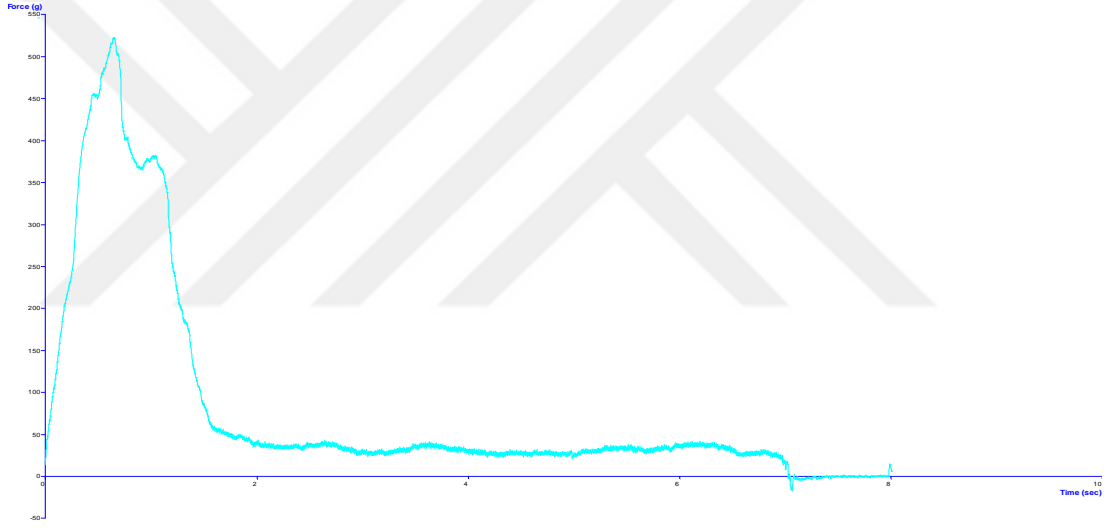


Şekil 3.6. Testür analiz cihazı

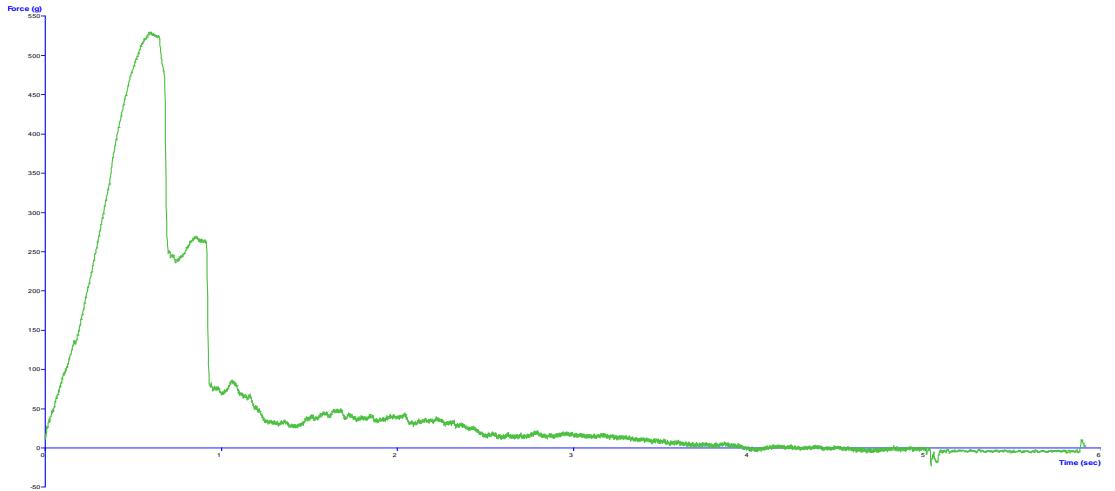
Kavrulan ürünün, kendisine uygulanan dirence karşı gösterdiği etki incelenerek, Cihazın kaydettiği en yüksek geri kuvvet dış kabuk sertliği (g) (kuruyemişin sertliği) olarak, probun kesici bıçağının kuruyemiş içinde kuruyemişi kırana kadar ilerlediği mesafe kırılma (mm) olarak kaydedilmiştir. Testür analizi sırasında çizilen grafiklere örnek teşkil etmesi açısından çiğ numunelere uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç sırasında ölçülen kuvvet (g) – zaman grafiği (sn) Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Çiğ bademin uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç

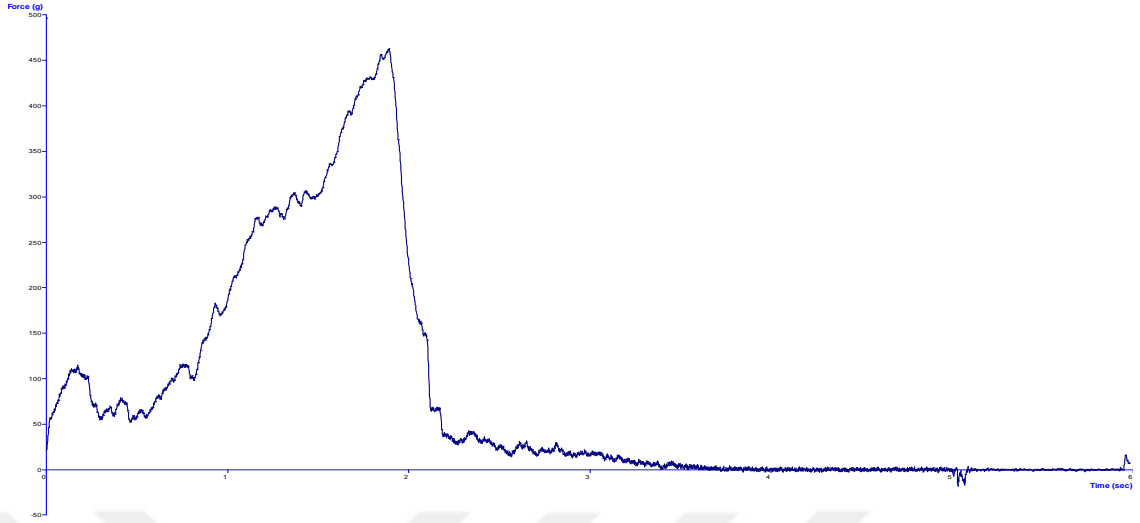


Şekil 3.8. Çiğ fındığın uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç





Şekil 3.9. Çiğ kajuğunun uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç



Şekil 3.10. Tek kavrulmuş leblebinin uygulanan kuvvete karşı gösterdiği direnç

#### 3.2.4. Aflatoksin Analizi

Çiğ badem, fındık, kaju ve leblebi numunelerinde aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin (B1+B2+G1+G2) miktarı AOAC (1994) standardında uygulanan metoda göre belirlenmiştir. Analizlerde HPLC (Agilent Technologies, U.S.A.) cihazı ile kullanılmıştır.

##### • Numune Ekstraksiyonu

25 g öğütülmüş numune blender kabına aktarılmıştır. Blender kabına 125 mL metanol:su (87,5:37,5) ve 5g NaCl ilave edildi ve yüksek hızda 2 dk süre ile karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen ekstrakt katlı filtre kağıdından geçirilip, filtrat temiz bir mezürde toplanmıştır. Filtratın 15 mL'si temiz bir mezüre aktarılıp üzerine 30 mL ultra saf su ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Karışım cam mikrofiber filtreden geçirilip, filtrat temiz bir mezürde toplanmıştır.

15 mL numune ekstraktı immuno-affinite kolondan 1-2 damla /saniye hızla geçirilir. Ekstraktan sonra kolondan 2-3 mL hava geçirilip HPLC cihazına 100 µl enjekte edilmiştir.

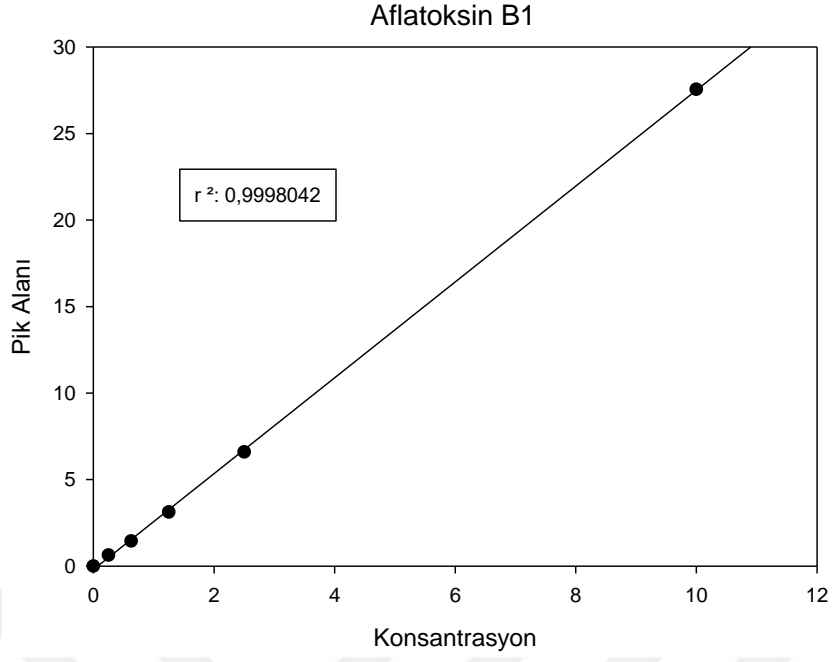
Elde edilen değer 2 ile çarpılarak ppb cinsinden ifade edilmiştir. Aflatoksin fraksiyonlarının hepsi (B1, B2, G1, G2) için bu hesaplama yapılmıştır. Toplam aflatoksin de bu fraksiyonların toplamına eşittir.

**HPLC koşulları:**

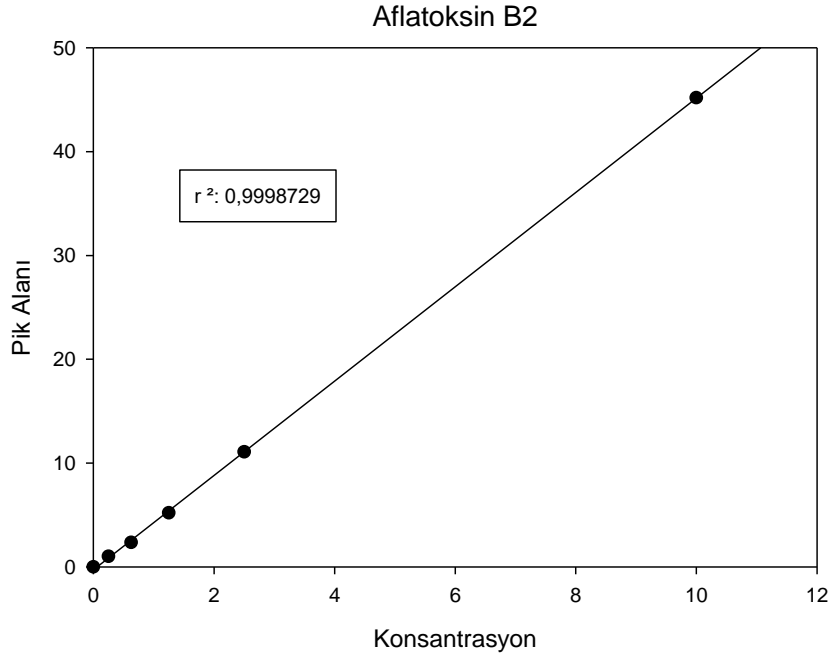
• Mobil Faz: Su / Metanol / Asetonitril (60 + 30+ 20) (V + V + V) ; degaze edilmiş Kobracell türevlendirilmesi için mobil fazın 1 litresine 120 mg KBr ve 350 µl (% 65) HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir.

- HPLC kolonu: C-18 veya ODS-2 (25 cm X 4.6 mm, 5 µl )
- Akış hızı:1 ml /dakika
- Dedektör: Floresans (Ex:360 Em:430)
- Çarpım Faktörü (Multiplier): 2

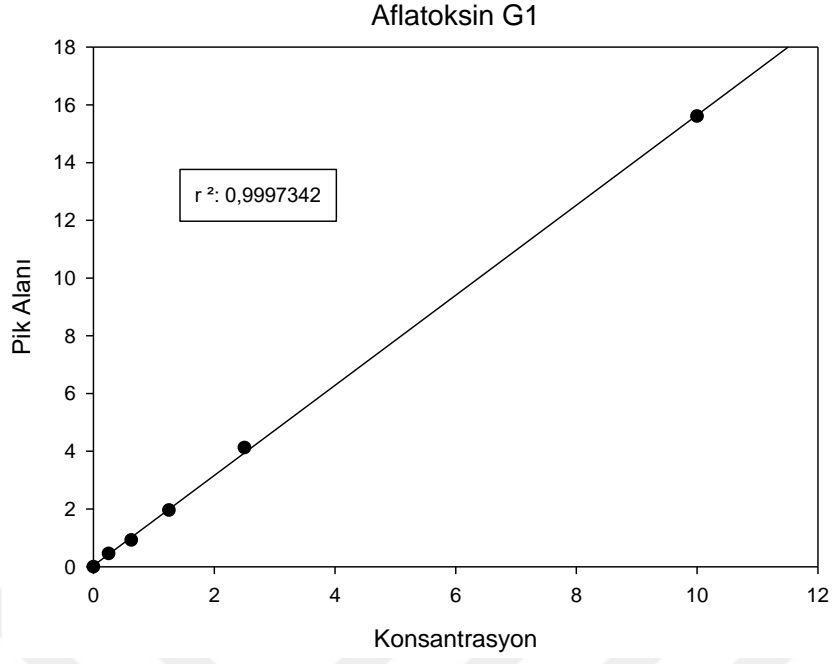
Örneklenden ekstrakte edilen aflatoksin B1, B2, G1 ve G2'nin kantitatif analizini gerçekleştirmek için her aflatoksin türünde 0,25 – 0,625 – 1,25 – 2,5 ve 10 ppb değerlerine karşılık pik alanı belirlenerek kalibrasyon grafikleri çizilmiştir. Çizilen kalibrasyon grafikleri aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 için sırasıyla Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'de belirtilmiştir. Daha sonra belirtilen cihaz koşullarında numunelerin analiz gerçekleştirilmiştir.



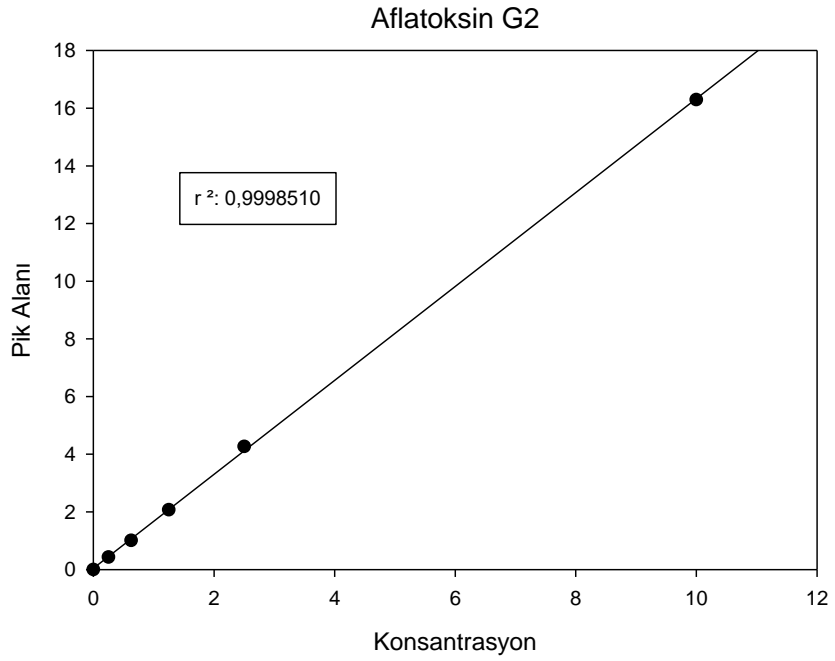
Şekil 3.11. Aflatoksin B1 kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.12. Aflatoksin B2 kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.13. Aflatoksin G1 kalibrasyon eğrisi



Şekil 3.14. Aflatoksin G2 kalibrasyon eğrisi

### 3.2.5. Akrilamid Analizi

Akrilamid analizlerinde badem, fındık ve kaju için ekstraksiyon metodu olarak Omar, Elbashir, ve Schmitz (2015), leblebide ise Galani, Patel, ve Talati (2017) ekstraksiyon için kullanılmıştır.

Badem, fındık ve kaju örneklerinde farklı kavurma koşullarının etkisi ile oluşan akrilamid miktarı sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresi (LC-MS/MS) (Thermo Scientific TSQ Quantum Access Max, Cambridge, İngiltere) cihazı kullanılmıştır. Leblebi örnekleri içinse farklı bir marka LC-MS/MS (AB Sciex 3200 QTRAP, Framingham, A.B.D.) cihazı ile belirlenmiştir.

- **Akrilamid ekstraksiyonu**

Öğütülmüş ve homojenize edilmiş badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerin 50 ml'lik falkon içerisine 2,5 g tartılıp üzerine 5 ml n-Hekzan eklenip 1 – 2 dk. vortekslenmiştir. Vorteklenen örneklerin üzerine 10 ml deiyonize daha sonra 10 ml asetonitril ilave edilmiştir. Daha sonra karışımın üzerine 5 g magnezyum sülfat ve 1 g sodyum klorür ilave edilmiştir. Bu işlem sırasında topaklanmayı önlemek için vakit kaybetmeden hızlıca elle çalkalanıp 2 dk vortekslenmiştir. Vorteksleme işleminden sonra santrifüjde 4500 rpm devirde 10 dakika santrifüjlenerek fazlarına ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Üst fazda biriken n-Hekzan tabakası uzaklaştırıldıktan sonra, akrilamidin ekstrakte edildiği orta fazdan 2 ml alınarak, içerisinde 150 mg Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeren 15 ml'lik PTFE falkonlara eklenip 30 dk vortekslenip, karışım tekrar 4500 rpm de 10 dk santrifüjlenmiştir. Falkondaki üst fazdan 2 ml alınıp içerisindeki asetonitril azot altında uçurulmuştur. Kalıntı 500 µl ultrasaf su ile tamamlanır 2 dk vortexlenir ve 0,2 µm şırınga filtreden süzülür, insert vialle alınarak enjeksiyona hazır hale getirilmiştir (Omar vd., 2015).

Leblebi örneklerinden akrilamid ekstraksiyonu ise, 1,0 g leblebi tartılarak üzerine 10 mL saf su ilave edilmiştir. Saf su ilave edilen tüpler vortekslenildikten sonra 30 dakika mekanik karıştırıcıda karışması sağlanmıştır. Karıştırma işleminden sonra 10 °C ye ayarlanmış soğutmalı santrifüj ile 9000 rpm de 15 dk santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstrakt 0,45 µm lik şırınga filtresinden süzüldükten sonra örnekler, analize hazır hale getirilmiştir (Galani vd. 2017).

- **Cihaz şartları**

Kuruyemiş örnekleri için LC MS/MS cihazı çalışma programı Çizelge 3.6'da, akrilamid standardının SRM (Sertifikalı Referans Madde) iyon ve enerjileri Çizelge 3.7'de belirtilmiştir.

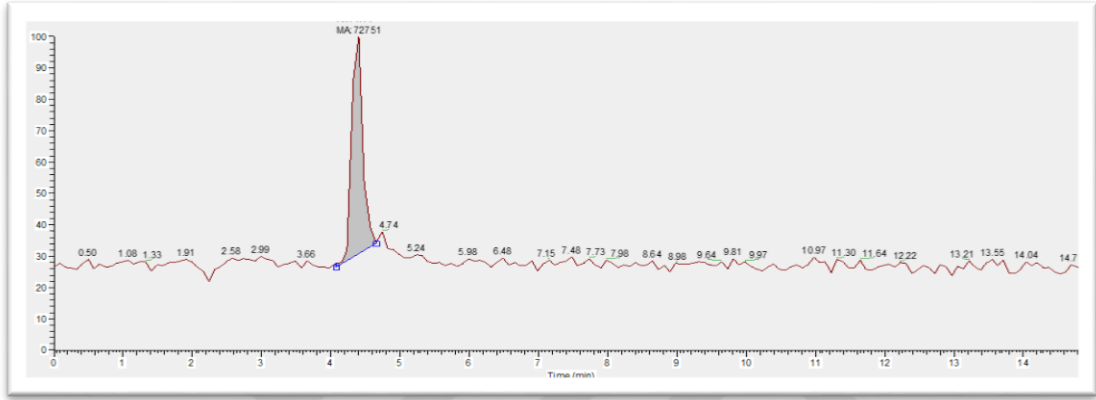
Çizelge 3.6. LC MS/MS Akrilamid analizi çalışma koşulları

Solvent Programı	Dakika	% A	%B
		(% 0,1 FormikAsitli Su)	(Metanol)
	0	100	0
	15	100	0
Çözücü Akış Hızı	0,2 ml/dk		
Kolon fırını sıcaklığı	30 °C		
Kolon Özellikleri	HYPERSİL GOLD 2,1*200 mm 1,9um kolon		
Enjeksiyon hacmi	20 µL		
Kapiler sıcaklığı	300 °C		
Buharlaştırıcı Sıcaklığı	300 °C		
Sheat Gaz Basıncı	35 Arb		
Aux Gaz Basıncı	10 Arb		
Sprey Voltajı (Pozitif Polarite)	4000 V		
Sprey Voltajı (Negatif Polarite)	2500 V		
Deşarj Akımı	4 µA		

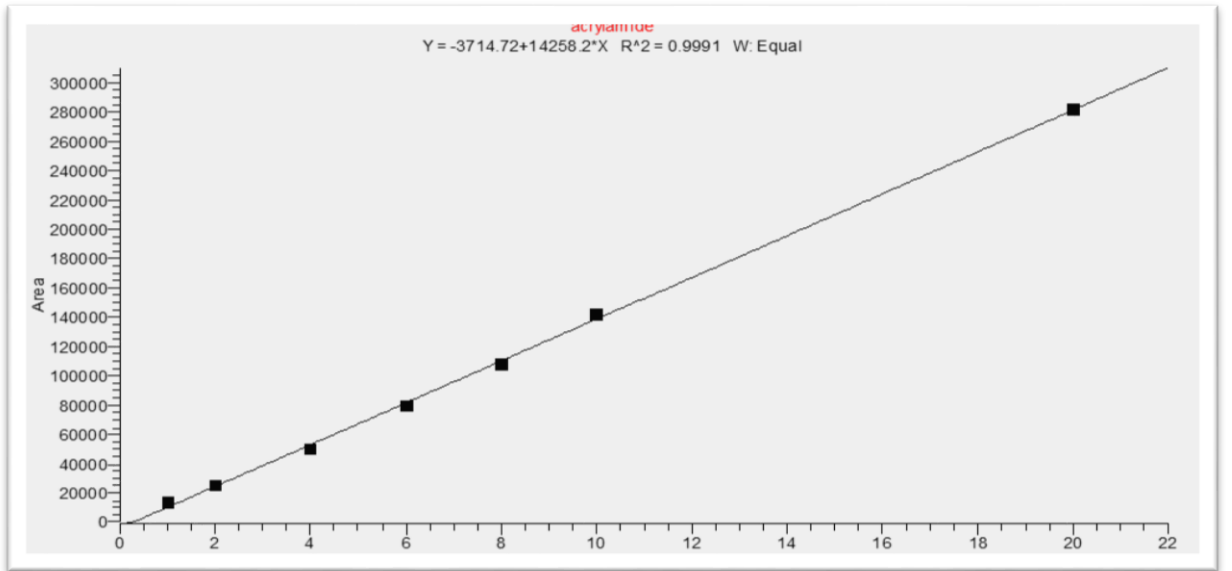
Çizelge 3.7. Akrilamid standardının SRM (Sertifikalı Referans Madde) iyon ve enerjileri

Parent	Product	Collision Energy	Polarity
72,14	44,45	30	+
	55,38	11	+

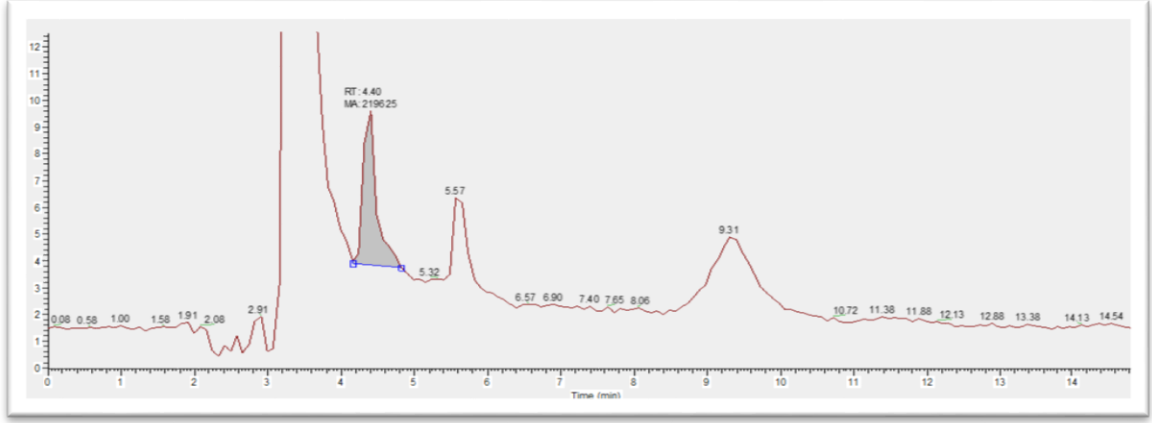
Bu amaçla LC-MS/MS cihazında akrilamid standardından elde edilen Şekil 3.15'deki kromotogram incelenmiş ve belirlenen koşullar altında akrilamid 4,41. dakika da pik vermiştir. Ardından cihaza 1 – 2 – 4 – 6 – 10 – 20 ppb konsantrasyonlarında akrilamid verilerek pik alanından kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir (Şekil 3.16). Daha sonra belirttiğimiz ekstraksiyon metodu ile numunelerden ekstrakte edilen akrilamid üzerine analizler gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.17'de 175 °C'de 30 dk kavrulmuş leblebiden elde edilen akrilamid kromotogramı örnek olarak belirtilmektedir.



Şekil 3.15. 20 ppb akrilamid standardına ait kromotogram



Şekil 3.16. Akrilamid konsantrasyonu belirlenmesi analizlerinde kullanılan kalibrasyon grafiği



Şekil 3.17. Kuruyemiş örneğinden izole edile akrilamide ait kromatogram

Elde edilen sonuçlar da kavurma koşullarını akrilamid artışına etkisini yüzdesel olarak değerlendirme amacı ile Formül 3.2'ye göre % artış miktarı hesaplanmıştır.

$$\% \text{ akrilamid artışı} = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (3.2.)$$

A: Kontrol numunesinde ki akrilamid konsantrasyonu

B: Örnekte ki akrilamid konsantrasyonu

### 3.2.6. Elementel İçerik Analizi

Badem, fındık, kaju ve leblebide Ag, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Zn, P, Se, Cr ve Pb miktarı analizleri eş zamanlı indüktif eşleşmiş plazma - optik emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazı (Thermo Scientific iCap 6000 Dual view, Cambridge, İngiltere), K ve Cd miktarı analizleri ise alevli atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) (Thermo Scientific iCE 3000 Series, Cambridge, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir. Çözündürme işlemi mikrodalga yakma sistemi (Berghof Instruments, Speedwave, Almanya) ile gerçekleştirilmiştir.

- **Yaş yakma işlemi**

Çalışmada kullanılan kuruyemişlerin çiğ örnekleri öğütülüp homojenize hale getirildikten sonra etüvde 105 °C'de 1 saat kurutulularak 0,01 g hassasiyette 0,3 g tartılmıştır. Tartılan örnekler teflon kaplara aktarıldıktan sonra üzerine % 65 (m/V)'lik HNO<sub>3</sub> (Sigma-Aldrich, USA) ve 5 ml ve % 30'luk H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Merck, Germany) 2 ml eklenerek cam baget ile



karıştırılmıştır. Karıştırmadan sonra gaz çıkışı için en az 10 dk beklenmiştir. Daha sonra kapakları kapatılan teflon kaplar mikrodalga yakma ünitesine konmuş ve Çizelge 3.8’de belirtilen programa göre yakma işlemi 3 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir (Muller vd., 2014).

Çizelge 3.8. Mikrodalga yakma sistemi çalışma programı

Aşama	Sıcaklık [°C]	Basınç [bar]	Süre [dk]	Güç [%]
1	170	30	5	80
2	200	35	15	90
3	50	25	10	0

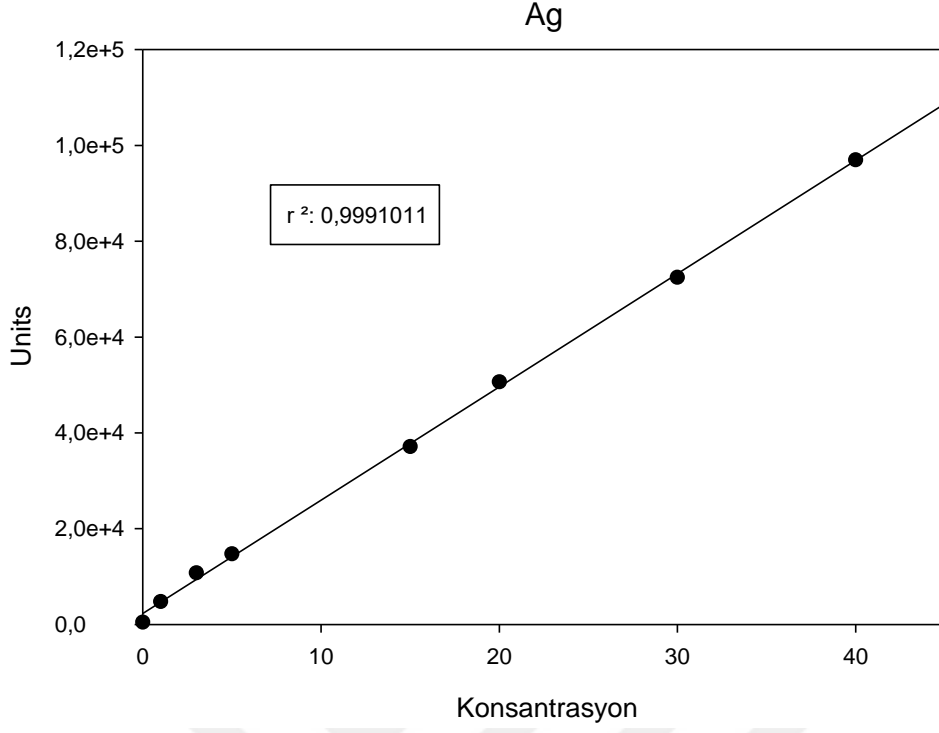
Yakma işleminin bitmesinin ardından soğuyan renkli çözeltiler polipropilen tüplere transfer edilerek analize hazır hale getirildi.

- **Cihaz şartları**

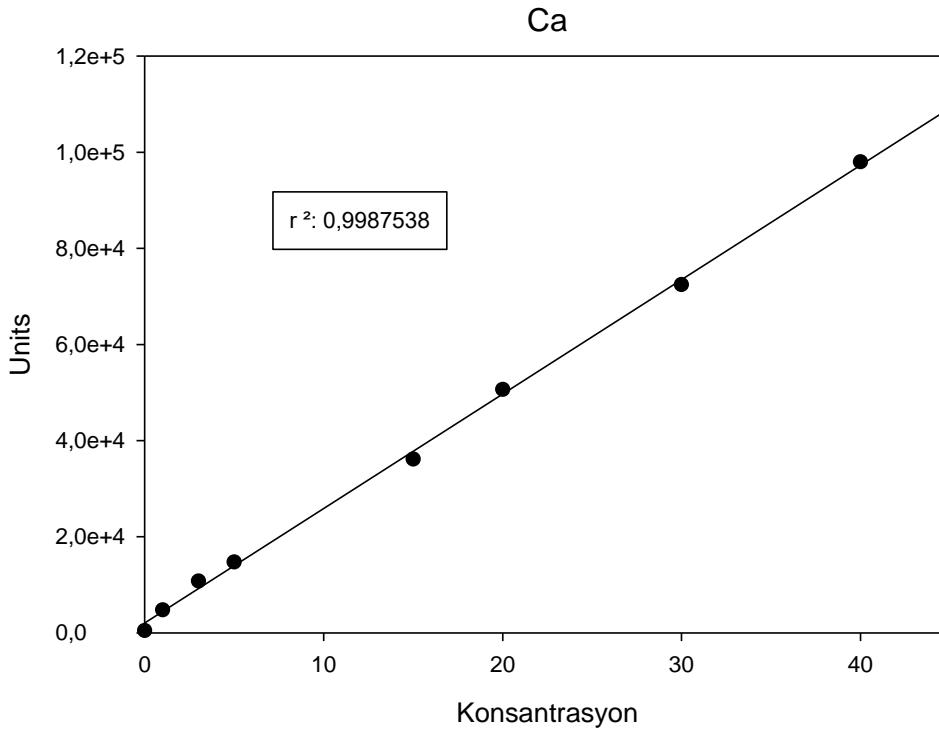
ICP-OES cihazında her bir elementin analizi amacıyla; Ag için 328,0 nm, Ca için 317,9 nm, Cu için 324,7 nm, Fe için 259,9 nm, Mg için 279,5 nm, Mn için 257,6, Na için 588,9 nm, Pb için 220,3 nm, P için 177,4 nm, Se için 196,0 nm, Cr için 283,5 nm ve Zn için 213,8 nm’de analiz gerçekleştirilmiştir. AAS’de analizi yapılan Cd için 228,8 nm ve K için 766,5 nm dalga boyunda analiz gerçekleştirilmiştir.

Belirtilen dalga boylarında kalibrasyon eğrilerini çizmek için ICP-OES’de çalışılan elementler için multi-element standart çözeltisi (Merck, Ürün No: 111355, Almanya) ve AAS’de çalışılan K için K standardı çözeltisi (Chem-Lab, Belgium) ve Cd için Cd standart çözeltisi (Chem-Lab, Belgium) kullanılmıştır. Kalibrasyon eğrisi aralığında analiz yapmak için seyreltme gereken elementlerin analizinde seyreltme işlemi % 5’lik hazırlanan HNO<sub>3</sub> çözeltisi ile gerçekleştirilmiştir (Sezer vd., 2019).

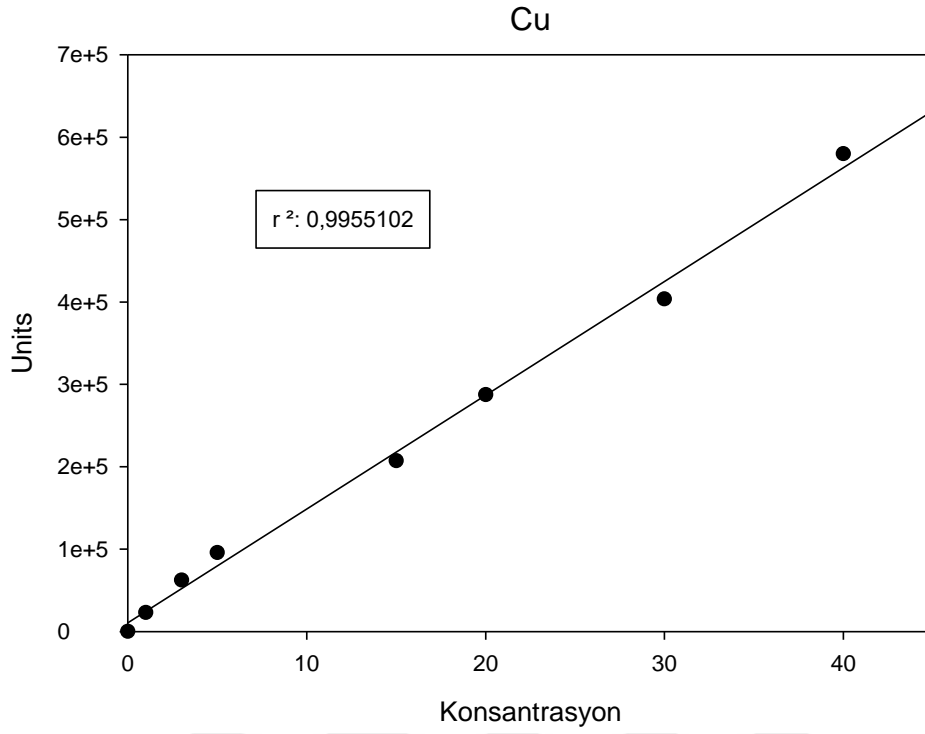
Çizilen kalibrasyon grafikleri, Ag için Şekil 3.18, Ca için Şekil 3.19, Cu için Şekil 3.20, Fe için Şekil 3.21, Mg için Şekil 3.22, Mn için Şekil 3.23, Na için Şekil 3.24, Zn için Şekil 3.25, P için Şekil 3.26, Se için Şekil 3.27, Cr için Şekil 3.28, Pb için Şekil 3.29, K için Şekil 3.30, Cd için Şekil 3.31’de belirtilmiştir. Grafikler de determinasyon katsayısı ( $r^2$ ) 0,99’un üzerinde çalışılmış ve ölçümler belirtilen konsantrasyon aralıklarında gerçekleştirilmiştir.



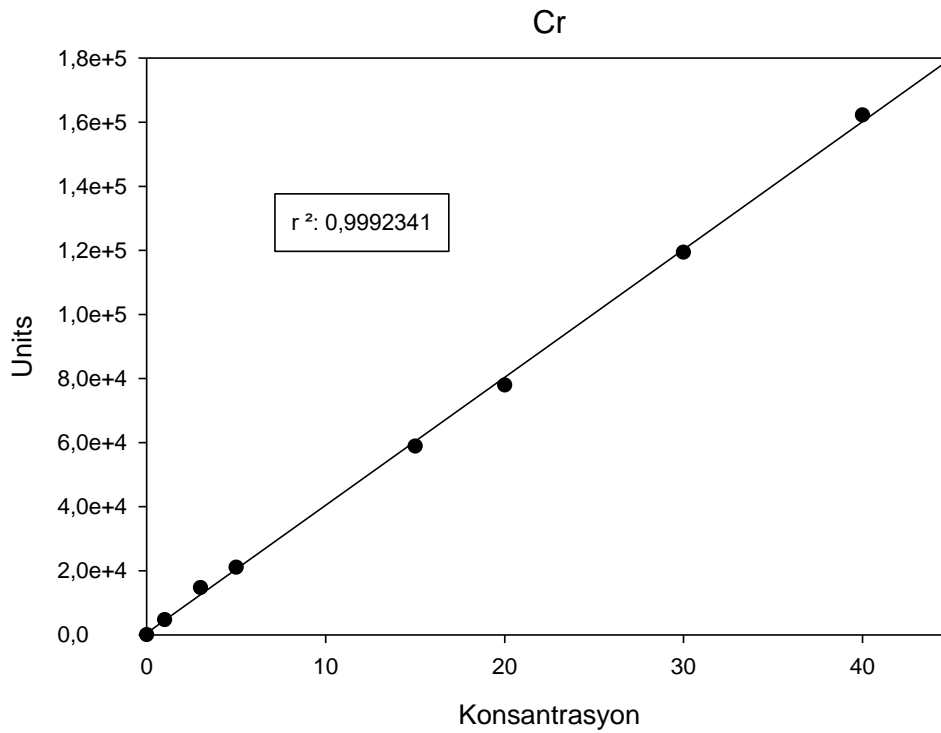
Şekil 3.18. Ag için kalibrasyon grafiği



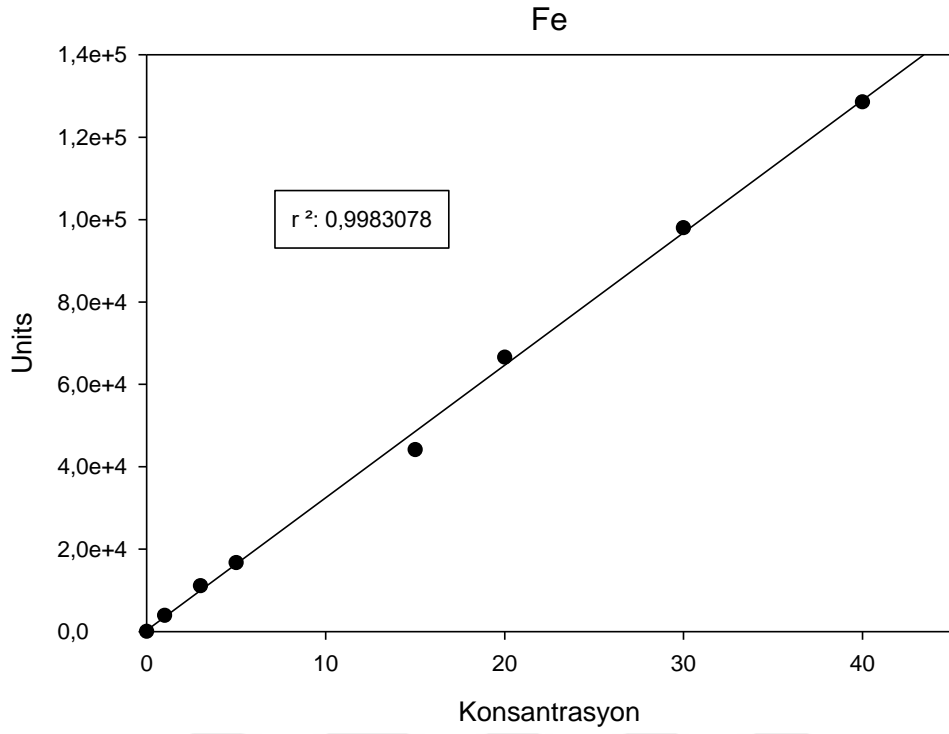
Şekil 3.19. Ca için kalibrasyon grafiği



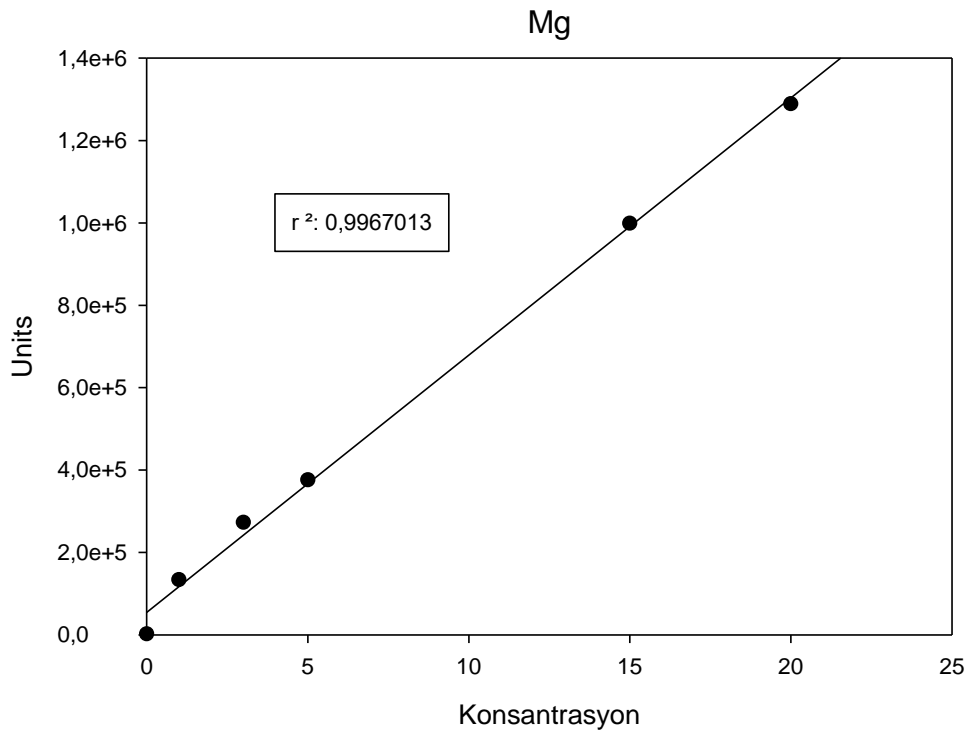
Şekil 3.20. Cu için kalibrasyon grafiği



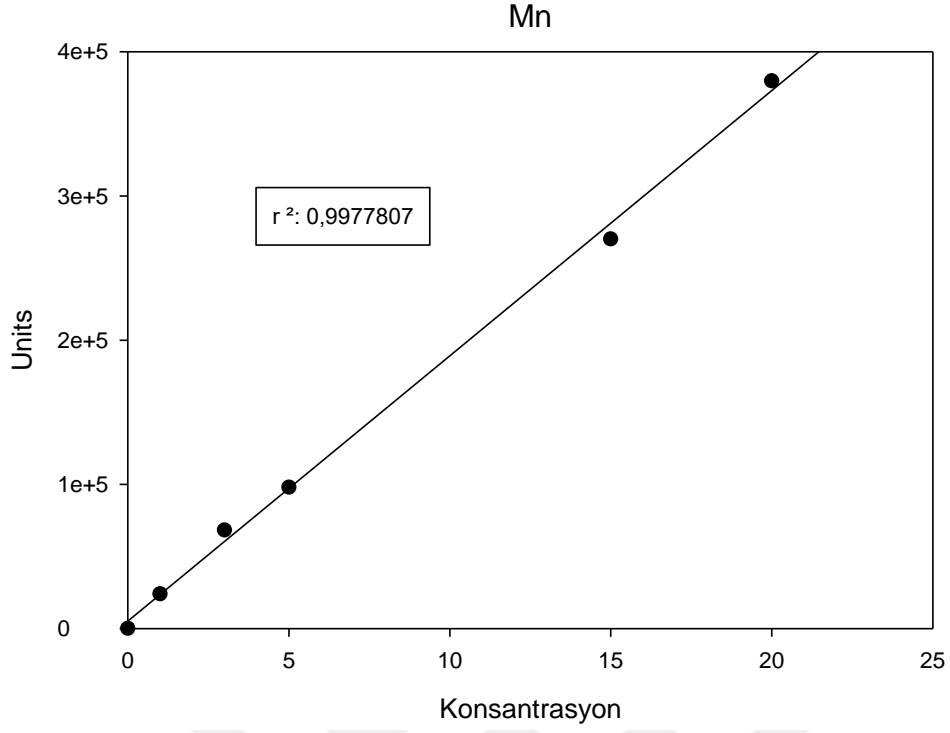
Şekil 3.21. Cr için kalibrasyon grafiği



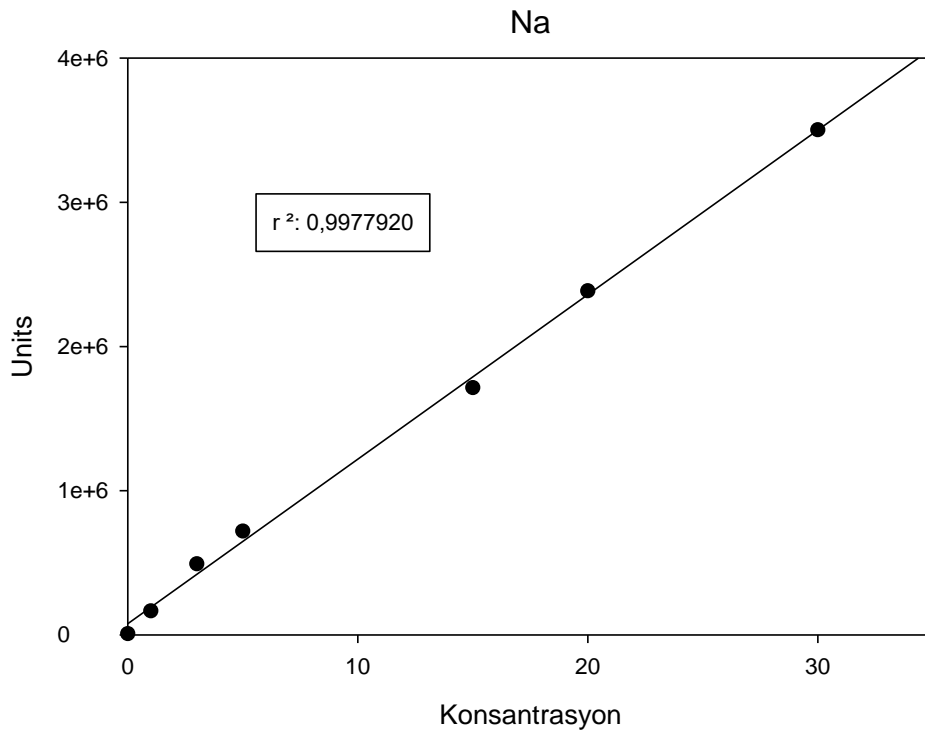
Şekil 3.22. Fe için kalibrasyon grafiği



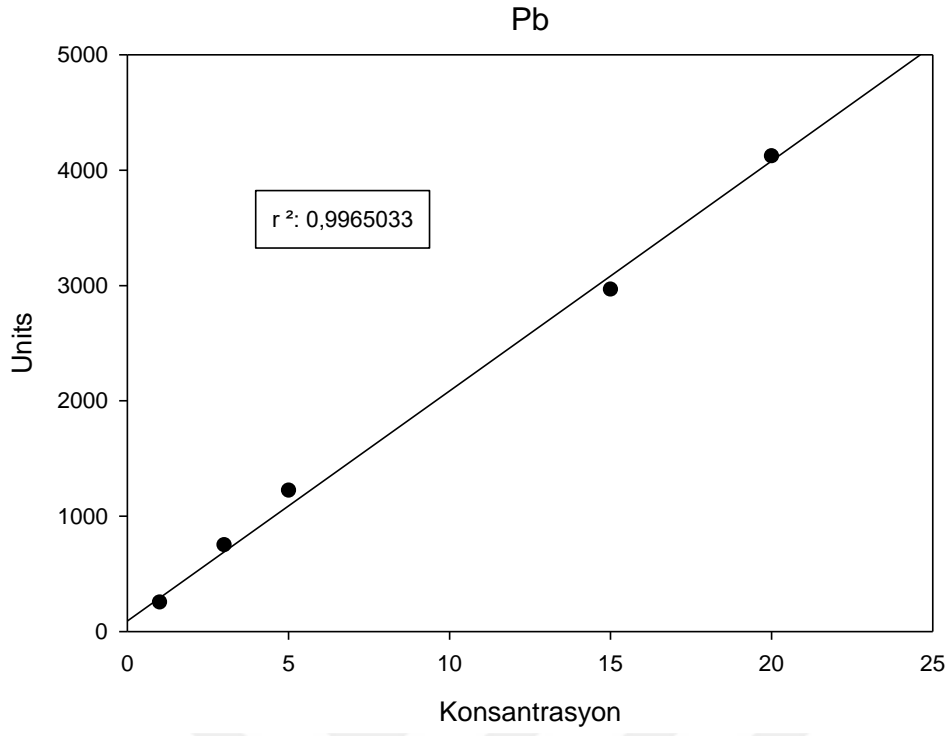
Şekil 3.23. Mg için kalibrasyon grafiği



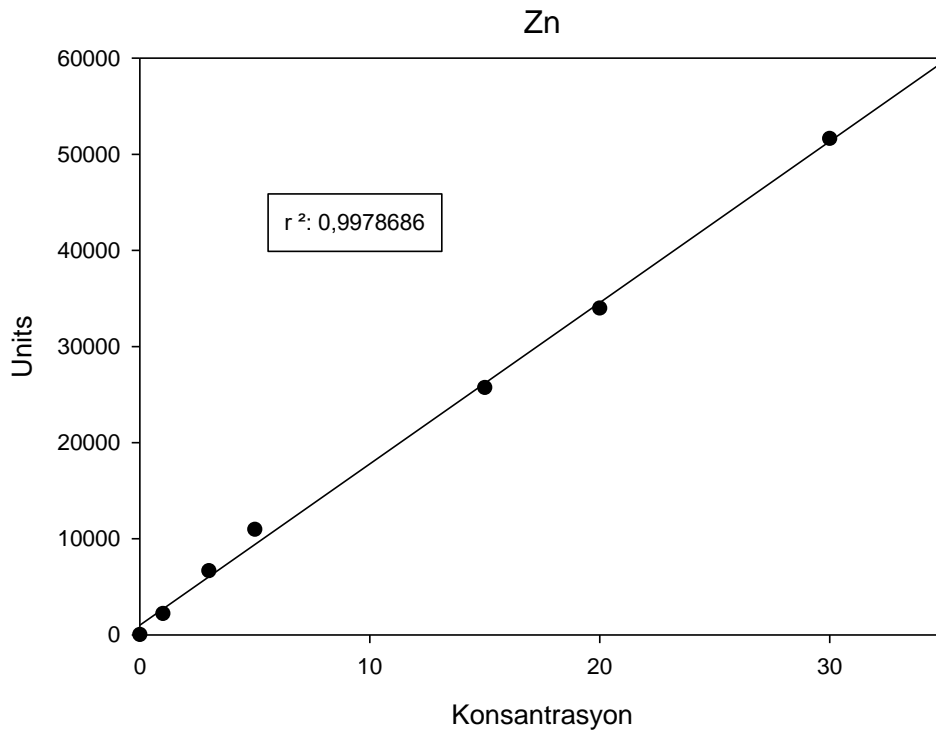
Şekil 3.24. Mn için kalibrasyon grafiği



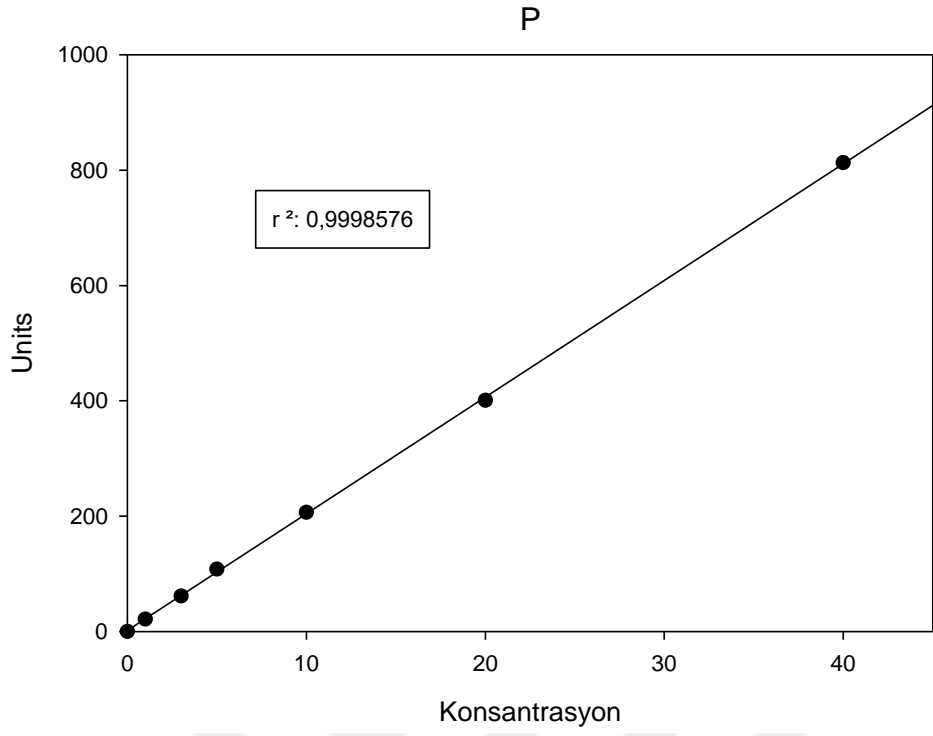
Şekil 3.25. Na için kalibrasyon grafiği



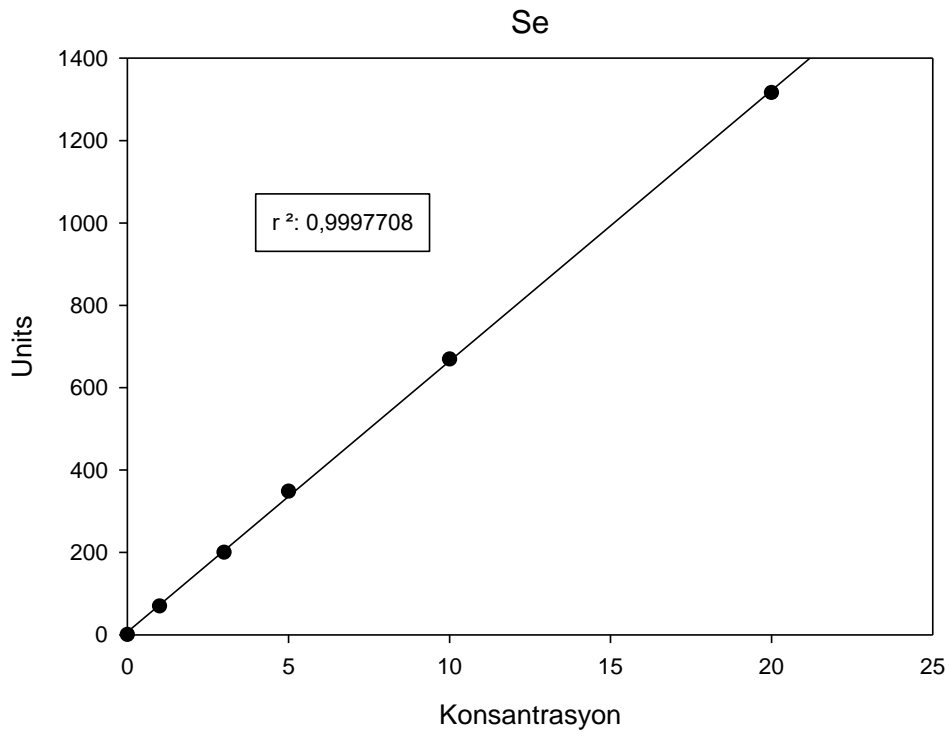
Şekil 3.26. Pb için kalibrasyon grafiği



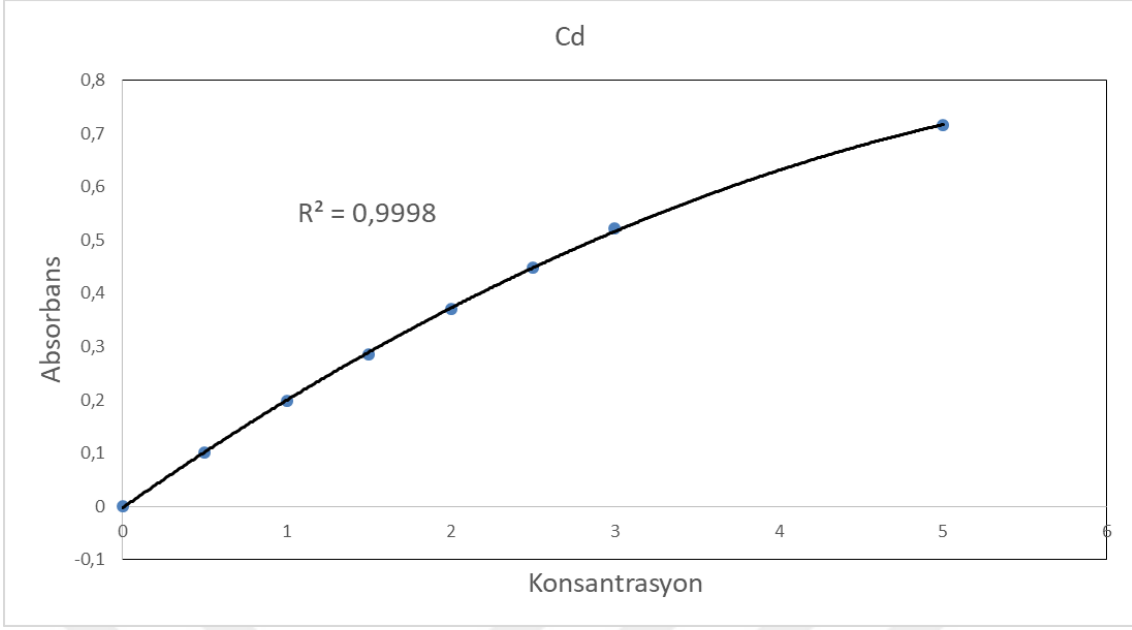
Şekil 3.27. Zn için kalibrasyon grafiği



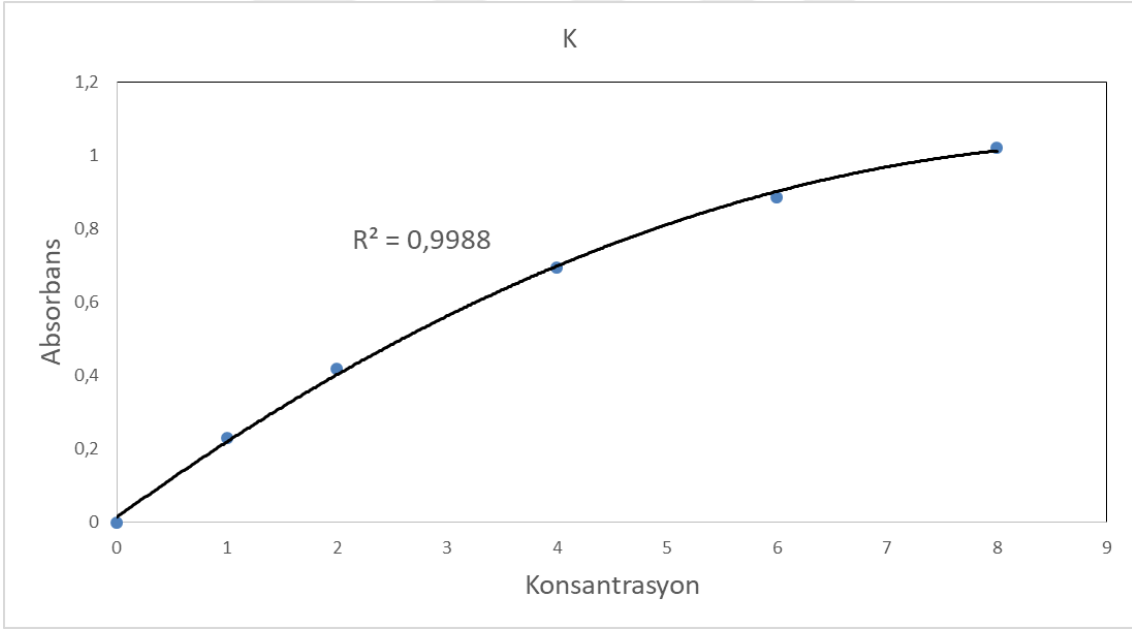
Şekil 3.28. P için kalibrasyon grafiği



Şekil 3.29. Se için kalibrasyon grafiği



Şekil 3.30. Cd için kalibrasyon grafiği



Şekil 3.31. K için kalibrasyon grafiği

Cihazın verdiği sonuçlara göre mikrodalga yakma sonucunda elde edilen sıvıda bulunan element miktarı mg element / L çözücü birimi ile belirlenmiştir. Bu sonuçtan kuruyemişlerde bulunan element konsantrasyonları;



$$A \left( \frac{mg \text{ element}}{kg \text{ kuruyemiş}} \right) = \frac{\left( B \left( \frac{mg \text{ element}}{L \text{ çözelti}} \right) * C \text{ ml çözelti} \right)}{D \text{ g kuruyemiş}} * \frac{1 L}{1000 \text{ ml}} * \frac{1000 g}{1 kg} * SK$$

A: Kuruyemişte bulunan elementin konsantrasyonu

B: Cihazdan okunan değer

C: Yaş yakma sırasında kullanılan çözücü miktarı (5 mL HNO<sub>3</sub> + 0,5 mL (m/v) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

D: Tartılan örnek miktarı

SK: Seyreltme katsayısı

formülü ile belirlenmiştir. Sonuçlar ppm (mg element / kg kuruyemiş) birimi ile raporlanmıştır.

### 3.2.7. *İn-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirlik analizi

Badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinde *in-vitro* sindirim işlemi gerçekleştirilerek emilen Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, Se ve Zn elementlerinin miktarı belirlenmiş ve buna göre belirtilen minerallerin *İn-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirlikleri analizi hesaplanmıştır.

2,5 g kuruyemiş örneği 0,01 g hassasiyette tartılarak polipropilen falkon tüplere konularak üzerine 25 ml deiyonize su eklenmiştir. Pepsin ilavesinden önce pepsinin optimum çalışma koşullarını sağlamak için (mide ortamı) önceden hazırlanan 0,1 N HCl eklenerek ortam pH'sı 2,0'a ayarlanmıştır. Analizlerde katı pepsin (Sigma-Aldrich, Ürün No: P-7000, USA) kullanılmıştır. Pepsin ortama eklenmeden önce 0,2 g tartılarak 5 ml 0,1 N HCl çözeltisiyle çözülmüştür (Etcheverry vd., 2004). pH 2,0'a ayarlanan örneklerin üzerine 0,125 ml pepsin eklenerek 37 °C'de (vücut sıcaklığı) 2 saat çalkalama su banyosunda inkübe edildi. İnkübasyonun sonunda alınan örneklerin pH'sı 1 M NaHCO<sub>3</sub> çözeltisi ile 6,8 – 7,0'a ayarlandı. Ardından ortama 0,35 ml pankreatin (0,05 g pankreatin (Sigma-Aldrich, Ürün No: P-1750, USA) 25 ml 0,1 M NaHCO<sub>3</sub> ile çözümlenerek hazırlandı) eklenerek çalkalamalı su banyosunda 4 saat 37 ° C'de inkübasyona bırakılarak sindirim gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.32'de sindirim işlemi sırasında örnekler gösterilmektedir.



Şekil 3.32. Sindirim sırasında örnekler

*a: Pepsin eklenmiş numune*

*b: Pankreatin eklenmiş numuneler*

*c: Santrifüj işleminden sonra numunler*

İnkübasyondan sonra örneklerin hacmi ultra saf su 50 ml'ye tamamlanmış ve 20 dk boyunca 15,100 xg hızında santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra süpernetant Whatmann filtre kağıdı ile süzüldü. Son olarak cihaza verilmeden önce örnekler 0,45 µ şırınga filtreden geçirildi (Aribas, Kahraman, ve Koxsel, 2020).

Elde edilen renksiz, berrak örneklerde elementel içerik analizinde belirtilen koşullarda element analizi yapılarak Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, Se ve Zn elementleri için emilen miktarlar belirlenmiştir.

*In-vitro* mineral biyoyararlanımı, miktarın enzimatik sindirim sırasında salınan mineralin toplamının, örnekte bulunan mineralin miktarına oranı olarak ifade edilmektedir. Bunun için % mineral biyoerişelirlik değerleri de Formül 3.4 ile hesaplanmıştır. (Klepacka, Najda, ve Klimek, 2020).

*% Mineral Biyoerişebilirlik*

$$= \frac{\text{Enzimatik yıkım sonucu dializlenebilen element konsantrasyonu (ppm)}}{\text{Örnekte bulunan toplam element konsantrasyonu (ppm)}} \times 100 \quad (3.4)$$

### **3.2.8. Duyusal Analiz**

Çalışma kapsamında üretilen badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin tüketici beğenisini ne ölçüde karşıladığını belirlemek amacı ile 10 panelistin katılımı ile duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Panelistlere kuruyemişlerin beklentilerini ne ölçüde karşıladığını 10 üzerinden puanlandırması istenmiştir. Panelistlerce kuruyemişler, 0: Hiç beğenmedim, tüketilemez – 10: Tamamiyle beklentimi karşıladı olarak değerlendirilmiştir.

### **3.2.9. İstatistiksel Analiz**

Araştırma sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla, istatistiksel analizlerin yapılmasında IBM SPSS Statistics 22.0 paket programı kullanılmıştır. Verilere varyans analizi uygulanarak, farklılıklar % 5 güven aralığında ( $p < 0.05$ ) belirlenmiştir. Varyasyon kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan's Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Önemli bulunan değişiklikler farklı harflerle gruplandırılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

### 4.1. % Nem ve su aktivitesi analiz sonuçları

Tez çalışması kapsamında farklı sıcaklık ve sürelerde kavruan badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin % nem miktarları ve su aktivitesi değerleri belirlenmiş ve sonuçlar badem için Çizelge 4.1, fındık için Çizelge 4.2, kaju için Çizelge 4.3 ve leblebi için Çizelge 4.4’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı kavurma koşullarının bademin % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi

Uygulanan İşlem	Nem Miktarı (%)	aw
Kontrol	4,28±0,08a	0,424±0,002ab
140 °C 20 dk	2,64±0,01b	0,422±0,004ab
140 °C 25 dk	2,20±0,04d	0,391±0,000d
140 °C 30 dk	1,97±0,04f	0,397±0,003d
160 °C 15 dk	2,67±0,02b	0,399±0,000d
160 °C 20 dk	2,15±0,04de	0,418±0,002bc
160 °C 25 dk	2,04±0,05ef	0,424±0,006ab
180 °C 10 dk	2,75±0,05b	0,422±0,002ab
180 °C 15 dk	2,51±0,00c	0,429±0,002a
180 °C 20 dk	2,45±0,02c	0,410±0,001c

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.2. Farklı kavurma koşullarının fındığın % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi

Uygulanan İşlem	Nem (%)	Su Aktivitesi
Kontrol	3,61±0,02a	0,428±0,000a
140 °C 25 dk	2,43±0,12b	0,428±0,000a
140 °C 30 dk	1,71±0,05d	0,399±0,001f
140 °C 35 dk	1,44±0,03e	0,400±0,000e
160 °C 18 dk	1,88±0,00c	0,409±0,000b
160 °C 25 dk	1,51±0,04e	0,407±0,000c
160 °C 32 dk	1,29±0,03f	0,408±0,000c
180 °C 15 dk	1,73±0,01d	0,429±0,000a
180 °C 20 dk	1,56±0,01e	0,406±0,000cd
180 °C 25 dk	1,50±0,00e	0,405±0,002d

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.3. Farklı kavurma koşullarının kajuunun % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi

Uygulanan İşlem	Nem (%)	aw
Kontrol	4,25±0,06a	0,467±0,000a
135 °C 20 dk	3,34±0,04b	0,455±0,001b
135 °C 30 dk	2,99±0,03cd	0,466±0,001a
135 °C 40 dk	2,55±0,06e	0,406±0,002g
155 °C 13 dk	3,08±0,04c	0,416±0,002f
155 °C 20 dk	2,69±0,02e	0,415±0,002f
155 °C 25 dk	2,28±0,08f	0,432±0,000c
175 °C 8 dk	3,41±0,06b	0,425±0,001de
175 °C 15 dk	2,89±0,01d	0,427±0,001d
175 °C 20 dk	1,99±0,099g	0,422±0,000e

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.4. Farklı kavurma koşullarının leblebinin % nem miktarı ve su aktivitesine etkisi

Uygulanan İşlem	Nem (%)	aw
Kontrol	7,96±0,04a	0,351±0,000a
150 °C 20 dk	5,15±0,04c	0,356±0,005a
150 °C 30 dk	4,97±0,02e	0,35±0,001a
150 °C 40 dk	4,85±0,03f	0,356±0,002a
175 °C 10 dk	5,29±0,01b	0,309±0,002c
175 °C 20 dk	5,12±0,02cd	0,333±0,011b
175 °C 30 dk	4,99±0,01de	0,306±0,006c
195 °C 10 dk	5,37±0,02b	0,305±0,002c
195 °C 15 dk	5,08±0,09cde	0,307±0,002c
195 °C 20 dk	4,75±0,06f	0,302±0,001c

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre, kavurma işleminin sıcaklığı ve süresi arttıkça % nem miktarının azaldığı görülmüştür. Kavurma sıcaklığı ve süresine bağlı olarak %nem miktarındaki bu azalma beklenen bir durumdur (Mohammad vd., 2020). Çalışma sonuçlarına göre badem, fındık ve kaju için kontrol grubu (çiğ örnekler) numunelerde nem oranı sırası ile % 4,28, % 3,61 ve % 4,25 olarak belirlenmiştir. Kavurma işlemi sonrasında %nem değeri sıcaklık ve süreye bağlı olarak değişmekle birlikte badem için % 2,45, fındık için % 1,50 ve kaju için % 1,99 'a kadar düşmüştür.

Çalışma sırasında badem, fındık ve kaju çiğ olarak alınıp, ardından kavrulurken geleneksel yöntem gereği leblebide kavurma öncesi nem ayarlaması yapılmıştır (Sağlam ve Aseydim 2017). Leblebinin, geleneksel kavurma işlemi gereği % nem miktarı dışarıdan su ilave edilerek kavurma öncesinde yaklaşık % 8'e ayarlanmıştır. Yapılan hesaplamalarda dışarıdan su ekmeden önce leblebide nem oranı % 4,61 olarak belirlenmiş ve damlacık yöntemiyle dışarıdan eklenen su miktarı buna göre belirlenmiştir. Kavurma işlemi sonucunda leblebideki nem miktarı % 4,75'e kadar düşmüştür.

Birçok kuruyemiş gibi badem, fındık, kaju ve leblebinin de su aktivitesi değeri düşüktür, bu sebeple mikroorganizmaların gelişimini desteklememektedir (Podolak vd., 2010; Coşkuner ve Karababa, 2004). En düşük su aktivitesinde gelişebilen kserofilik mikroorganizmaların 0,65 su aktivitesi değerinin altında gelişim gösteremediği bildirilmiştir (Demirci, 2014). Su aktivitesi değeri kontrol grubu ve kavurma işlemi uygulanan bademlerde 0,424 – 0,391, fındıklarda 0,428 – 0,399, kajularda 0,467 – 0,415 ve leblebilerde 0,356 – 0,305 arasında değişen değerler almıştır. Her bir kuruyemiş örneği için de kontrol grubu numuneler için su aktivitesi değeri istatistiksel olarak en yüksek değeri almıştır ( $p < 0,05$ ). Su aktivitesinin kavurma işlemi ile birlikte bir miktar azaldığı görülmüştür. Farklı kavurma sıcaklığı ve süresi uygulanan kuruyemişlerin su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ( $p < 0,05$ ) farklılıklar belirlenmiştir. Badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin su aktivitesi değerlerinde kontrol grubuna kıyasla kavurma işlemi ile birlikte bir miktar azalma görülmektedir.

Hiçbir kuruyemiş örneğinde su aktivitesi 0,65 değerinden yüksek bulunmamıştır. Ancak bazı patojenlerin düşük su aktivitesi gibi ekstrem koşullarda bile korunarak hayatta kaldığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Podolak, vd. 2010). ABD ve Kanada'da iki salmonellozis salgını çiğ badem tüketimiyle ilişkilendirilmiştir. İlk salgın 2000 ve 2001'de Kanada'da meydana gelmiş ve ardından ABD ve Kanada'ya yayılan ikinci bir salgın 2003-2004'te gerçekleşmiştir (CDC, 2004; Chan vd., 2002; Isaacs vd., 2005). Bu sebeple bu kuruyemişlerin de mikrobiyal yükleri mutlaka takip edilmelidir (Mohammad vd., 2020).

Kavurma işlemi ile birlikte nem miktarındaki azalmayı inceleyen bir diğer çalışmada, Ulay ve Uner (2003) Trabzon fındığı örneklerini 135 °C'de 10, 15, 20, 25 ve 30 dk kavurmuşlardır. Yaptıkları çalışma sonuçlarına göre kavurma süresinin fındığın nemini azalttığını belirtmişlerdir. Çiğ fındıkta % nem oranını % 5,43 olarak belirlenirken; 30. dakikanın sonunda % nem miktarı % 1,45'e düşmüştür.

Saklar, Katnas, ve Urgan (2001), yaptıkları çalışmada fındığın ideal kavurma koşullarını belirlemek amacı ile bir çok farklı sıcaklık ve süre kombinasyonuna bağlı fındıkta oluşan değişimleri incelemişlerdir. Çalışmalarında kavurma işlemi öncesi fındıklarında % 5,2 olan nem miktarı, kavurma işlemi ile % 0,18 - % 3,14 arasında değişen değerlere düştüğü belirtilmiştir.

Coşkuner ve Karababa (2004), leblebi üzerine yaptıkları çalışmada leblebinin son kavurma öncesi % 7,42 olan nem miktarının kavurma işlemi ile birlikte % 6,02'ye indiğini bildirmişlerdir.

Ogunsina ve Bamgboye (2012) çalışmalarında kajunun nem içeriğini ve kavurma işlemine bağlı olarak nem içeriğindeki değişimi incelemişlerdir. Kavurma işlemi öncesi kajular % 8,34 olan nem miktarının kavurma işlemi ile beraber % 56,06 kadar azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında kajunun şeklinin kavurma ile kaybettiği nem miktarına etki ettiğini belirtmişlerdir.

de Oliveira Gonçaves vd. (2020)'nin Brezilya'da bulunan ve piyasada satılan kavurulmuş bademler üzerine yaptıkları çalışmalarında çiğ bademin su aktivitesini 0,39 ve nem değerini % 2,17 olarak belirtmişlerdir.

#### **4.2. Renk analizi sonuçları**

Badem, fındık, kaju ve leblebide kavurma koşullarının değişmesi ile oluşan renk farklılığını belirlemek amacı ile renk analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarında belirtilen Hunter renk skalasında yüksek L değeri (100 – 51) beyazı (ışığı) ve düşük L değeri (50 – 0) siyahı (koyuluğu), +a\* değeri kırmızı rengi, -a\* değeri ise yeşil rengi, +b\* değeri sarı rengi, -b\* değeri ise mavi rengi belirtmektedir (Pattee, Giesbrecht, ve Young 1991).

- **Farklı kavurma koşullarının bademin renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi**

Bademde kavurma sırasında sıcaklık ve süre parametrelerine bağlı olarak tespit edilen renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) Çizelge 4.5'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.5'e göre en yüksek L değeri 140 °C'de 20 dk ve 160 °C'de 15 dk işlem gören bademlerde belirlenmiştir. Her 3 sıcaklık değeri için de sürenin artmasına bağlı olarak L değerinde azalma görülmektedir ancak 180 °C'de 10 ve 15 dk işlem gören numuneler arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Sıcaklığın etkisini incelemek amacı ile her 3 sıcaklık değeri için de 20 dk'luk işlem süresi incelendiğinde; L değerinde 140 ve 160 °C arasında anlamlı bir fark görülmezken 180 °C'de istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş görülmüştür ( $p<0,05$ ). Renk parametrelerinden a değerinde bademde kavurma işlemi ile istatistiksel açıdan önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir ( $p<0,05$ ). Kavurma sıcaklığına bağlı olarak b değerinde istatistiksel olarak büyük bir fark belirlenmemiştir ( $p<0,05$ ). Sürenin etkisi incelendiğinde ise



140 ve 160 °C’de yapılan işlemler için süre ile beraber kısmen bir azalma görülse de 180 °’de yapılan kavurma işleminin süresi arttıkça b değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenememiştir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.5. Farklı kavurma koşullarının bademin renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi

Uygulanan İşlem	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol	52,94±1,08ab	18,29±0,60a	33,06±0,83ab
140 °C 20 dk	57,27±0,46a	18,86±0,23a	35,68±0,10a
140 °C 25 dk	52,13±2,40ab	18,59±0,59a	31,56±0,94abc
140 °C 30 dk	47,07±1,33b	17,36±0,98a	26,28±2,15c
160 °C 15 dk	56,09±1,66a	18,07±0,52a	33,24±0,45ab
160 °C 20 dk	51,06±0,43ab	18,24±0,24a	29,95±0,59abc
160 °C 25 dk	48,48±2,42b	18,19±0,81a	27,93±1,64bc
180 °C 10 dk	53,64±2,41ab	19,34±0,70a	30,95±2,22abc
180 °C 15 dk	52,24±4,32ab	18,85±0,82a	32,14±2,16abc
180 °C 20 dk	48,94±1,54b	17,89±0,09a	30,14±3,48abc

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

- **Farklı kavurma koşullarının fındığın renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi**

Farklı kavurma koşullarının fındığın renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi Çizelge 4.6’da belirtilmiştir.

Fındıkta en düşük L değeri kontrol grubunda 39,92 olarak belirlenmiştir. En yüksek L değeri ise 140 °’de 35 dk’ kavurma işlemi gören fındıklarda belirlense de işlem süresine bağlı olarak belirli bir artış veya azalış trendi belirlenememiştir. Sıcaklığın etkisi için 25 dk ortak kavurma süresi uygulanan örnekler incelendiğinde; sıcaklık arttıkça L değerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaldığı görülmektedir ( $p<0,05$ ). b değeri, L değerine benzer olarak en düşük kontrol grubunda görülmektedir. a değeri içinse en yüksek değer 19,41 olarak kontrol grubu örneklerde tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.6. Farklı kavurma koşullarının fındığın renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi

Uygulanan İşlem	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol	39,92±1,01d	19,41±0,35ab	18,35±0,73d
140 °C 25 dk	82,38±1,76ab	4,69±0,94d	31,86±2,04bc
140 °C 30 dk	80,01±0,12ab	7,19±0,34cd	30,06±4,02bc
140 °C 35 dk	85,13±1,84a	4,98±1,10d	32,39±1,11abc
160 °C 18 dk	71,98±9,38b	6,42±1,49cd	25,04±4,66cd
160 °C 25 dk	78,82±3,65ab	6,97±1,83cd	32,85±1,67abc
160 °C 32 dk	72,25±3,40b	11,62±1,08cd	37,07±0,92ab
180 °C 15 dk	75,14±1,17ab	9,81±1,21cd	35,91±2,17ab
180 °C 20 dk	70,51±2,58b	13,36±1,33bc	40,08±1,16a
180 °C 25 dk	57,04±3,32c	23,89±5,82a	35,38±2,37ab

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

- **Farklı kavurma koşullarının kajunun renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi**

Çizelge 4.7’de kajuya ait renk değerlerinin ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) kontrol grubunda ve farklı kavurma koşullarına göre değişimleri gösterilmiştir.

Kajuda yapılan renk analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak en yüksek L değeri ve en düşük a ve b değerleri kontrol grubunda belirlenmiştir. L değeri her bir kavurma sıcaklığı için (135, 155 ve 175 °C) süre arttıkça anlamlı olarak azalmaktadır ( $p<0,05$ ). 20 dk’lık ortak işlem süresine göre sıcaklığın L değerine etkisi incelendiğinde; 135 °C için kontrol grubuna göre azalma görülmüş, artan sıcaklık değerine karşı L değeri düşmüş ancak 155 ve 175 °C için anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p<0,05$ ). a değerinde kavurma süresinin artmasıyla beraber artış tespit edilmiştir. Sıcaklığın a değerine etkisi incelendiğinde; 20 dk’lık işlem süresi için 155 ve 175 °C arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiş ancak kontrol grubu ve 135 °’de işlem gören kajuya göre artış görülmüştür. b değeri için de, kavruan kajularda kontrol grubuna göre artış tespit edilmiştir. Ancak işlem görmüş numuneler arasında çok büyük bir fark belirlenmemiştir ( $p<0,05$ ). Ölçülen en yüksek b değeri 175 °C’de 15 dk işlem gören kaju numunesinde 37,08 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı kavurma koşullarının kajunun renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi

Uygulanan İşlem	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol	81,73±0,32a	3,36±0,16e	27,31±1,35d
135 °C 20 dk	73,33±0,81abc	6,77±2,35ce	33,49±0,58abcd
135 °C 30 dk	58,79±0,98de	14,96±3,00ab	28,16±4,52cd
135 °C 40 dk	54,16±5,66e	17,35±0,68a	34,07±1,28abcd
155 °C 13 dk	71,21±1,72bc	10,28±1,26bc	32,7±1,36abcd
155 °C 20 dk	59,06±1,82de	15,16±1,47ab	34,91±1,00abc
155 °C 25 dk	54,88±4,36e	18,26±1,64a	28,9±1,89bcd
175 °C 8 dk	74,83±2,16ab	8,45±1,16ce	35,12±1,16ab
175 °C 15 dk	65,71±3,11cd	14,72±1,46ab	37,08±1,42a
175 °C 20 dk	61,01±2,32de	14,2±1,92ab	31,71±2,68abcd

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

• **Farklı kavurma koşullarının leblebinin renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi**

Kavurma koşullarının leblebide renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. 150 °C’de kavruan leblebilerin işlem süresinin L değerine önemli bir etkisi tespit edilmemiştir ( $p<0,05$ ). Leblebi örnekleri için L değerinde 175 °C’de 30. dakikada anlamlı bir değişim saptanmıştır, yine L değerinde 195 °C’de işlem süresinin artmasıyla istatistiksel açıdan önemli bir azalma tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). L değeri 195 °C ve 20 dk’lık kavurma işleminin sonunda en düşük değer olan 57,75’e düşmüştür. Sıcaklığın L değerine etkisi incelendiğinde 20 dk’lık işlem süresi için 150 ve 175 °C’de kavurma işlemleri için anlamlı bir farklılık belirlenememiş, 195 °C’de L değeri önemli miktarda azalmıştır ( $p<0,05$ ). a değeri ise, işlem süresiyle her üç sıcaklık değeri için büyük bir değişim göstermemiş; ancak sıcaklık değerine bağlı olarak anlamlı değerde artmıştır ( $p<0,05$ ). b değeri ise leblebide kavurma işlemine bağlı olarak çok büyük bir değişim oluşturmamıştır ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.8. Farklı kavurma koşullarının leblebinin renk değerlerine ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) etkisi

Uygulanan İşlem	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol	77,16±2,03a	12±1,35c	41,19±2,82a
150 °C 20 dk	76,08±1,67a	11,47±0,85c	38,89±0,08ab
150 °C 30 dk	76,27±1,97a	10,83±1,06c	36,63±1,66ab
150 °C 40 dk	74,5±0,89a	13,71±0,40abc	41,44±0,76a
175 °C 10 dk	73,6±1,89a	12,74±0,90abc	41,36±2,85a
175 °C 20 dk	74,24±2,57a	12,32±0,92bc	37,75±0,20ab
175 °C 30 dk	62,25±1,51bc	15,47±0,69ab	41,27±4,32a
195 °C 10 dk	68,2±5,93ab	15,97±1,10a	33,37±1,84b
195 °C 15 dk	59,79±5,37bc	13,43±0,80abc	33,38±1,74b
195 °C 20 dk	57,75±0,87c	15,99±1,54a	38,64±0,52ab

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Kavurma sırasında sıcaklık ile beraber enzimatik olmayan reaksiyonların sonucunda kuruyemişlerde renk değişimi gerçekleşmektedir. Kavurma işlemi ilerledikçe enzimatik olmayan bir dizi reaksiyon ve karamelizasyon ilerlemekte ve kahverengi renk pigmentleri oluşmaktadır. Bu çalışma sonuçlarına göre de kavurma sıcaklığı ve süresi arttıkça badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinde karamelizasyonun da etkisiyle L değeri azalmış, dolayısı ile koyuluk artmıştır (Pattee, Giesbrecht ve Young, 1991; Saklar, Katnas ve Ungan, 2001). Bu sebeple renk analizi işlem sürecini kontrol etmenin en kolay yollarından biri olarak öne çıkmakta ve renk analizi kavurma işlemi için etkili bir kalite göstergesi olarak değerlendirilmektedir (Saklar vd., 2001).

Şaşmaz (2018), yaptığı çalışmada farklı bağıl nem ortamında kavurdıkları (% 1,9 - % 9,8) fındıklarda kavurma koşullarının (115-155°C ve 10-50 dakika) fındığın kalite parametrelerine etkisini incelemiştir. Elde ettiği sonuçlara göre bizim çalışmamıza benzer olarak kavurma sıcaklığı ve süresi arttığında L değerinin arttığını ve a değerlerinin de azaldığını belirlemiştir. % 1,9 bağıl nem ortamında yaptığı çalışma sonucuna göre L-değeri aralığı 57-77, a-değeri aralığı 2-11 ve b-değeri aralığı ise 29-39 olarak belirlemiştir. % 9,8 bağıl nem ortamında yaptığı çalışma sonucuna göre ise L-değeri aralığı 53-78, a-değeri aralığı 1-13 ve b-

değeri aralığı ise 28-40 olarak bulmuştur. Analiz sonuçları değerlendirmesinde ortam nem oranının renk değerine etkisi olmadığı değerlendirilmiştir.

de Oliveira Gonçaves vd. (2020), çalışmaları sırasında bademin renk parametrelerini incelemiş ve L değerini 52,7, a değerini 12,6 ve b değerini 30,9 olarak belirlemişlerdir.

### 4.3. Tekstür analizi sonuçları

Farklı kavurma koşulları altında kavurulmuş badem, fındık, kaju ve leblebinin sertlik ve kırılabilirlik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan cihaz ve prob'un özelliği gereği sertlik; kuruyemişi kırana kadar kuruyemişin kesici bıçağa uyguladığı geri kuvvet (g) olarak, kırılabilirlik; kesici bıçağın kuruyemişi kırana kadar kuruyemiş içerisinde ilerlediği yol (mm) olarak tanımlanmıştır.

- **Farklı kavurma koşullarının bademin tekstürel özelliklerine etkisi**

Farklı kavurma koşullarının bademin sertlik ve kırılabilirlik değerlerine etkisi Çizelge 4.9'da gösterilmektedir.

Kavurma işleminin süresi arttıkça her üç sıcaklık değeri için de sertlik değeri ve kırılabilirlik değeri azalmış ve bu azalma, istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Kavurma işlemi uygulanmamış kontrol grubu bademlerde sertlik 1411,18 g olarak tespit edilmiştir. En düşük sertlik değeri 273 g olarak 180 °C'de 20 dk kavurma işlemi neticesinde elde edilmiştir. Kavurma sıcaklığının bademin sertliğine etkisini değerlendirmek için her üç sıcaklık değeri için de 20 dk ortak sürede farklı sıcaklıklar uygulanmıştır. Sıcaklık arttıkça sertlik değerinin anlamlı olarak azaldığı görülmektedir ( $p<0,05$ ).

Bademde kırılabilirlik değerinde de sertlik değerine benzer olarak işlem süresi arttıkça azalma tespit edilmiştir. Her üç sıcaklık değeri için de anlamlı bir düşüş görülse de en düşük değer sertlikte olduğu gibi 180 °C'de 20 dk kavurma işlemi sonunda elde edilmiştir (0,21 mm). Kavurma işlemi sıcaklığının, bademin kırılabilirliği üzerine etkisini belirlemek amacı ile 20 dk'da 140, 160 ve 180 °C sıcaklıkları uygulanmış ve bu sıcaklıklar için kırılabilirlik sonuçları sırası ile 1304,7 mm, 938,16 mm ve 273 mm olarak tespit edilmiştir. Sıcaklığın artması ile birlikte kırılabilirlik değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmıştır ( $p<0,05$ ). 140, 160 ve 180 °C için en uzun süreli kavurma işlemi sırasıyla 30, 25 ve 20 dk olarak uygulanmıştır. Her

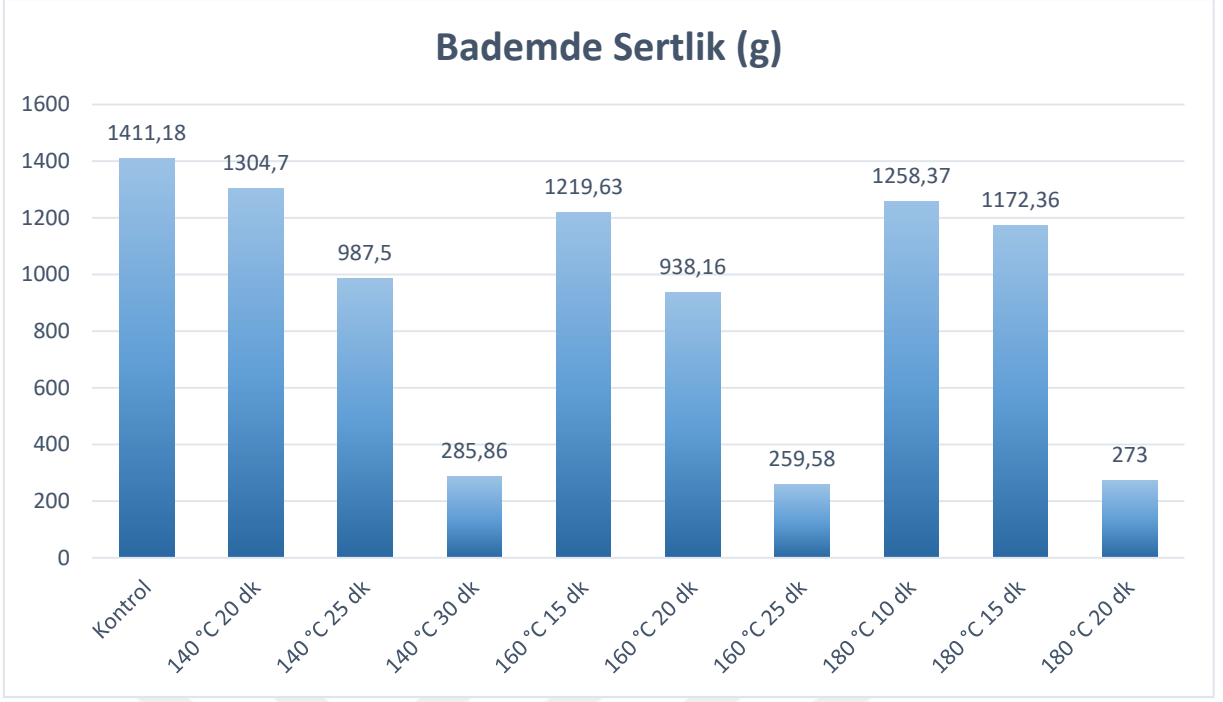
üç sıcaklık değerinde de bu en uzun sürelerde uygulanan işlemler sonucunda oluşan sertlik ve kırılmalık değerleri istatistiksel olarak aralarında fark görülmemiştir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.9. Farklı kavurma koşullarının bademin tekstürel özelliklerine etkisi

Uygulanan İşlem	Sertlik		Kırılmalık	
	Sonuç (g)	Azalma (%)	Sonuç (mm)	Azalma (%)
Kontrol	1411,18±50,43a	-	0,85±0,05a	-
140 °C 20 dk	1304,70±96,07ab	7,5	0,67±0,02bc	21,2
140 °C 25 dk	987,50±95,16c	30,0	0,44±0,07d	48,2
140 °C 30 dk	285,86±17,74d	79,7	0,28±0,03e	67,1
160 °C 15 dk	1219,63±19,52b	13,6	0,72±0,04ab	15,3
160 °C 20 dk	938,16±46,52c	33,5	0,45±0,07d	47,1
160 °C 25 dk	259,58±60,34d	81,6	0,27±0,02e	68,2
180 °C 10 dk	1258,37±21,76ab	10,8	0,64±0,10bc	24,7
180 °C 15 dk	1172,36±39,39b	16,9	0,53±0,03cd	37,6
180 °C 20 dk	273±51,71d	80,7	0,21±0,05e	75,3

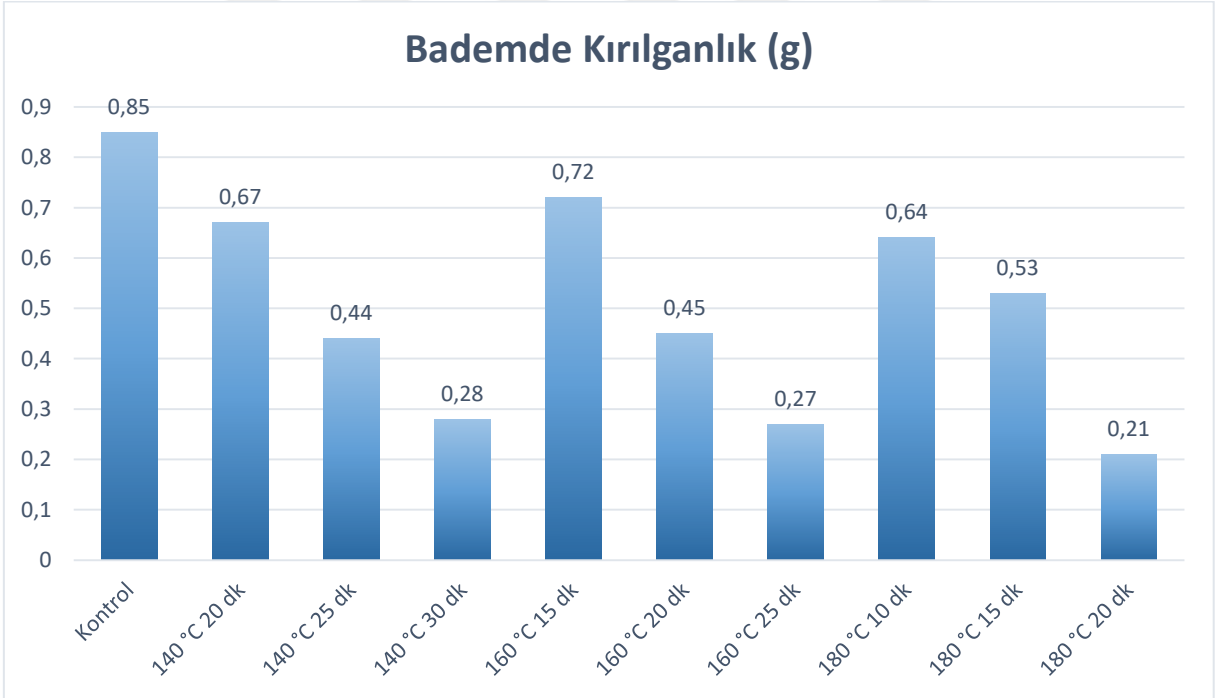
*Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )*

Şekil 4.1’de kavurma koşullarının bademin sertlik değerine etkisi gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Farklı kavurma koşullarının bademin sertliğine etkisi

Kavurma koşullarının bademin kırılmalık değeri Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Farklı kavurma koşullarının bademin kırılmalığına etkisi

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de de görüldüğü gibi her sıcaklık değeri için işlem süresi uzadıkça hem sertlik hem de kırılmalık değeri azalmaktadır.

- **Farklı kavurma koşullarının fındığın tekstürel özelliklerine etkisi**

Fındığın sertlik ve kırılabilirlik özelliklerine, kavurma işleminin etkisi Çizelge 4.10'da belirtilmiştir.

Kontrol grubunda ortalama 926,42 g olan sertlik değeri 160 °C'de 32 dk'luk işlem sonucunda belirlenen en düşük değer olan 241,98 g'a kadar düşmüştür. Kavurma işlemi ile birlikte her üç sıcaklık değeri için de fındıkta sertlik genel olarak azalmıştır ( $p < 0,05$ ). Kavurma işleminin başlangıcında her üç sıcaklık değerinde de sertlik değerinde sert bir düşüş görülmüştür. Öyle ki 140 °C ve 25 dk işlem sonunda sertlik % 49,8 azalarak 465,07 g'a inmiştir. Ancak 140 °C'de 30 ve 35 dk işlem gören fındıklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p < 0,05$ ). Benzer olarak 165 °C, 25 ve 32 dk'luk kavurma işlemleri arasında ve 180°C, 20 ve 25 dk kavurma işlemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p < 0,05$ ). İşlem sıcaklığının fındığın sertliğine etkisini incelemek amacı ile 140 °C, 160 °C ve 180 °C'de ortak olarak 25 dk kavurma işlemi uygulanmış, işlem sonunda sertlik sırası ile 465,04 g, 316,91 g ve 247,62 g olarak belirlenmiştir. Bu verilere göre işlem sıcaklığı arttıkça fındığın sertlik değeri azalmaktadır.

Çizelge 4.10'da belirtilen farklı kavurma koşullarının fındığın kırılabilirliğine etkisi incelendiğinde, sertlik değerinde olduğu gibi kırılabilirliğin de işlem süresi arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Kontrol numunesinde 1,12 mm olan kırılabilirlik değeri, 180 °C ve 25 dk'luk işlem sonunda % 70,5 azalma ile en düşük değer olan 0,33 mm'ye kadar azalmıştır. Uygulanan üç sıcaklığın hepsinde de işlem süresi arttıkça kırılabilirliğin istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca kırılabilirlik değerindeki yüzdesel azalma incelendiğinde; daha yüksek sıcaklık uygulanan kavurma işleminin kırılabilirliği daha hızlı düşürdüğü saptanmıştır. 180 °C'de uygulanan 15, 20 ve 25 dk'luk kavurma işlemlerin de sırası ile % 46,4, % 60,7 ve %70,5'lik bir düşüş görülmüştür. 25 dk'luk kavurma işleminin her üç sıcaklık değeri için kırılabilirliğe etkisi incelendiğinde 140 °C'de kırılabilirlik 0,81 mm, 160 °C'de 0,52 mm ve 180 °C'de 0,33 mm olarak belirlenmiş ve  $p < 0,05$  güven aralığında yapılan istatistiksel değerlendirmede kırılabilirliğin sıcaklık ile anlamlı olarak azaldığı tespit edilmiştir.



Çizelge 4.10. Farklı kavurma koşullarının fındığın tekstürel özelliklerine etkisi

Uygulanan İşlem	Sertlik (g)		Kırılgenlık (mm)	
	Sonuç (g)	Azalma (%)	Sonuç (mm)	Azalma (%)
Kontrol	926,42±74,03a	0,0	1,12±0,04a	0,0
140 °C 25 dk	465,07±12,16b	49,8	0,81±0,07b	27,7
140 °C 30 dk	343,04±10,59c	63,0	0,52±0,05cd	53,6
140 °C 35 dk	285,78±15,73cd	69,2	0,46±0,02de	58,9
160 °C 18 dk	487,23±7,04b	47,4	0,92±0,00b	17,9
160 °C 25 dk	316,91±2,3cd	65,8	0,52±0,04cd	53,6
160 °C 32 dk	241,98±8,18d	73,9	0,34±0,04ef	69,6
180 °C 15 dk	522,91±33,61b	43,6	0,6±0,04c	46,4
180 °C 20 dk	301,94±28,83cd	67,4	0,44±0,03def	60,7
180 °C 25 dk	247,62±14,71d	73,3	0,33±0,03f	70,5

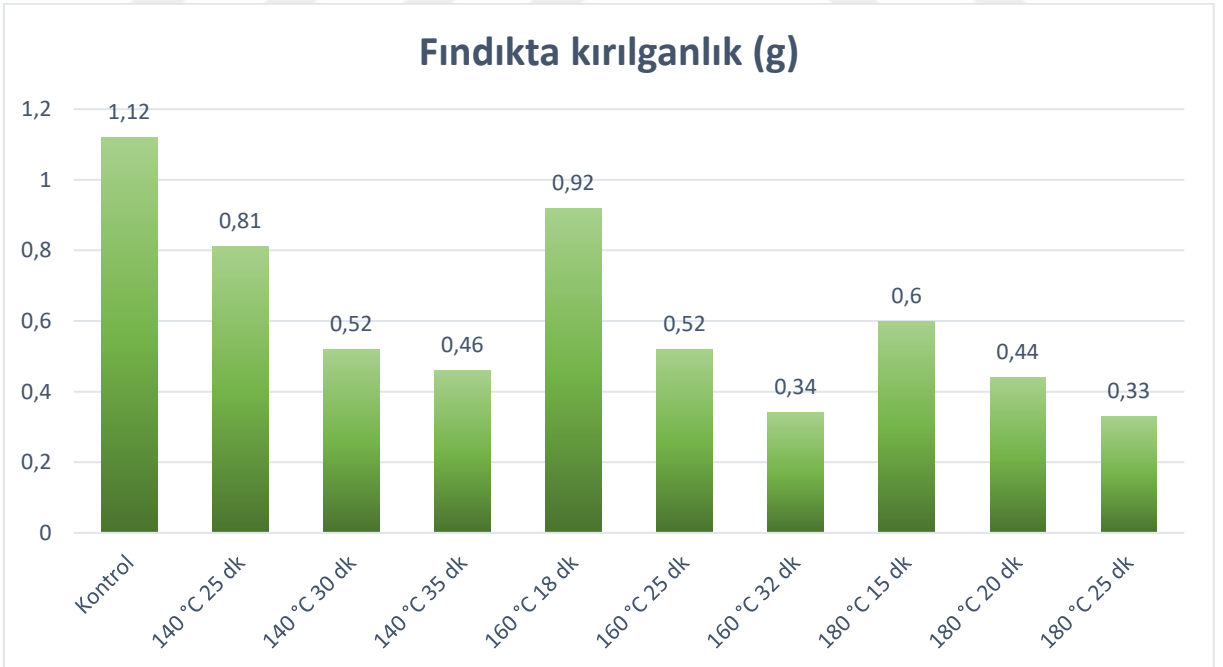
Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

Şekil 4.3’de farklı kavurma koşullarının fındığın sertlik değerine etkisi grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Farklı kavurma koşullarının fındığın sertliğine etkisi

Şekil 4.4'de ise kavurma koşullarının fındığın kırılmalık değerine nasıl etki ettiği gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Farklı kavurma koşullarının fındığın kırılmalık değerine etkisi

- **Farklı kavurma koşullarının kajunun tekstürel özelliklerine etkisi**

Kajunun sertlik ve kırılmalık değerlerine kavurma koşullarının etkisi Çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

Kajunun sertlik değeri en yüksek kontrol grubunda 609,25 g olarak; en düşük ise 186,44 g olarak 135 °C ve 40 dk'lık kavurma işlemi sonucunda elde edilmiştir. Üç sıcaklık değeri için de (135 °C, 155 °C ve 175 °C) kavurma işlemi süresi arttıkça kajunun sertliği istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır ( $p<0,05$ ). Örneğin 175 °C'de uygulanan 8 dk'lık ısıtma işlemle sertlik % 31,8 azalmış, 15 dk'lık ısıtma işlemle % 53 azalmış ve işlem süresi 20. dk'ya ulaştığında %62,4 azalarak 229,08 g'a kadar inmiştir. 20 dk'lık işlem süresi için 135 °C, 155 °C ve 175 °C sıcaklık değerlerinde sertlik sırası ile 436,27 g, 462,14 g ve 229,08 g olarak belirlenmiştir. 135 °C ve 155 °C arasında %95 güven aralığında istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir ancak sıcaklık 175 °C işlem sıcaklığında anlamlı bir düşüş gerçekleşmiştir ( $p<0,05$ ).

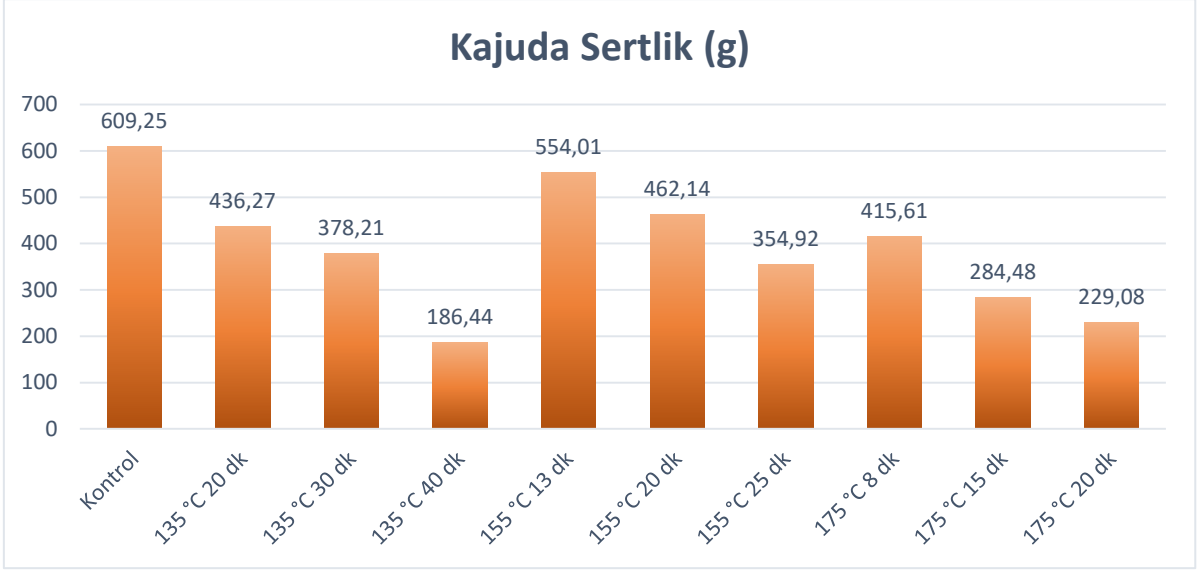
Kavurma işleminin kajunun kırılmalığına etkisi incelendiğinde en yüksek kırılmalık değeri aralarında istatistiksel olarak bir fark olmaksızın, işlem görmemiş kontrol numunesi (0,79 mm) ve 135 °C'de 20 dk'lık işlem gören kaju numunesinde (0,78 mm) belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kajunun kırılmalığı 135 °C'de 20, 30 ve 40 dk'lık kavurma işlemleri arasında süreye bağlı olarak süre arttıkça istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalmıştır ancak 155 °C ve 175 °C ısıtma işlem uygulandığında süreye bağlı bir azalma trendi belirlenememiştir. Bu iki sıcaklık değeri için de kırılmalık kavurma işlemi başladığında önce azalmış sonra bir miktar artmış ve sonra tekrar azalmıştır. Bu sebeple kajunun kırılmalık değeri için süre arttıkça azalır gibi net bir tanımlama yapılamamıştır. Sıcaklığın kajunun kırılmalığına etkisi için 20 dk'lık işlem süresi için 135 °C, 155 °C ve 175 °C sıcaklık değerlerinde kırılmalığı incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). 135 °C'de kırılmalık % 1,3 azalmış, 155 °C'de %13 azalmış ve 175 °C'de % 69,6 azalmıştır.

Çizelge 4.11. Farklı kavurma koşullarının kajunun tekstürel özelliklerine etkisi

Uygulanan İşlem	Sertlik		Kırılgnlık	
	Sonuç (g)	Azalma (%)	Sonuç (mm)	Azalma (%)
Kontrol	609,25±33,95a	-	0,79±0,14a	-
135 °C 20 dk	436,27±27,31bc	28,4	0,78±0,01a	1,3
135 °C 30 dk	378,21±21,04bc	37,9	0,47±0,08bc	40,5
135 °C 40 dk	186,44±43,4f	69,4	0,22±0,06c	72,2
155 °C 13 dk	554,01±27,62a	9,1	0,48±0,03bc	39,2
155 °C 20 dk	462,14±18,17b	24,1	0,68±0,07ab	13,9
155 °C 25 dk	354,92±3,47cd	41,7	0,43±0,11bc	45,6
175 °C 8 dk	415,61±13,84bc	31,8	0,25±0,01c	68,4
175 °C 15 dk	284,48±30,91de	53,3	0,34±0,09c	57,0
175 °C 20 dk	229,08±32,42ef	62,4	0,24±0,10c	69,6

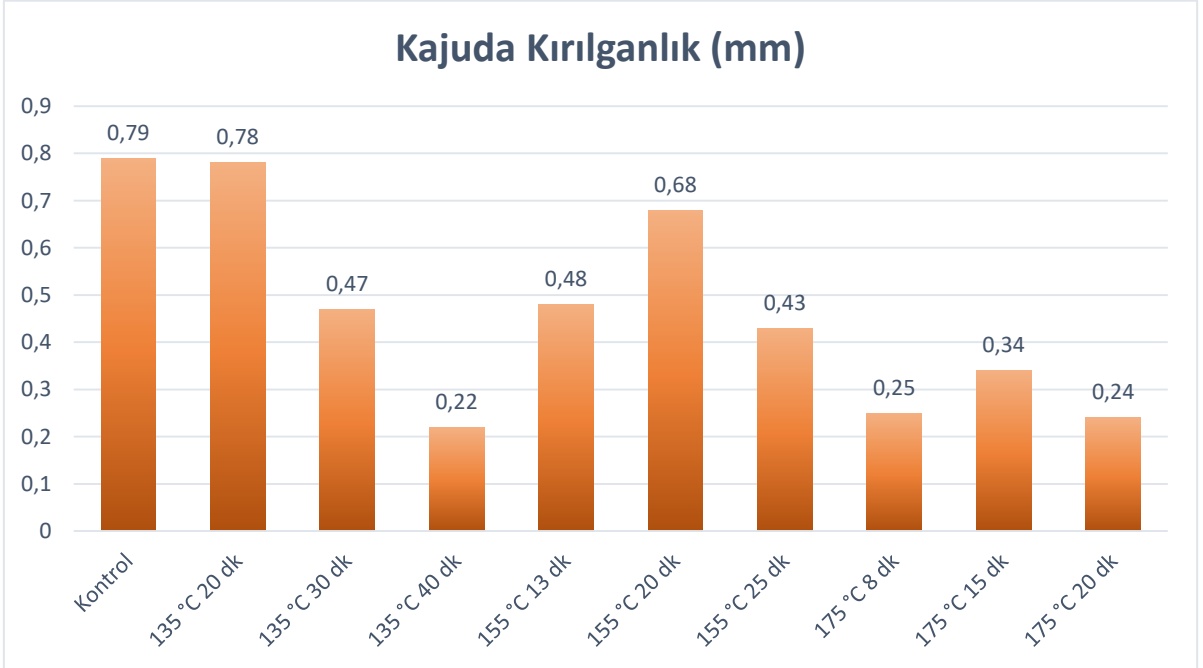
Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Kajunun sertliğinin kavurma işlemi sırasında değişimi Şekil 4.5’de gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Farklı kavurma koşullarının kajunun sertliğine etkisi

Kavurma işleminde farklı sıcaklık ve süre uygulamasının kajunun kırılgenliğine etkisi Şekil 4.6’da gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Farklı kavurma koşullarının kajunun kırılgenliğine etkisi

- **Farklı kavurma koşullarının leblebinin tekstürel özelliklerine etkisi**

Leblebinin sertlik ve kırılabilirlik değerlerine farklı kavurma koşullarının etkisi Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

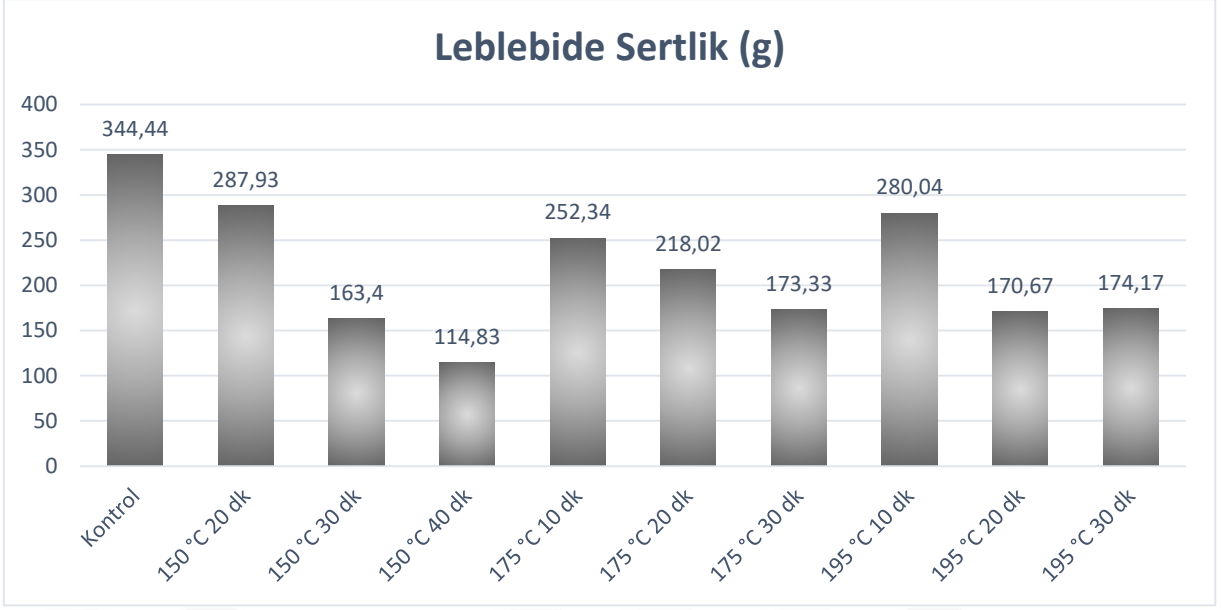
Leblebinin sertliğinin farklı kavurma koşullarında değişimi incelendiğinde kontrol grubunda ortalama 344,44 g olan sertlik değeri 150 °C’de 40 dk’lık işlem sonucunda belirlenen en düşük değer olan 114,83 g’a kadar düşmüştür. 150 °C ve 175 °C’de uygulanan ısı işlemi ile birlikte leblebinin sertliği kavurma işleminin süresi arttıkça anlamlı bir şekilde azalmıştır ( $p<0,05$ ). Ancak 195 °C’de kavurma işleminde 10. dk’nın sonunda sertlik %18,7 azalarak 280,08 g, azalmış, devam eden kavurma işleminde, 20 ve 30. dk sonunda leblebide yapılan sertlik ölçümlerinde sertlik değeri sırası ile 170,67 g ve 174,17 g olarak tespit edilmiştir. Bu iki değer arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p<0,05$ ).

Kavurma işleminin leblebinin kırılabilirliğine etkisi değerlendirildiğinde en yüksek kırılabilirlik değeri kontrol numunesinde 1,11 mm olarak belirlenmiştir. Ancak sıcaklık ve süre parametrelerini değiştirerek leblebinin kavurulması ile birlikte kırılabilirlik değeri % 45,0 - % 78,4 oranlarında azalma gösterse de bu değerler arasında % 95 güven aralığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Leblebilerde ortak süre olan 20 dk’lık kavurma işleminde 150 °C, 175 °C ve 195 °C’lik sıcaklıklar için kırılabilirlik sırası ile 0,61 mm, 0,46 mm ve 0,47 mm olarak belirlenmiştir. Bu değerler arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ( $p<0,05$ ).

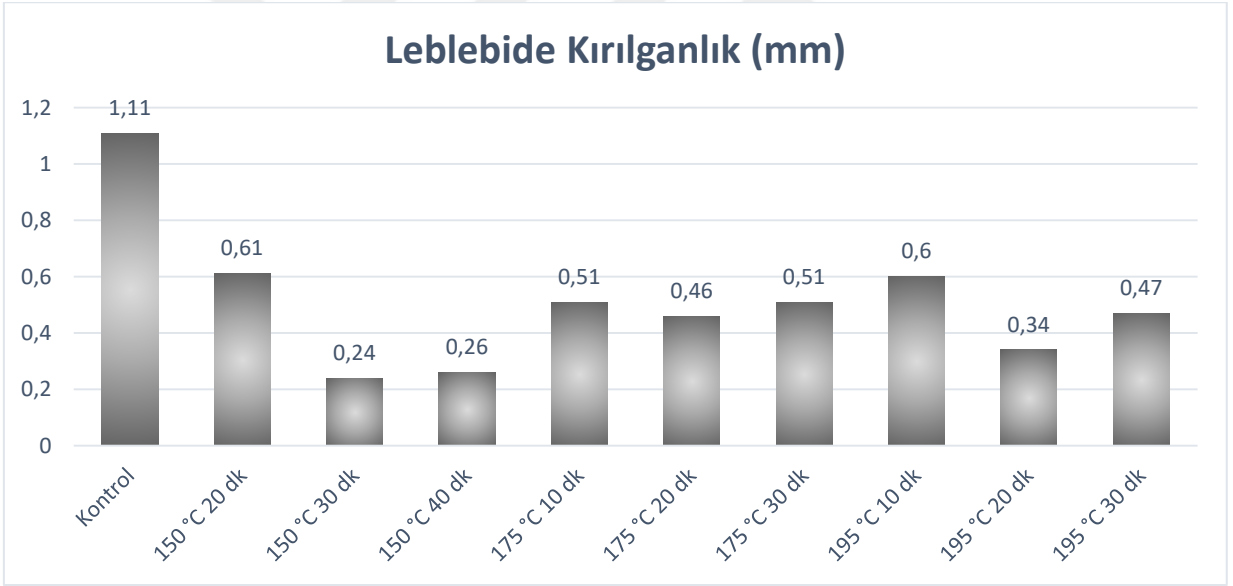
Çizelge 4.12. Farklı kavurma koşullarının leblebinin tekstürel özelliklerine etkisi

Uygulanan İşlem	Sertlik		Kırılgenlık	
	Sonuç (g)	Azalma (%)	Sonuç (mm)	Azalma (%)
Kontrol	344,44±25,04a	0,0	1,11±0,02a	0,0
150 °C 20 dk	287,93±28,08ab	16,4	0,61±0,22b	45,0
150 °C 30 dk	163,4±13,06de	52,6	0,24±0,05b	78,4
150 °C 40 dk	114,83±4,65e	66,7	0,26±0,08b	76,6
175 °C 10 dk	252,34±22,89bc	26,7	0,51±0,08b	54,1
175 °C 20 dk	218,02±18,27cd	36,7	0,46±0,09b	58,6
175 °C 30 dk	173,33±12,44de	49,7	0,51±0,09b	54,1
195 °C 10 dk	280,04±40,38abc	18,7	0,60±0,21b	45,9
195 °C 15 dk	170,67±16,60de	50,5	0,34±0,01b	69,4
195 °C 20 dk	174,17±12,15de	49,4	0,47±0,15b	57,7

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )



Şekil 4.7. Farklı kavurma koşullarının leblebinin sertliğine etkisi



Şekil 4.8. Farklı kavurma koşullarının leblebinin kırılgnlığına etkisi

Yiyecek seçimi ve besin alımı, hem duyuşal hem de metabolik süreçler tarafından yönlendirilmektedir. Koku ve aroma ile sertlik, kırılgnlık ve çiğnenebilirlik gibi tekstürel özellikler tüketicinin beslenme alışkanlıklarına birinci derecede etkilemektedir (Boesveldt ve de Graaf, 2017; McCrickerd ve Forde, 2016; Mattes ve Rothacker, 2001; Moghaddam, Razavi, Taghizadeh ve Sazgarnia, 2016). Örneğin gıdanın tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik arttıkça, gıdanın tüketim oranı azalmaktadır, ayrıca kesme viskozitesi arttıkça da hem lokma



boyutları küçülmekte hem de tüketim oranı azalmaktadır (Bolhuis ve Forde, 2020). Bu amaçla gıdaların tekstürel olarak değerlendirilmeleri son derece önemlidir. Ayrıca bu tekstürel değerlendirme farklı gıda ürünlerinde farklı tüketici değerlendirmesi oluşturmaktadır. Bu amaçla spesifik ürünlerin tüketimine, tekstürel özelliklerin etkisini değerlendiren bir çok çalışma vardır. Örneğin bir çok yarı katı ve katı gıdalardaki (ekmek, peynir, yoğurt, tatlı ve tuzlu atıştırmalıklar, kuruyemişler, kahvaltılık tahıllar) sertlik ve kırılmanın artması lokma büyüklüklerini küçültmekte, çiğneme süresini artırmakta, tüketimi azaltmakta ve doyumun erken ulaşılmasını sağlamaktadır (Bolhuis vd., 2014; Aguayo-Mendoza vd., 2019; Aguayo-Mendoza vd., 2020; de Lavergne vd., 2015; Foster, Woda, ve Peyron, 2006; Koç vd., 2014; Lasschuijt vd., 2017). Tekstürel özellikler ve tüketici alışkanlıklarının bir arada değerlendirilmesi ile tüketici daha faydalı besinlere yönlendirilebilmesinin yanı sıra, tüketiciye sınırlandırıcı beslenme alışkanlıkları kazandırarak obezite gibi doğrudan beslenme alışkanlığı kaynaklı hastalıklar azaltılabilir.

Tekstürel özellikler, tüketicilerin tercihinde de oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Tüketici, tükettiği gıdaların renk, koku, tat ve aroma özelliklerinin yanı sıra sertlik, kırılma, gevreklik yapışkanlık vb. tekstürel özelliklerinin de beğenmesine uygun olmasını beklemektedir. Bu tekstürel parametrelerden sertlik, gıdanın kendisine uygulanan etkiye gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, tüketilen gıdanın, tüketicinin dişleri arasındaki baskıya karşı koyma miktarıdır (Ertuş ve Doğruer, 2010).

Tekstür analizi ile ilgili tüketici beğenmesini değerlendirilen çalışmaların (Greve, Lee, Meullenet ve Kunz, 2010) yanı sıra gıdanın depolama şartları (Cheely vd., 2018; Wu vd. 2019), ve gıdanın tazeliği (Chen ve Opara, 2013) gibi özellikleri hakkında da bilgi sahibi olabiliriz.

Yaptığımız çalışmada, kuruyemişlerde genel olarak sıcaklık ve süre parametrelerinin artmasıyla birlikte kuruyemişlerin sertliği ve kırılmasının azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum kuruyemişler ve yağlı tohumlar üzerine yapılan, kavurmanın bu gıdaların tekstürel özelliklerini değerlendiren diğer sonuçlar ile benzerlik göstermektedir (Bölek ve Özdemir, 2017; Pittia, Dalla Rosa ve Lerici, 2001; Nikzadeh ve Sedaghat, 2008; Kita ve Figiel, 2007; Shakerardekani vd., 2011)

Mrad, Assy, Maroun ve Louka (2015) fındığın doymuş buhar ile kavulması üzerine yaptıkları çalışmada, kavurma işlem süresinin ve buhar sıcaklığının artması ile birlikte

kırılğanlığının azaldığını belirlemişler ve yaptıkları duyusal değerlendirme ile bunun tüketici beğenisinde rol oynadığını değerlendirmişlerdir.

Moghaddam, vd. (2016) kuruyemişlerde kavurma koşullarının ölçülebilir tekstürel değerlere olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla 90°C, 120°C ve 150°C'lik kavurma sıcaklığında her bir kavurma sıcaklığı için kavurma süresini 20, 35 ve 50 dk olarak ayarlayarak fıstığı kavurmuştur. 35 mm'lik plastik silindir prob kullanarak yaptıkları tekstürel değerlendirmede, fıstıklarda sertliğin 37,59 – 82,76 N aralığında değer aldığını ve kavurma sıcaklığına bağlı olarak fıstıklarda sertliğin azaldığını belirlemişlerdir. Ayrıca yaptıkları duyusal değerlendirmede, sertliğin azalmasının tüketici beğenisini artırdığını belirtmişlerdir.

Literatürde elde edilen sonuçları birbiri ile karşılaştırılırken çalışmaların mutlaka aynı geometriler (problar) ile yapılması gerekmektedir. Farklı geometriler ile yapılan değerlendirmeler farklı sonuçlar oluşturacaktır.

Bu çalışmada kavurma koşullarının kuruyemişlerin tekstürel özelliğine etkilerinin belirlenmesinin yanı sıra elde edilen sonuçlar kuruyemişlere nümerik, ölçülebilir bir kalite kriteri olarak tekstürel analiz sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Kalite kriterleri (parametreleri), her gıda üretim firmasının, kendi kalite güvence birimleri tarafından bilimsel veriler ışığında oluşturulmaktadır. Daha sonra bu firmalar, üretimlerinin istenilen şekilde gerçekleştiğinin kontrolünü bu değerleri ölçtüğü analiz ve gözlemler ile yapmaktadırlar.

Daha önce de belirttiğimiz gibi piyasada kullanılan kavurma makineleri çeşitlilik göstermekte ve bazıları belirtilen set (ayarlanan değer) sıcaklığı tam doğru değeri belirtmeyebilir. Bu sebeple her işletme aslında kendi beklentilerine göre farklı kavurma sıcaklığı ve süresi kullanmaktadır.

Burada amacımız; kuruyemişlere nümerik bir kimlik kazandırarak üreticinin kavurma cihazından çıkan kuruyemişin tekstürel özelliklerini değerlendirerek her parti üretimde istenilen kaliteyi yakalanmasının sağlanmasıdır. Analiz sonuçlarımıza göre bu durumu örneklendirmek gerekirse; örneğin üretici firma uygun koşullarda üretim yaptı ve yaptıkları değerlendirmede (duyusal değerlendirme vb.) en iyi kaju üretiminin 155 °C'de 25 dk'lık işlem sonucunda elde ettiğini belirledi (kullanılan kavurma makinesine göre değişebilir). Bu amaçla elde edilen sonuçlara göre; üretimden çıkan kajunun tekstürel kalite parametreleri olarak sertliği 462,14±18,17 g ve kırılğanlığı 0,68±0,07 mm olarak kabul edilebilir ve her üretimden bu aralıkta sonuç beklenebilir. Farklı bir örnek olarak da 160 °C'de 25 dk'lık kavurma işlemi

sonucunda üretilen fındıklarda sertlik  $316,91 \pm 2,3$  g ve kırılgenlik  $0,52 \pm 0,04$  mm olarak değeriendirilebilir ve üretim firmaları bu değeri kendilerine kalite parametresi olarak kullanabilir.

Sertlik parametresi, her iki kavurma parametresinden (sıcaklık ve süre) etkilenmektedir, bu sebeple çalışma kapsamında incelenen dört kuruyemiş (badem, fındık, kaju ve leblebi) ile bir kalite parametresi olarak kabul edilebilir. Kırılgenlik değeri ise badem, fındık ve kaju için bir kalite parametresi olarak değeriendirilebilirken; bu değerin leblebi için değeriendirilebilir bir kalite parametresi olmadığı belirlenmiştir. Çünkü leblebi için farklı kavurma koşullarında üretilen leblebilerin kırılgenlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenememiştir ( $p < 0,05$ ). Leblebi için oluşturulacak tekstürel kalite parametresi, örneğin  $175$  °C'de 20 dk'lık kavurma koşulları için sertliğin  $462,14 \pm 18,17$  g olarak değeriendirilebilir.

#### **4.4. Aflatoksin B1,B2 G1,G2 analiz sonuçları**

Aflatoksin analizleri piyasadan toplanan kontrol grubu badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinde gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre kontrol grubu badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin hiç birinde aflatoksin B1, B2, G1 ve G2'ye rastlanmamıştır. Kontrol grubu örneklerde aflatoksin tespit edilmediğinden kavurma işlemi uygulanan örneklerde aflatoksin aranmamıştır.

Analiz sonucunun kabul edilebilir olması için Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Yönetmeliğinde belirtilen toplam aflatoksin ve aflatoksin B1 değeriinin altında bir LOD değeri olması gerekmektedir. Bu amaçla LOD değeriinin hesaplanması için 3 farklı kuruyemiş örneğinde 10'ar çalışma yapılmıştır. 0,99 ppb olarak kirletilmiş örneklerden elde edilen sonuçların standart sapmalarının 3 katı LOD, 9 katı ise LOQ değeri olarak belirlenmiştir. Farklı örnekler ve farklı kullanıcıların elde ettiği sonuçlara göre en yüksek LOD değeri, yöntemin LOD değeri olarak kabul edilmiştir. Buna göre Çizelge 4.13 – Çizelge 4.16'da LOD ve LOQ hesaplamaları belirtilmiştir.

Çizelge 4.13. Kuruyemişlerde Aflatoksin B1 LOD - LOQ değeri hesaplaması

<b>AFLATOKSİN B1</b>						
	<b>Kuruyemiş 1 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 2 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 3 ( 0,99 ppb)</b>	
	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>
<b>1</b>	0,9893	1,0794	1,0854	1,0810	0,9938	0,8756
<b>2</b>	0,8737	0,9698	1,1682	1,0549	0,9253	0,9560
<b>3</b>	1,1413	0,9416	1,0505	1,0631	0,9042	0,8322
<b>4</b>	1,0233	1,1009	1,1262	1,1832	0,9323	0,8804
<b>5</b>	1,0740	0,9709	1,1024	1,1826	0,8829	1,0662
<b>6</b>	1,0831	0,8945	1,0441	1,1474	0,9083	0,8726
<b>7</b>	0,9273	1,0116	1,1126	1,1124	0,8691	0,8610
<b>8</b>	1,0068	0,9876	1,1230	1,0911	0,9647	0,8537
<b>9</b>	0,9864	0,8648	1,0684	1,1204	0,9311	0,9662
<b>10</b>	0,9407	0,8457	1,0280	1,0465	0,8971	1,0892
<b>ort</b>	1,00459	0,96668	1,09088	1,10826	0,92088	0,9253
<b>S.Sapma</b>	0,080	0,084	0,044	0,050	0,037	0,091
<b>LOD=3xSS</b>	0,240	0,253	0,131	0,150	0,112	0,273
<b>LOQ=9xSS</b>	0,721	0,759	0,393	0,451	0,337	0,819
<b>LOD</b>	<b>0,27</b>					

Çizelge 4.14. Kuruyemişlerde Aflatoksin B2 LOD - LOQ değeri hesaplaması

<b>AFLATOKSİN B2 LOD/LOQ ÇALIŞMASI</b>						
	<b>Kuruyemiş 1 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 2 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 3 ( 0,99 ppb)</b>	
	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>
<b>1</b>	0,9909	1,0712	1,0063	0,9760	0,9841	0,8554
<b>2</b>	1,0042	0,9834	0,9865	1,0592	0,9702	0,8404
<b>3</b>	1,0638	0,9124	0,9599	1,0026	0,8500	0,8304
<b>4</b>	1,0497	1,0473	1,0479	1,0389	0,8356	0,8264
<b>5</b>	1,0431	1,0298	1,0286	1,0862	0,8374	0,8581
<b>6</b>	1,1124	1,0446	0,9859	1,0556	0,8248	0,8179
<b>7</b>	1,0466	1,0757	0,9863	0,9879	0,8367	0,8598
<b>8</b>	1,0767	0,9927	0,9688	1,0372	0,9213	0,8752
<b>9</b>	1,0606	0,9532	0,9789	0,9959	0,8862	0,9040
<b>10</b>	1,0123	0,9517	1,0233	1,0333	0,8211	0,9239
<b>ort</b>	1,04603	1,00620	0,99724	1,02728	0,87674	0,85915
<b>S.Sapma</b>	0,036	0,056	0,028	0,035	0,061	0,034
<b>LOD=3xSS</b>	0,109	0,167	0,085	0,106	0,184	0,102
<b>LOQ=9xSS</b>	0,326	0,502	0,255	0,319	0,551	0,306
<b>LOD</b>	<b>0,17</b>					

Çizelge 4.15. Kuruyemişlerde Aflatoksin G1 LOD - LOQ değeri hesaplaması

<b>AFLATOKSİN G1 LOD/LOQ ÇALIŞMASI</b>						
	<b>Kuruyemiş 1 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 2 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 3 ( 0,99ppb)</b>	
	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>
<b>1</b>	1,0060	1,0453	0,9421	0,9933	0,9950	0,9313
<b>2</b>	0,9456	1,0497	0,9964	1,0515	0,9804	0,9285
<b>3</b>	1,1684	0,9128	0,8971	1,0747	0,9501	0,8004
<b>4</b>	1,1997	0,8788	0,9990	1,0991	0,9542	0,8121
<b>5</b>	1,0465	0,9734	0,9630	1,1141	0,8620	0,9862
<b>6</b>	1,0627	1,0911	0,9418	1,0586	0,8818	0,9656
<b>7</b>	0,9211	0,9575	0,8670	0,8963	0,9207	0,8948
<b>8</b>	1,0105	1,0002	0,7894	1,0302	1,0207	0,8908
<b>9</b>	0,9179	1,0433	0,8143	0,9925	0,8769	0,9835
<b>10</b>	0,9224	0,8804	0,9525	0,9968	0,9250	1,0149
<b>ort</b>	1,02008	0,98325	0,91626	1,03071	0,93668	0,92081
<b>S.Sapma</b>	0,101	0,075	0,073	0,064	0,053	0,072
<b>LOD=3xSS</b>	0,304	0,226	0,218	0,192	0,159	0,217
<b>LOQ=9xSS</b>	0,912	0,678	0,653	0,576	0,478	0,651
<b>LOD</b>	<b>0,30</b>					

Çizelge 4.16. Kuruyemişlerde Aflatoksin G2 LOD - LOQ değeri hesaplaması

<b>AFLATOKSİN G2</b>						
	<b>Kuruyemiş 1 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 2 ( 0,99 ppb)</b>		<b>Kuruyemiş 3 ( 0,99 ppb)</b>	
	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>	<b>Analist-1</b>	<b>Analist-2</b>
<b>1</b>	0,9421	0,9196	0,8083	0,8033	0,7652	0,7024
<b>2</b>	0,7975	0,9032	0,7179	0,9284	0,8579	0,7023
<b>3</b>	0,8238	0,8977	0,8545	0,7730	0,7171	0,7204
<b>4</b>	1,0350	0,8857	0,7645	0,7520	0,7266	0,7332
<b>5</b>	0,8623	0,8587	0,9112	0,8753	0,7167	0,7006
<b>6</b>	0,8901	0,9223	0,6464	0,7601	0,7488	0,7071
<b>7</b>	0,9264	0,9123	0,7389	0,7210	0,7090	0,7117
<b>8</b>	0,8183	0,9587	0,6512	0,8099	0,8022	0,7004
<b>9</b>	0,7979	0,7547	0,7973	0,7323	0,7123	0,7289
<b>10</b>	0,8373	0,7786	0,8386	0,7431	0,7086	0,7435
<b>ort</b>	0,87307	0,87915	0,77288	0,78984	0,74644	0,71505
<b>S.Sapma</b>	0,076	0,065	0,086	0,067	0,049	0,016
<b>LOD=3xSS</b>	0,229	0,195	0,259	0,200	0,148	0,047
<b>LOQ=9xSS</b>	0,686	0,584	0,777	0,599	0,445	0,140
<b>LOD</b>	<b>0,26</b>					

Elde edilen sonuçlara göre aflatoksin B1 için 0,27 ppb, aflatoksin B2 için 0,17 ppb, aflatoksin G1 için 0,30 ppb ve aflatoksin G2 için 0,25 ppb LOD değerleri elde edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (29 Aralık 2011) ekinde belirtilen aflatoksin sınır değerleri Çizelge 4.17’de belirtilmiştir. Bu yönetmeliğe göre doğrudan tüketime sunulan badem için (Çizelge 4.17 madde 2.1.6) aflatoksin B1 8 ppb ve toplam aflatoksin 10 ppb üst sınır, fındık, kaju ve leblebi için (Çizelge 1.17 madde 2.1.7; Çizelge 4.17 madde 2.1.5) aflatoksin B1 5 ppb ve toplam aflatoksin 10 ppb üst sınır olarak belirtilmiştir. Buna göre yapılan çalışmada belirlenen LOD değerleri uygun görülmektedir.

Çizelge 4.17. Aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin limit değerleri Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (29 Aralık 2011)

Madde No.	Gıda	Aflatoksin B1 (ppb)	Aflatoksin B1+B2+G1+G2 (ppb)
2.1.5	Yer fıstığı, diğer yağlı tohumlar ve bunların işlenmiş ürünleri (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5	10
2.1.6	Badem, antep fıstığı ve kayısı çekirdeği (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	8	10
2.1.7	Fındık ve brezilya fıstığı (doğrudan insan tüketimine sunulan veya gıda bileşeni olarak kullanılan)	5	10

Analiz sonuçlarına göre örneklerde aflatoksin türevlerine rastlanılmaması, bu örneklerin uygun koşullarda hasat edildiğini ve depolandığını göstermektedir (Aldars-García vd., 2016; Georgiadou, Dimou, ve Yanniotis, 2012; Luttfullah ve Hussain, 2011; Wu vd., 2018).

Çalışmamızda bulduğumuz gibi kuruyemişlerde aflatoksin bulunmadığını ve bunun uygun hasat ve depolama koşulları sayesinde gerçekleştiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Çağlar (2020) yaptığı tez çalışmasında, internet üzerinden satışı yapılan fındık, yer fıstığı, antepfıstığı, badem ve kaju ezmelerinde aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin miktarını belirlemiştir. Çalışma sonucuna göre bizim çalışmamıza da benzer olarak badem, fındık ve

kajuda aflatoksin B1 ve toplam aflatoksin miktarı LOD değerinin altında kalmıştır. Çalışma sonucunda sadece yerfıstığı ezmesinde aflatoksin olduğunu bildirmışlerdir.

Ordu ilinde farklı dönemlerde, farklı yükseltelerde hasat edilen fındık örnekleri üzerine yapılan çalışmada, analizi yapılan fındıklarda aflatoksine rastlanmadığı bildirilmiştir (Sadıkoğlu, 2011).

Atakan (2019) yaptığı tez çalışmasında piyasada satılan, analizini yaptıkları fındık numunelerinin hiçbirinde aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 olmadığını bildirmiştir. Çalışmanın devamında fındık numunelerini aflatoksin ile kirleterek, ozon uygulamasının aflatoksin miktarına etkisini incelemiş ve uygulama ile aflatoksinin azaldığını bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Tunç (2019), ozonlama işlemi ile fındığın besleyici özelliklerini kaybetmeden, aflatoksin miktarını insan sağlığı açısından risk oluşturmayacak düzeye getirilebileceğini bildirmiştir.

Çalışmamızda bulduğumuz sonuçlardan farklı olarak kuruyemişlerde aflatoksin varlığını bildiren çalışmalarda bulunmaktadır. Ayrıca bazı çalışmalar kuruyemişlerde kavurma işleminin aflatoksin degradasyonuna sebep olduğu bildirilmektedir (Yazdanpanah, Mohammadi, Abouhossain, ve Cheraghali 2005).

Özer (2009) uygulanan kavurma işleminin fındıkta kf (*Aspergillus flavus*) gelişimine dolayısı ile aflatoksin miktarına olan etkisini incelemiştir. Bu amaçla *Aspergillus flavus* ile kirlettikleri fındık örneklerini 120 – 125 C’de 30 dk kavurma işlemine tabii tutmuşlarıdır. HPLC-FLD metodu ile aflatoksin miktarını incelediklerinde, kavurma işleminin toplam aflatoksin miktarını %98 azalttığını belirtmişleridir. Ayrıca olgunlaşma döneminde *Aspergillus flavus* bulaşışını azaltmak için yapılan uygulanan “iyi tarım uygulamaları” ve hasat ve hasat sonrası dönemde kontaminasyonu önlemek için yapılan “tehlike analizi ve kritik kontrol noktası” uygulamalarının aflatoksin miktarını azalttığını bildirmışlerdir.

Kanık (2018), orum ve İstanbul illerinde piyasada satılan bademlerde aflatoksin varlığını incelemiştir. Bu amaçla yaptığımız çalışmaya benzer olarak HPLC-FLD metodu ile analizi gerçekleştirmiştir. Aflatoksin B1, aflatoksin B2, aflatoksin G1 ve aflatoksin G2'nin LOD değerlerini 0,053–0,070 ppb arasında belirlediği çalışmasından 80 farklı badem örneğinin % 85’inde aflatoksin bulunmadığını bildirmiştir. Pozitif sonuçlanan örneklerin hiç birinde de yasal limit olan 8 ppb üzerinde aflatoksin olmadığını belirlemiştir.

Karapınar (2013) yaptığı çalışmada Karaman ili semt pazarlarında açıkta satılan fındık, fıstık, badem, kuru kayısı, kuru üzüm, kuru incir, karabiber, kırmızıbiber, mısır, küflü peynir ve marketlerden alınan ekmeklerde aflatoksin miktarını belirlemiştir. Kırmızı biber hariç analizini yaptığı hiçbir örnekte Çizelge 4.17’de belirtilen limitlerin üzerinde aflatoksin içeriğine rastlamamıştır. Çalışma sonucuna göre fındıkta en yüksek 0,073 ppb ve bademde en yüksek 0,025 ppb toplam aflatoksin miktarı belirlemiştir.

Gürses (2006) yaptığı çalışmada piyasada satılan badem, ceviz, yerkıstığı ve leblebinin toplam aflatoksin içeriğini belirlemek amacı ile yaptığı çalışmada, toplamda 94 örnek üzerinden 26’sında aflatoksin belirlemiştir. 28 fındıktan 9’unda, 13 bademden 3’ünde ve 11 fındıktan 1 tanesinde pozitif sonuç elde etmiştir. Tespit ettiği en yüksek toplam aflatoksin 113 ppb olarak fındıkta çıkmıştır. Leblebide pozitif olan tek numune 1,7 ppb olarak belirlenmiştir.

Nijerya’dan raporlanan bir piyasadan toplanan 106 farklı fındık örneğinde yapılan değerlendirmede, analizi yapılan örneklerin % 68,4’ünde aflatoksin B1 varlığı tespit etmişlerdir. Örneklerin ortalama aflatoksin B1 miktarı 25 ppb olarak raporlanmıştır. Ayrıca örneklerin, aflatoksin B2 % 26,4’ünde, aflatoksin G1 % 11,3’ünde ve aflatoksin G2 % 2,8’inde pozitif analizi pozitif sonuç vermiştir. Bunlarda ortalama sonuçların sırasıyla 10,7, 7.2 ve 8 ppb olduğu raporlanmıştır (Ogunsina ve Bamgboye, 2012).

Leong vd. (2010) Malezya’da satılan 196 adet fındık örneğinde yaptıkları çalışmada örneklerin % 16,8’inde aflatoksin türevleri belirlediklerini bildirmişlerdir. Pozitif çıkan numunelerin % 57’sinde ise aflatoksin 5 ppb’nin altında olduğunu bildirmişlerdir.

Asghar vd. (2017) Pakistan’da tüketilen 13 farklı kuruyemiş ve kurutulmuş meyvelerden oluşan toplamda 624 örnekte aflatoksin miktarını belirlemiştir. Çalışmalarının sonucunda 165 örneğin toplam aflatoksin analizi pozitif çıkmıştır. Pozitif örneklerin 0,22 – 30,11 ppb arasında değişen miktarlarda aflatoksin içerdiğini raporlamışlardır. Analizde kullandıkları 95 fındığın 38’inde ve 10 bademin 5’inde aflatoksin tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmalarında yıllara göre toplam aflatoksin analizi pozitif çıkan örnekleri de değerlendirmişlerdir. Buna göre 2012’de örneklerin % 31’inde, 2013 yılında örneklerin % 25’inde, 2014 yılında % 24’ünde ve 2015 yılında örneklerin % 26’sında aflatoksin analizi pozitif çıkmıştır. Aynı zamanda çalışmalarında piyasada satılan kuruyemiş ve kurutulmuş meyveler için yıl içinde aylara göre aflatoksin miktarındaki değişimi incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre aflatoksin içeriği pozitif olan örnek yüzdesi en yüksek olan aylar yaz aylarıdır.



Ağustos ayında alınan örneklerin % 45'i ve temmuz ayında alınan örneklerin % 38'i toplam aflatoksin yönünden pozitif çıkmıştır. Çalışmaları sonucunda aflatoksin miktarını minimize etmek için HACCP sisteminin gıda üretim işletmelerinde titizlikle uygulanmasını tavsiye etmişlerdir.

Milhome vd. (2014) 2010 – 2012 yılları arasında 3 yıllık süreçte topladıkları kaju örneklerinin toplam aflatoksin (aflatoksin B1, B2, G1 ve G2) miktarı üzerine yaptıkları çalışmada, tüm analizlerin yalnızca % 2,8'inde yüksek seviyede aflatoksin olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek seviyede aflatoksin çıktığını bildirdikleri örneklerin yaklaşık % 90'ı 2012'de alınan örnekler olmuştur.

Martins vd. (2017) yaptıkları çalışmada kavurma işlemi sırasında sıcaklığa karşı aflatoksinin yıkım kinetiğini incelemişlerdir. Çalışmalarında aflatoksin ile farklı başlangıç yüklerinde kirlendikleri kuruyemiş örneklerine 160, 180 ve 200 °C'de kavurma işlemi uygulamışlardır. Uygulanan kavurma işlemi aflatoksin miktarını ciddi oranda azaltsa da, kuruyemişlerde aflatoksinleri kontrol altına almak için tek başına kavurmanın yeterli olmadığını, başlangıç yükün de büyük önem arz ettiğini belirtmişlerdir. Ancak kavurma işleminin de renk değişimi ve aroma gelişimi ile beraber aflatoksin miktarını azalttığını da vurgulamışlardır.

#### **4.5. Akrilamid miktarı analiz sonuçları**

Yapılan çalışmada, farklı kavurma koşulları altında badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinde akrilamid konsantrasyonundaki artış incelenmiştir.

- **Farklı kavurma koşullarında bademde akrilamid oluşumu**

Bademde oluşan akrilamid miktarına farklı kavurma koşullarının etkisi Çizelge 4.18'de belirtilmiştir.

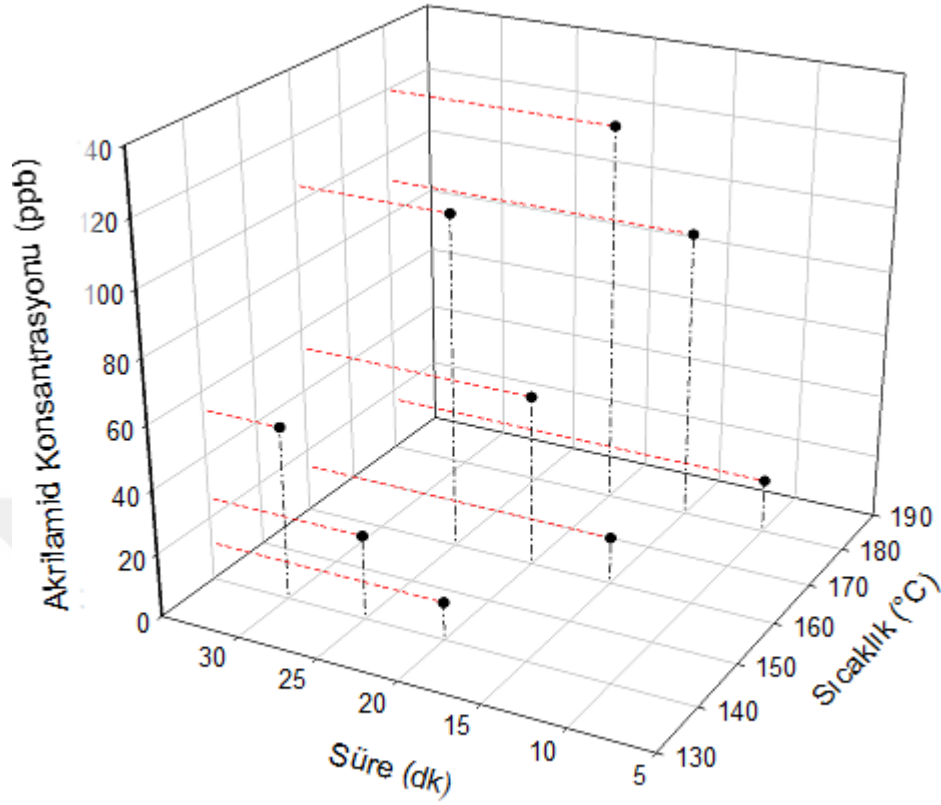
Bademde oluşan akrilamid miktarının farklı kavurma koşullarındaki değişimi incelendiğinde, en düşük akrilamid konsantrasyonu 7,95 ppb olarak kontrol grubunda, en yüksek akrilamid konsantrasyonu ise kontrol grubuna göre % 1412,6 artışla 180 °C'de 20 dk işlem gören bademde 120,25 ppb olarak belirlenmiştir. Kavurma işleminin gerçekleştiği her 3 sıcaklıkta da (140 °C, 160 °C ve 180 °C) işlem süresi arttıkça bademdeki akrilamid miktarı istatistiksel olarak anlamlı derecede artmaktadır ( $p < 0,05$ ). Sıcaklığın bademde akrilamid

oluşumuna etkisini değerlendirmek amacı ile 20 dk'lık işlem süresine karşılık, 140 °C'de 11,91 ppb, 160 °C'de 54,47 ppb ve 180 °C'de 120,25 ppb akrilamid oluşmuş ve sıcaklık artışı ile birlikte anlamlı derecede artmıştır ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.18. Farklı kavurma koşulları sonucunda bademde oluşan akrilamid miktarı

Uygulanan İşlem	Akrilamid Miktarı (ppb)	Artış (%)
Kontrol	7,95±0,26i	-
140 °C 20 dk	11,91±0,09h	49,8
140 °C 25 dk	26,50±0,38e	233,3
140 °C 30 dk	54,47±0,21d	585,2
160 °C 15 dk	14,86±0,16g	86,9
160 °C 20 dk	54,21±0,36d	581,9
160 °C 25 dk	105,47±0,19b	1226,7
180 °C 10 dk	16,99±0,32f	113,7
180 °C 15 dk	91,34±0,44c	1048,9
180 °C 20 dk	120,25±0,27a	1412,6

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )



Şekil 4.9. Kavrulmuş bademlerde akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması

- **Farklı kavurma koşullarında fıındıkta akrilamid oluşumu**

Farklı kavurma koşullarında fıındıkta oluşan akrilamid miktarı Çizelge 4.19’da gösterilmiştir.

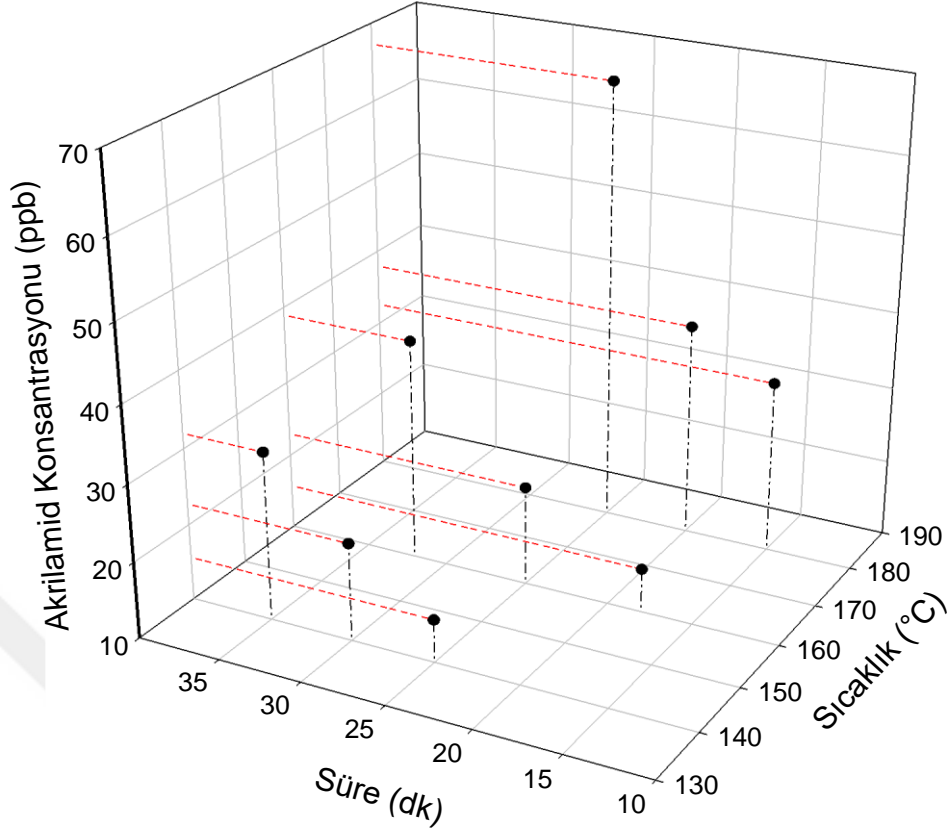
Kavurma sırasında fıındıkta akrilamid oluşumu incelendiğinde, 140 °C’de kavurma işlemi başladıktan 25 dk sonra akrilamid miktarı % 30 artarak 15,6 ppb seviyesine ulaştığı tespit edilmiştir. Bu değer işlem gören fıındıklardaki en düşük akrilamid konsantrasyonudur. Kavurma işlemi devam ettikçe akrilamid miktarı istatistiksel olarak da anlamlı şekilde artmıştır. Süre arttıkça akrilamid miktarındaki artış her üç sıcaklık değeri (140 °C, 160 °C ve 180 °C) için de gerçekleşmiştir ( $p < 0,05$ ). Fıındıkta da bademde olduğu gibi akrilamid miktarı en yüksek değerine en yüksek işlem sıcaklığı ve en uzun işlem süresinde (180 °C’de 25 dk) ulaşmıştır.

Burada kontrol grubuna göre % 463'lük bir artış gerçekleşmiştir. Sıcaklığın fındıkta akrilamid oluşumuna etkisi incelendiğinde, 25 dk'lık işlem süreleri için 140 °C'de %30,4 artışla 11,96 ppb, 160 °C'de %92,2 artışla 22,99 ppb ve 180 °C'de %463 artışla 67,33 ppb akrilamid oluşumu gözlemlenmiştir. Sıcaklıkdaki artışın fındıkta akrilamid oluşumunu anlamlı derecede artırdığı belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.19. Farklı kavurma koşulları sonucunda fındıkta oluşan akrilamid miktarı

Uygulanan İşlem	Akrilamid Miktarı (ppb)	Artış (%)
Kontrol	11,96±0,32g	-
140 °C 25 dk	15,60±0,31f	30,4
140 °C 30 dk	22,77±0,27e	90,4
140 °C 35 dk	31,97±0,37d	167,3
160 °C 18 dk	15,73±0,28f	31,5
160 °C 25 dk	22,99±0,22e	92,2
160 °C 32 dk	38,98±0,14b	225,9
180 °C 15 dk	32,65±0,33d	173,0
180 °C 20 dk	37,96±0,41c	217,4
180 °C 25 dk	67,33±0,41a	463,0

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )



Şekil 4.10. Kavrulmuş fındıklarda akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması

- **Farklı kavurma koşullarında kajuda akrilamid oluşumu**

Sıcaklık ve süre parametrelerini değiştirerek kavruan kajuda, oluşan akrilamid miktarları Çizelge 4.20’de belirtilmiştir.

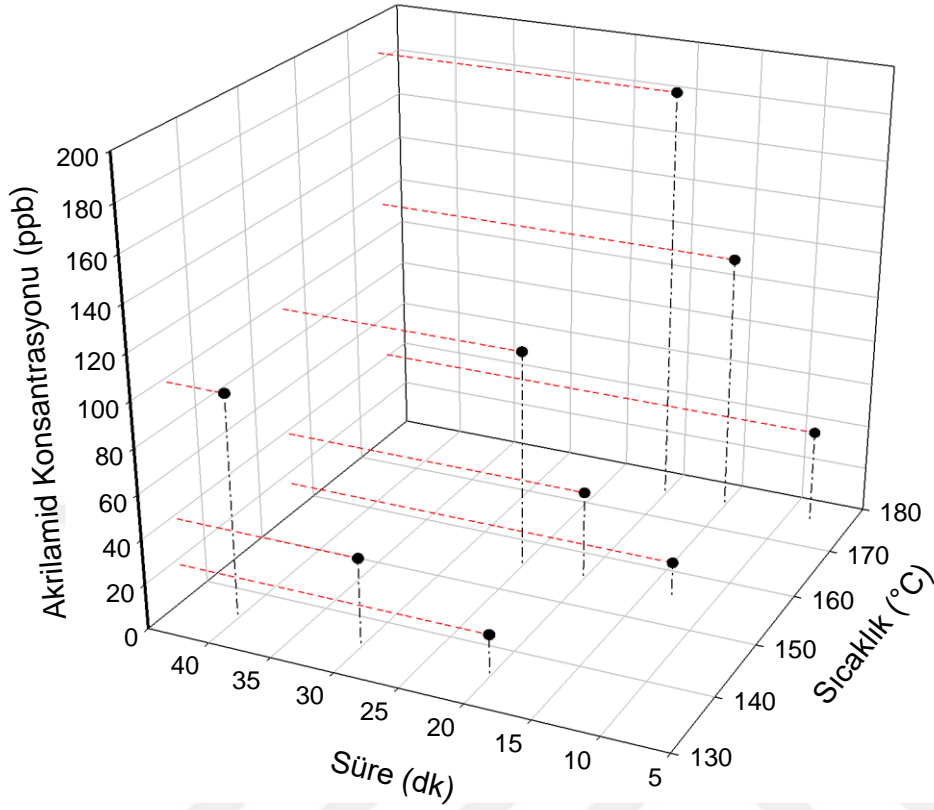
İşlem görmemiş, piyasada çiğ kaju olarak tüketilen, kontrol grubu kaju örneklerinde yapılan akrilamid analizinde 11,74 ppb akrilamid belirlenmiştir. Bu değer analizi yapılan kajular içerisinde istatistiksel olarak en düşük akrilamid konsantrasyonudur ( $p < 0,05$ ). Kaju örneklerinde, en yüksek akrilamid miktarı ise 175 °C’de 20 dk kavruan kaju örneğinde, kontrol grubuna göre % 1472,3 artışla 184,59 ppb olarak tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Kajuda kavurma süresi arttıkça akrilamid oluşumu istatistiksel olarak anlamlı derecede yükselmiştir ( $p < 0,05$ ). Bu durum kavurma işlemi yapılan üç sıcaklık değeri (135 °C, 155 °C ve 175 °C) için de geçerlidir. Sıcaklığın kajuda akrilamid oluşumuna etkisini incelemek için her üç sıcaklık değeri için de ortak işlem süresi olan 20 dk kavurma süresinde akrilamid oluşumu incelendiğinde, sıcaklıkla birlikte kajuda akrilamid miktarının anlamlı şekilde arttığı görülmüştür. 20 dk ve 135

°C, 155 °C ve 175 °C’de kavru lan kajularda sırasıyla 18,91 ppb, 40,23 ppb ve 184,50 ppb akrilamid konsantrasyonu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Farklı kavurma koşulları sonucunda kajuda oluşan akrilamid miktarı

Uygulanan İşlem	Akrilamid Miktarı (ppb)	Artış (%)
Kontrol	11,74±0,32i	-
135 °C 20 dk	18,91±0,28g	61,1
135 °C 30 dk	39,80±0,16f	239,0
135 °C 40 dk	99,61±0,32c	748,5
155 °C 13 dk	16,42±0,43h	39,9
155 °C 20 dk	40,23±0,44f	242,7
155 °C 25 dk	97,92±0,45d	734,1
175 °C 8 dk	43,14±0,17e	267,5
175 °C 15 dk	115,70±0,23b	885,5
175 °C 20 dk	184,59±0,19a	1472,3

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )



Şekil 4.11. Kavurulmuş kajularda akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması

- **Farklı kavurma koşullarında leblebide akrilamid oluşumu**

Çizelge 4.21’de farklı kavurma koşullarında leblebide oluşan akrilamid miktarı belirtilmiştir.

Kontrol grubu leblebilerde (beneklendirme öncesi), 27,07 ppb akrilamid konsantrasyonu belirlenmiştir. Leblebiye 150 °C’de 20 dk kavurma işlemi uygulandıktan sonra akrilamid konsantrasyonu 27,67 ppb’ye çıksa da bu iki değer arasında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir ( $p < 0,05$ ). Bu iki değer leblebide belirlenen en düşük akrilamid konsantrasyonudur. Leblebide belirlenen en yüksek akrilamid konsantrasyonu ise % 499,1 artışla, 195 °C’de 20 dk’lık işlem sonunda 148,63 ppb olarak belirlenmiştir. Tüm sıcaklık değerleri için de leblebideki akrilamid konsantrasyonu sıcaklığa bağlı olarak anlamlı derecede artmıştır ( $p < 0,05$ ). Sıcaklığın leblebide akrilamid oluşumuna etkisi incelendiğinde, sıcaklıkla birlikte akrilamid oluşumunun arttığı tespit edilmiştir. Burada dikkat çeken bir durum, istatistiksel olarak da anlamlı derecede, en yüksek üç akrilamid konsantrasyonu en yüksek

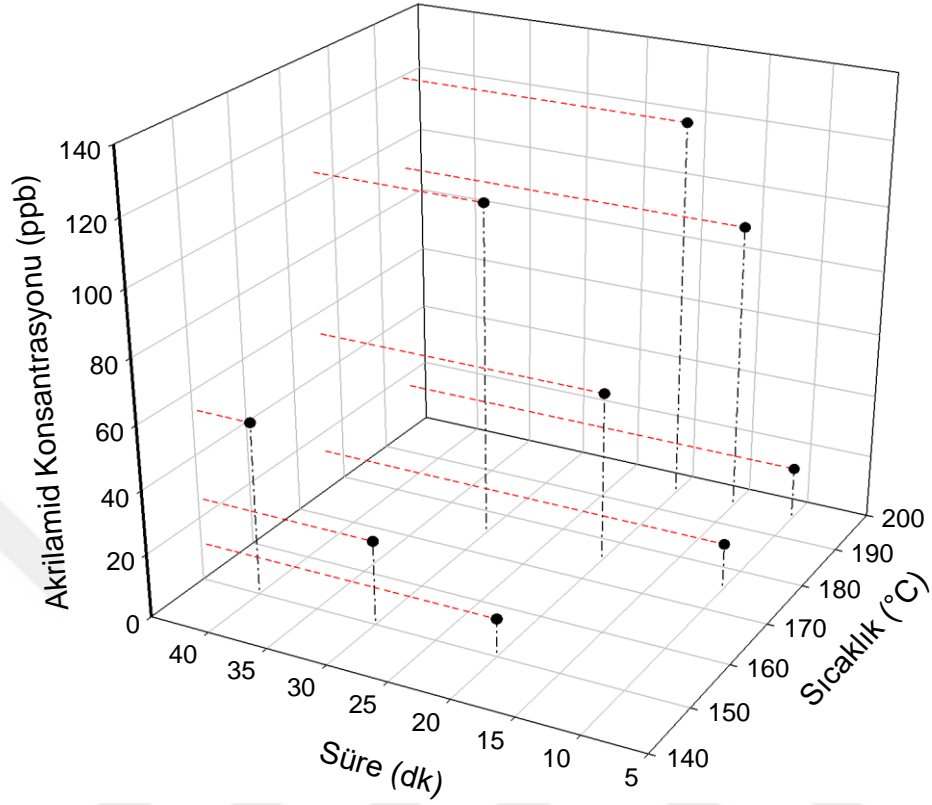
kavurma sıcaklığı olan 195 °C’de, 4. 5. ve 6. yüksek akrilamid konsantrasyonları 175 °C’de işlem gören leblebilerde ve en düşük üç akrilamid miktarı da en düşük sıcaklık olan 150 °C’de kavru lan leblebilerde belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu durumda leblebi için kavurma işlemi sırasında akrilamid oluşumuna en çok etki eden parametrenin olarak sıcaklığı olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.21. Farklı kavurma koşulları sonucunda leblebide oluşan akrilamid miktarı

Uygulanan İşlem	Akrilamid Miktarı (ppb)	Artış (%)
Kontrol	27,07±0,49i	0,0
150 °C 20 dk	27,67±0,64i	2,2
150 °C 30 dk	31,96±0,42h	18,1
150 °C 40 dk	38,97±0,08g	44,0
175 °C 10 dk	40,43±0,32f	49,4
175 °C 20 dk	44,17±0,15e	63,2
175 °C 30 dk	54,03±0,04d	99,6
195 °C 10 dk	81,50±0,14c	201,1
195 °C 15 dk	112,81±0,29b	316,8
195 °C 20 dk	148,63±0,29a	449,1

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )





Şekil 4.12. Kavrulmuş leblebilerde akrilamid konsantrasyonu karşılaştırması

Çalışma kapsamında analizini yaptığımız piyasada satılabilir nitelikte, farklı kavurma koşullarında kavrulmuş, bademde 11,91 - 120,25 ppb aralığında, fındıkta 15,6 - 67,33 ppb aralığında, kajuda 16,42 - 184,59 ppb aralığında ve leblebide 27,67 – 148,63 ppb aralığında akrilamid konsantrasyonu belirlenmiştir. Akrilamid konsantrasyonunun kontrol grubuna karşı artış oranları incelendiğinde ise bademde % 49,8 - 1412,6 aralığında, fındıkta % 30,4 - 463,0 aralığında, kajuda % 39,9 - 1472,3 aralığında ve leblebide % 2,2 – 449,1 aralığında bir artış belirlenmiştir. Leblebide artış yüzdesinin düşük çıkması, kontrol grubunda akrilamid miktarının (27,07 ppb) fazla olması sebebiyle olduğu değerlendirilebilir. Leblebide kontrol grubunda bu kadar yüksek akrilamid çıkmasının sebebi, geleneksel olarak ön kavurma işlemlerine (Köksel, Sivri, Scanlon ve Bushuk, 1998) tabi tutulmasıdır.

Tedarik edildikten sonra herhangi bir kavurma işlemi uygulanmayan örnekler “kontrol” grubu olarak adlandırılmıştır. Badem, fındık ve kaju için bu örnekler piyasada çiğ olarak satıldığı için ön işlem olarak güneşte geleneksel bir kurutma işlemi uygulanmasına rağmen; çiğ olarak ifade edilmektedir. Genel olarak Maillard reaksiyonunun 120 °C üzeri sıcaklıklarda

kavurma ile gerçekleşmesi beklenmektedir (Oracz, Nebesny ve Żyzelewicz, 2011). Yüksek sıcaklıklarda akrilamid oluşumu beklendiğinden yapılan çalışmalarda 30 – 50 °C gibi düşük sıcaklıklarda güneşte kurutma ile akrilamid oluşumu çok fazla değerlendirilmemektedir. Ancak hasat sonrası aşamadan itibaren kurutma yöntemleri de birçok üründe (kakao, kuruyemişler vb.) akrilamid azaltma alternatiflerinin önerilmesi açısından önemlidir (Gill vd., 2020). Bu sebeple, çalışmamız kapsamında çiğ olarak satışa sunulan badem, fındık ve kaju örneklerinde de belirlenen akrilamid miktarı düşük de olsa mutlaka dikkate alınmalıdır.

Maillard reaksiyonun da diğer tüm kimyasal reaksiyonlar gibi sıcaklığın her 10 °C yükselmesi ile 2–3 kat hızlandığı bildirilmiştir (Demirci, 2014). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu durumu desteklemektedir. Ayrıca kavurma süresine bağlı olarak da akrilamid konsantrasyonunun artması ile benzer çalışmalarda elde edilen sonuçları desteklemiştir (Nizamlioğlu, 2015; Yıldız, 2014; Süvari, 2015; Amrein vd., 2005b; Jogihalli vd., 2017; Lasekan ve Abbas, 2011; Schlörmann vd., 2015; Zhang vd., 2011)).

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlardan biri de farklı kuruyemişlerde farklı miktarda akrilamid oluşumu belirlenmiştir. Badem örneklerinde diğer kuruyemişlere oranla daha yüksek akrilamid konsantrasyonu saptanmıştır. Akrilamid oluşumuna dair en çok kabul gören oluşum mekanizmalarından biri asparajinin amino grubu ile bir karbonil kaynağı arasında Schiff bazı oluşarak Schiff bazının yüksek sıcaklık etkisi ile akrilamide dönüştüğüdür (Akgün ve Arıcı 2018). Dolayısı ile gıdalarda bulunan serbest asparajin miktarı akrilamid oluşumunu etkilemektedir. Amrein vd. (2005b) yapıları çalışmada Avrupa orjinli bademlerin serbest asparajin miktarının fındıktan oldukça yüksek olduğunu ve bu sebeple daha yüksek akrilamid oluştuğunu bildirmiştir. Bizim de elde ettiğimiz sonuç bu durumu destekler niteliktedir.

WHO (2011), yayınladığı raporda normal bir diyetle günlük akrilamide maruz kalma miktarının 1,1 ila 4,8 µg / kg vücut ağırlığı olduğunu tahmin ettiğini belirtmiştir. Bu değer oluşmasına en çok katkıda bulunan gıdaları tahıllar ve patates gibi kök ve yumru bazlı yiyecekler olarak belirtmiştir. Komite aynı raporda, sıçanların içme sularına akrilamid karıştırılarak morfolojik değişimlerinin izlendiği bir çalışmaya atıfta bulunarak akrilamid için NOAEL değerini 0,2 mg / kg vücut ağırlığı olarak belirtmiştir. Çalışmamızda bulduğumuz sonuçlara göre örneklerde en yüksek akrilamid miktarı; bademde 120,25 ppb (µg akrilamid / kg badem), fındıkta 67,33 ppb (µg akrilamid / kg fındık), kajuda 184,59 ppb (µg akrilamid / kg kaju) ve leblebide 148,63 ppb (µg akrilamid / kg leblebi) olarak belirlenmiştir. Buna göre;

NOAEL değerinde miktarda akrilamid almak için en yoğun akrilamid miktarına sahip kuruyemişten tüketmesi gereken miktar,

$$\text{Tüketilmesi gereken miktar (kg)} = \frac{\text{NOAEL değeri } \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right)}{\text{Akrilamid Konsantrasyonu } (\mu\text{g/kg})} \times 1000 \quad (4.3)$$

formülüne göre hesaplandığında; 70 kg ağırlığında bir insan için günde, bademden 116,4 kg, fındıktan 207,9 kg, kajudan 75,8 kg ve leblebiden 94,2 kg tüketmesi gerekmektedir. Bu tabi ki normal şartlar altında mümkün değildir. Ancak diğer maruz kalma kaynaklarının giderek arttığını (WHO 2011) göz önüne alırsak, kavurma ile kuruyemişlerde de oluşan akrilamid miktarı mutlaka değerlendirilmelidir (Ao ve Cao 2012).

Nizamlıoğlu, (2015) yaptığı doktora tezi çalışmasında farklı kavurma ve depolama koşullarına bağlı olarak Akbadem ve Nonperial badem örneklerinin akrilamid miktarlarındaki değişimi incelemiştir. Kavurma sıcaklığı arttıkça akrilamid miktarında çok önemli ( $p < 0,01$ ) artış olduğunu görmüştür. Bu çalışmada en yüksek akrilamid konsantrasyonunu 170°C’de 40 dakika kavru lan Noperial badem örneğinde (1020,30  $\mu\text{g/kg}$ ) bulmuştur. Aynı şartlarda Akbadem örneklerinde ise en yüksek akrilamid miktarını 744,00  $\mu\text{g/kg}$  olarak bulmuştur.

Yıldız (2014) tez çalışmasında bisküvi, bebe bisküvisi, çubuk kraker, hazır kek, Türk Kahvesi, patates cipsi, simit, ekmek, kavrulmuş badem, kavrulmuş fındık, kavrulmuş yer fıstığı, leblebi, kabak çekirdeği, kaju ve Diyarbakır Kadayıfı üzerine LC-MSMS metodu ile akrilamid analizi gerçekleştirmiştir. Yapılan analizlerin LOD ve LOQ değerlerini sırası ile 3,50  $\mu\text{g/kg}$  ve 11,67  $\mu\text{g/kg}$  olarak, geri kazanım oranını da % 97,9 olarak belirtmiştir. Analiz sonuçlarına göre piyasada satılan kavrulmuş fındıkta 26,66 – 27,78 ppb, kavrulmuş bademde 211,33 – 399,74 ppb, leblebide 62,87 – 67,77 ppb, kavrulmuş kajuda 47,91 – 87,26 ppb akrilamid konsantrasyonu belirlenmiştir. Bu çalışmada analizi yapılan kuruyemişlerin kavurma işlemi hakkında bir bilgi verilmemiş ancak piyasada satılabilir nitelikte ürünler olduğu belirtilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada hazırlanan tüm kuruyemişler piyasada satılabilir niteliktedir ve benzer aralıkta sonuçlar çalışmamızda da görölmektedir. Yıldız, 2014 yaptığı çalışmada ayrıca

piyasada satılan ürünler arasında en yüksek akrilamid içeriğinin 1080,80 ppm olarak patates cipsinde olduğunu belirtmiş ve tüm ürünlerde akrilamid miktarını yükselmesini engellemek için düşük sıcaklıklarda işlem yapılmasını önermiştir.

Lasekan ve Abbas, 2010, yaptıkları çalışmada Malezya’da yetişen bademlerde farklı kavurma koşullarında bademde oluşan akrilamid miktarını incelemiştir. Bunun için çiğ bademleri 100 °C, 150 °C ve 200 °C’de her bir sıcaklık için 5 - 10 ve 20 dk kavurmuşlar, daha sonra LC-MSMS cihazında ölçüm yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre kavurma sonucunda bademde akrilamid miktarının 8 – 86 ppb arasında değiştiğini belirlemiştir. Ayrıca, bizim çalışmamızda bulduğumuz sonuca benzer olarak, yaptıkları istatistiksel değerlendirmede ( $p<0,05$ ), kavurma sıcaklığını ve kavurma süresini arttıkça akrilamid oluşumunun da anlamlı olarak arttığını belirlemiştir.

Süvari (2015) yaptığı tez çalışmasında, ayçiçeği çekirdeği, badem ve yer fıstığında akrilamidin oluşumuna sıcaklığın etkisini incelemiştir. Bu amaçla kavrulmuş kuruyemişlerde UHPLC- MS/MS cihazında akrilamid konsantrasyonu ölçümü yapmıştır. Çalışma sonucunda, akrilamid konsantrasyonlarını sırası ile ayçiçeği çekirdeğinde 27,8-61,5 (ortalama  $39,92\pm 12,94$ ) ng/ml; badem içinde 44-273 (ortalama  $130,19\pm 103,18$ ) ng/ml; yer fıstığında ise 21,4-60,5 (ortalama  $34,69\pm 18,14$ ) ng/ml olarak saptamıştır. Ayrıca kavurma sıcaklığının bademde akrilamid oluşumunu incelediğinde, çiğ örnekte akrilamid bulamamış ve 140 °C, 145 °C ve 150 °C’de kavrulmuş bademlerde sırasıyla 47,69 ng/ml, 71,65 ng/ml, ve 271,23 ng/ml akrilamid oluştuğunu belirlemiştir. Yaptığı istatistiksel değerlendirmede ( $p<0,05$ ), bizim bulduğumuz sonuçlara benzer olarak, sıcaklıkla birlikte akrilamid oluşumunun anlamlı olarak arttığı belirlenmiştir. Kavurmanın etkisi ile oluşan akrilamid konsantrasyonlarının kuruyemiş çeşitleri arasından en fazla badem içinde en az da yer fıstığında meydana geldiğini belirlemiştir.

Yılmaz (2018) tez çalışmasında akrilamid miktarlarının organik sertifikalı ve konvansiyonel yöntemlerle üretilen badem, fındık, antepfıstığı, yerfıstığı, ayçekirdeği, kabak çekirdeği kuruyemiş çeşitlerinde araştırmayı amaçlamıştır. Organik sertifikalı ve konvansiyonel yöntemlerle üretilmiş kuruyemiş çeşitlerinin ortalama akrilamid konsantrasyonlarını sırasıyla bademde 1,68 - 266,14 ng/ml, fındıkta 7,90 - 6,68 ng/ml, antepfıstıklarında 4,86 - 9,95 ng/ml, yerfıstıklarında 14,09 - 36, 27 ng/ml, kabak çekirdeklerinde 5,96 - 4,54 ng/ml olarak belirlemiştir.

Nematollahi vd. (2020) yaptıkları çalışmada İran'ın başkenti Tahran'da piyasada satılan badem, fıstık, antep fıstığı, fındık, ayçiçeği çekirdeği, kabak çekirdeği ve karpuz çekirdeği dahil olmak üzere 24 çeşit kavrulmuş kuruyemiş ve kavrulmuş tohumlarda DLLME–GC–MS (Dispersive liquid liquid microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry) cihazı ile akrilamidin kantitatif analizi için mikro ekstraksiyon tekniği geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri teknik sayesinde numune çeşidine göre akrilamidin LOD değerini 0,6 – 2 ppb'ye kadar düşürmeyi başardıklarını, mikro ekstraksiyon ile de akrilamidin geri kazanımını % 95'e çıkardıklarının raporlamışlardır. Kendi yöntemleri ile yaptıkları analizlerde kavrulmuş badem, antep fıstığı, yer fıstığı, kavrulmuş çekirdekler (ayçiçeği çekirdeği, kabak çekirdeği ve karpuz çekirdeği) ve fındıklardaki ortalama akrilamid içeriği sırasıyla 176,88 ppb, 144,55 ppb, 130,98 ppb, 108.34 ppb ve 90.61 ppb olarak belirlemişlerdir.

Amrein vd. (2005a) sıcaklık ve zaman parametrelerini değiştirerek bademde akrilamid oluşumunu incelemişlerdir. GC-MS metodu (Biedermann vd. 2002) ile 150 °C'de 15 – 30 dk arasında farklı sıcaklıklarda kavurdukları bademlerde yaptıkları, akrilamid miktarı analizine göre süre arttıkça akrilamid miktarının da lineer ( $R^2$ : 0,9862) arttığını belirlemişlerdir. Buna göre 130°C'de 40 dk kavurma işlemi ile akrilamid konsantrasyonunun 236 µg/kg'a yükseldiği belirlenen çalışmada, kavurma sıcaklığını 180°C'ye çıkardıklarında, 4. dk'da 1834 µg/kg, 7. dk'da ise 1718 µg/kg akrilamid oluştuğunu saptamışlardır.

De Paola vd. (2017) hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli (Quick, easy, cheap, effective, rugged, and safe) kelimelerinin ilk harflerinden ismi türetilen QuEChERS yaklaşımı ile (Anastassiades, Lehotay, ve Štajnbaher, 2003; Mastovska ve Lehotay, 2006) çiğ badem, çiğ fındık, çiğ fıstık, çiğ çam fıstığı, çiğ kabak çekirdeği, kuru erik ve kuru üzüm üzerine akrilamid analizi gerçekleştirmiş ve kendi ekstraksiyon yöntemlerinin metod validasyonunu yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada akrilamidin geri kazanımı % 61 - % 82 arasında gerçekleşmiş ve yöntemin LOD değeri 2 ppb, LOQ değeri 6 ppb olarak belirlenmiştir. Yaptıkları çalışma sonunda çiğ fındık ve çiğ bademde bulunan akrilamid miktarı LOD değerinin altında kalmıştır. Ancak 146 °C'de işlem görmüş fındıkta bu değer 200 ppb'ye kadar ulaşmıştır.

Ölmez, Tuncay, Özcan ve Demirel (2008) yaptıkları çalışmada Türkiye piyasasında satılan 51 farklı üründe akrilamid miktarı analizi yapmıştır. Çalışmaları sonucunda kavrulmuş bademde 260 ppb, kavrulmuş fındıkta 128 ppb, leblebide 12 ppb akrilamid miktarı belirlemiştir. Elde ettikleri sonuçlar çalışmamızda elde edilen bulgular ile uyum içerisindedir ve tespit edilen aralığa uymaktadır. Ayrıca işlenmiş gıdaların, akrilamid miktarının farklı besin grupları

arasında, markalar arasında ve aynı markalar içinde bile büyük bir farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Chen vd. (2008) Çin piyasasında satılan 349 farklı üründe akrilamid analizi yapmış ve bunlardan ortalama, kavrulmuş fıstıkta 149 ppb, kavrulmuş kestanede 169 ppb, kavrulmuş fındıkta 357 ppb, kavrulmuş kavun çekirdeğinde 134 ppb ve kavrulmuş cevizde 208ppb akrilamid konsantrasyonu belirlemişlerdir. Ayrıca yaptıkları değerlendirmede, ortalama bir diyetle beslenen bir Çinli'nin akrilamide maruziyetini 0,35 ppb/vücut ağırlığı\*gün olarak belirtmişlerdir.

Zhang vd. (2011) iki yıl içinde Kaliforniya'nın çeşitli bölgelerinden toplanmış ve 138°C'de 22 dakika kavrulmuş 6 badem çeşidinde ortalama 187 µg/kg'lık bir akrilamid (ppb) tespit etmişlerdir. 146°C'de kontrollü kavurma sıcaklığında farklı kavurma sürelerinde 200 ppb miktarının altında akrilamid oluştuğunu belirtmişlerdir.

Lukac vd. (2007) piyasadan topladıkları kavrulmuş bademler üzerine yaptıkları çalışmada, analiz ettikleri örneklerde akrilamid miktarının 260-2000 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

El-Ziney, Al-Turki ve Tawfik (2009) markette satılan kavrulmuş Türk kahvelerinin ortalama akrilamid seviyesinin 282 µg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca markette satılan ve kavrulan diğer ürünlerinde akrilamid yönünden incelenmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Amrein vd. (2005b) Avrupa Bademlerinde önemli ölçüde daha az asparagin bulunduğunu ve ABD badem çeşitlerine göre kavurma sırasında önemli ölçüde daha az akrilamid oluştuğunu ifade etmiştir.

Tepe, Çebi, ve Aydın (2020) farklı kavurma koşullarında (130 °C, 150 °C, 160 °C ve 170 °C'de, 15 dk ve 30 dk) fındıkta oluşan akrilamid miktarını UPLC cihazı ile ölçmüştür. Analiz sonuçlarına göre sadece 170 °C'de kavrulan fındıklarda akrilamid oluştuğu raporlanmıştır. 170 °C'de 30 dk'lık işlem sonucunda 19,0 ppb akrilamid oluştuğunu belirtmişlerdir. Diğer örneklerde akrilamid konsantrasyonunu, LOD değerinin altında kaldığını raporlamışlardır.

#### 4.6. Elementel içerik analiz sonuçları

Çalışma kapsamında badem, fındık, kaju ve leblebinin eser elementel bileşimleri ortaya konmuştur. Elementlerin analizi için ICP-OES ve AAS cihazlarında her element için ayrı ayrı konsantrasyonlarda standartlar ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Cihazların çalışma prensibi gereği Ag, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Zn, P, Se, Cr ve Pb analizleri ICP-OES cihazında emülsiyon birimi olarak “units” değeri ile lineer grafikler üzerinden çalışılmış, K ve Cd için absorpsiyon ölçümü yapılarak quadratic eğri ile analiz gerçekleştirilmiştir.

Badem, fındık, kaju ve leblebinin elementel içeriği ve kuruyemişlerin elementel içeriğinin istatistiksel karşılaştırması ( $p<0,05$ ) Çizelge 4.22’de belirtilmiştir. Kuruyemişlerin elementel içeriğinde, en yüksek Ca, P ve K konsantrasyonu bademde, en yüksek Ag, Mn ve Se konsantrasyonu fındıkta, en yüksek Cu, Fe, Mg ve Na konsantrasyonu kajuda ve en yüksek Zn konsantrasyonu leblebide belirlenmiştir. Analizi yapılan ağır metallere Cr ve Cd badem, fındık, kaju ve leblebide belirlenmemiştir. Ancak ağır metallere sadece Pb kaju içerisinde 0,175 ppm olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak en düşük Ca, Cu, Mg, Mn, Na ve P konsantrasyonu leblebide, Fe, Zn ve K konsantrasyonu fındıkta belirlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.22. Kuruyemişlerin elementel içerikleri

	<b>Element</b>	<b>Badem Elementel İçeriği (ppm)</b>	<b>Fındık Elementel İçeriği (ppm)</b>	<b>Kaju Elementel İçeriği (ppm)</b>	<b>Leblebi Elementel İçeriği (ppm)</b>
1	<b>Ag</b>	0,098±0,001b	1,51±0,031a	0,09±0,005b	0,063±0,003b
2	<b>Ca</b>	2518,97±35,85a	1061,61±26,49b	734,88±9,94c	528,92±4,74d
3	<b>Cu</b>	4,50±0,04c	5,07±0,23b	6,99±0,05a	2,73±0,01d
4	<b>Fe</b>	61,70±1,22b	37,68±0,33d	107,53±1,15a	53,35±0,35c
5	<b>Mg</b>	1446,42±45,22b	1051,34±14,94c	1813,26±14,65a	316,21±10,51d
6	<b>Mn</b>	27,88±0,21c	88,68±0,72a	34,87±0,15b	7,07±0,05d
7	<b>Na</b>	1048,62±9,47b	954,79±12,91c	1139,09±6,15a	22,55±0,09d
8	<b>Zn</b>	44,64±0,32c	22,15±0,54d	82,57±0,27b	177,57±0,47a
9	<b>P</b>	8340,68±123,1a	5838,95±55,91c	6703,91±21,29b	3046,36±1,32d
10	<b>Se</b>	4,30±0,09b	5,60±0,15a	4,65±0,18b	1,53±0,14c
11	<b>K</b>	13902,7±36,2a	10255,9±58,42d	12959,0±116,8b	10904,5±15,2c
12	<b>Cr</b>	ND*a	ND*a	ND*a	ND*a
13	<b>Pb</b>	ND*b	ND*b	0,175±0,003a	ND*b
14	<b>Cd</b>	ND*a	ND*a	ND*a	ND*a

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

\*ND: Tespit edilemedi

Yapılan çalışma ile piyasada satılan badem, fındık, kaju ve leblebinin içerisinde bulunan 14 farklı element (Ag, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Pb, Se ve Zn) miktarı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bu kuruyemişlerin element içerikleri istatistiksel olarak birbiri ile kıyaslanarak, aralarındaki fark ortaya konmuştur.

Gıdaların elementel içeriğinin belirlenmesinde ICP-OES ve AAS kullanımı geçerliliğini ispatlamış yöntemlerdir. ICP-OES yöntemi diğer klasik yöntemlerden olan enstrümantal nötron



aktivasyon analizi ve X-ray flöresansa (XRF) göre daha düşük limitlerde analiz yapabilmesiyle ve alevli atomik absorpsiyon spektrofotometre ve grafit fırın atomik absorpsiyon spektrofotometreye göre aynı anda birçok elementin analizine imkan sağlamasıyla daha avantajlı bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ag, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Na, Zn, P, Se, Cr ve Pb analizleri için ICP-OES cihazı ve K ve Cd analizleri için AAS kullanmamızın temel sebebi, analizde kullandığımız kimyasallar ile ilgilidir. Her iki metot da geçerli metotlar olması sebebiyle hangisi ile çalışırsak çalışalım sonuç aynı çıkacaktır. (Monaci vd., 2000; Rodushkin, Ruth ve Huhtasaari, 1999; Sapkota vd., 2005; Tuncel, Yenisoy-Karakas, ve Dogangün, 2004; TS EN 13805, 2014; TS EN 15505, 2009; Minoia vd., 1990; Miller-Ihli 1996; Cindric, Zeiner, ve Steffan, 2007).

Bitkilerin mineral ve iz element içeriklerinin, bitki çeşidinden, toprak koşullarından, yetiştirme sırasındaki hava şartlarından, gübre kullanımından ve bitkinin hasatta olgunluk durumundan etkilendiği bilinmektedir (Koivistoinen ve Hyvonen, 1980; Pietola ve Salo, 2000; Bálint, Kovács, Erdei ve Sutka, 2001; Hattori, ve Chino, 2001). Bu sebeple kuruyemişlerin elementel içeriği çalışmalar arasında farklılık gösterebilmektedir (Sillanpää 1976). Ancak genel olarak değerlendirildiğinde literatürdeki sonuçlar ile tez çalışması kapsamında bulunan mineral içerik sonuçları uyum içerisindedir.

Moodley, Kindness, ve Jonnalagadda (2007) badem, brezilya bademi ve pıkan cevzinin elementel içeriği üzerine yaptıkları çalışmaya göre genel olarak kuruyemişlerde bulunan element konsantrasyonlarının  $Mg > Ca > Fe > Cu > Cr > As > Se$  şeklinde değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında bademde ortalama krom konsantrasyonunun 0,94 ppm olduğunu belirtmişlerdir.

Akpakpan ve Akpabio (2012) Nijerya'da yetişen bademlerin mineral içeriğini değerlendirmişlerdir. Analiz sonuçlarına göre bademde 100 ppm P, 50 ppm Na, 3500 ppm K, 3750 ppm Fe, 364 ppm Mg ve 361 ppm Ca belirlemişlerdir. Buldukları sonuçlar bizim çalışmamız ve literatürde yer alan diğer çalışmalar ile büyük farklılık göstermektedir.

Muller vd. (2014) ICP-OES ile kuruyemişlerde (kaju, brezilya cevizi ve ceviz) Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin analizi üzerine çalışmışlar. Çalışmalarında bizim de kullandığımız klasik yakma metoduna (Multiwave™) karşılık tek reaksiyon çemberi (SRC, UltraWave™ sistemi) ile yakma yöntemini değerlendirmişlerdir. Bu yöntem, 3 aşamalı bir yakma işlemi ile yakma sırasında daha çok örnek kullanarak ekstrakte edilen element

miktarına artırmayı, dolayısı ile yöntemin LOD değerini düşürmeyi hedeflemektedir. LOD değerinin düşmesi ile birlikte düşük miktardaki elementlerinde analizinin gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. UltraWave™ sistemi ile elde edilen sonuçlar ile referans yöntem sonuçları (t testi,% 95 güven seviyesi) arasında yaptıkları karşılaştırmada önemli farklılıklar gözlememişlerdir. Bu sonuçlara göre yöntemlerinin uygulanabilirliğini ispatlamışlardır. Yaptıkları element analiz sonuçlarına göre kajuda Al, As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni ve Pb elementleri için sırası ile <0,145, <0,79, <0,03, 0,12, 12,5, 0,23, 26,4, 1,34 ve 0,18 ppm olarak belirlemişlerdir. Analiz sonuçları içerisinde bizim çalışmamıza benzer olarak kajuda 0,18 ppm kurşun saptamışlardır.

Kuruyemişlerde iz element analizinde ICP-OES metoduna farklı bir alternatif metot üzerine Şimşek, Korkmaz, Veliöğlü ve Ataman (2003), UV-VIS spektrofotometre ile çalışmışlardır. Türkiye'nin farklı illerinden topladıkları fındıklarda bor (B) elementi tayini için yapılan çalışmada, UV-VIS spektrofotometrede 420 nm'de absorban alınmıştır. Çalışma sonucunda fındıkta bor miktarı 14,9 – 22,2 ppm olarak belirlenmiştir. Çalışmada UV-VIS spektrofotometre ile yapılan ölçümün ICP-OES metoduna göre daha az maliyetli olduğu belirtilmiştir.

Naozuka vd. (2011) babassu cevizi (Brezilya'nın amazon ormanlarında yetişen yağlı bir yemiş türü), hindistancevizi posası ve kajuda Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Sr, Zn, B, Si, Cl ve P elementlerini ICP-OES ile analiz etmişlerdir. Yüksek yağ içeren yemişlerin mikrodalga ile yakılması sırasında HNO<sub>3</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> karışımına alternatif olarak, 150 mg örnek için 2 ml HNO<sub>3</sub> + 1 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> + 3 ml H<sub>2</sub>O karışımını önermişlerdir. Analiz sonuçlarına göre kajuda, Al, B, Ba, Ca, Cl, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S ve Zn için sırasıyla 3,5, 6,8, <0,029, 242, <2,13, 6,1, 63, 7301, 2794, 13, 5010, 2078 ve 54 µg/g olarak belirlenmiştir. Si ve Sr kajuda tespit edilememiştir.

de Oliveira Gonçaves vd. (2020) Brezilya'da satılan bademler üzerine yaptıkları çalışmada, Cu, Fe, M ve Zn elementel konsantrasyonlarını sırasıyla, 1,80 ppm, 8,65 ppm, 8,85 ppm ve 4,83 ppm olarak belirlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar bizim sonuçlarımız ve literatürdeki diğer sonuçlar ile farklılık göstermektedir.

Momen vd. (2007) yaptıkları çalışmada fındıkta Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, Al, Ba, Cd ve Pb içeriğini ICP-OES ile analiz etmiştir. Çalışmalarında mikrodalga ile yaş yakma sırasında

HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> karışımı kullanımı ile HNO<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> karışımı kullanımını değerlendirilmiş ve her iki metodunda yaş yakma için uygun olduğu belirtilmiştir.

Bakırcıoğlu, Kurtuluş, ve Yurtsever (2013) Türk fındıklarının elementel içeriği üzerine ultrasonik ekstraksiyon ile ICP-OES’de çalışmışlardır. Çalışmaları sonucunda fındıkta Cd için 0,022–0,058, Cr için 0,126–7,106, Cu için 0,570–4,504, Fe için 8,004–12,588, Mn için 0,035–0,054, Ni için 0,908–2,182, Pb için 0,099–0,134 ve Zn için 2,206–8,982 ppm arasında değişen değerlerde element konsantrasyonu belirlemişlerdir. Ultrasonik ekstraksiyon ile geri kazanım oranının % 96–109 olduğunu belirtmişlerdir.

Xavier vd. (2019) kajuda bununa demir ve çinko konsantrasyonunu alevli fırın AAS ile belirlemişler ve sırasıyla 55,0±1,2 ppm ve 41,0±0,1 ppm olarak belirtmişlerdir. Fagbemi (2008) kajunun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yaptığı çalışmada, kajunun elementel içeriğini geniş kapsamlı olarak raporlamıştır. Çalışma sonuçlarına göre bizim çalışmamıza benzer olarak kajuda kurşun bulunduğunu raporlamıştır (0,31 ppm). Çalışma sonucuna göre, kajuda bulunan kalsiyum 128,44 ppm, Mg 1722,26 ppm, Cu 33,44 ppm, Mn 11,24 ppm, Zn 86,26 ppm, P 5097,54 ppm, Fe 158,30 ppm ve Se 0,024 ppm olarak belirtmiştir. Birçok elementte bulunduğu sonuçların bizim çalışmamıza göre daha az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi sonuçlarını değerlendirirken kuru madde üzerinden sonuç vermemiştir. Çalışma sonuçları genel olarak kuru madde üzerinden verilmektedir.

Rico, Bulló, ve Salas-Salvadó (2016) Hindistan, Brezilya, Fildişi Sahili, Kenya, Mozambik ve Vietnam’dan toplanan kaju örneklerinin kimyasal kompozisyonu üzerine yaptıkları çalışmada kajunun elementel içeriğini ortaya koymak amacı ile P, Mg, Ca, Na, Fe, Zn ve Se miktarlarını belirlemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre bizim çalışmamıza benzer olarak belirtilen elementler içerisinde en yüksek değeri 6225,9 ppm olarak fosforda belirlemişler ve bu çalışmaları ile araştırmamızdan elde edilen bulguların uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Fosfordan sonra miktar sırasına göre Mg için 2490 ppm, Ca için 410 ppm Na için 100 ppm, Fe için 5,7 ppm, Zn için 5,3 ppm ve Se için 0,039 ppm olarak raporlamışlardır. Çalışmanın kajunun dünya çapında en geniş coğrafyadan örneklem yapılarak değerlendirilmesi yönüyle önemli olduğu belirtilmiştir. Sonuçlarında elementlerin miktar olarak kendi içlerinde sıralanışı bizim sonuçlarımızla paralellik göstermektedir.

Nohut (leblebi), mercimek, buğday ve ayçiçeği çekirdeğinin elementel içeriği üzerine Güneş, İnal, ve Kadioğlu (2009), XRF ile çalışmışlardır. Çalışma kapsamında P, K, S, Ca, Mg,

Si, Cl, Fe, Zn, Cu, Mn, Mo, Na, Al, Ti, Ni, Ba, As, Br, Rb ve Sr elementlerinin analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda leblebide Na derişimi 430 ppm, Fe derişimi 104 ppm, Zn derişimi 21,93 ppm, Cu derişimi 6,52 ppm, Mn derişimi 33,58 ppm, Ca derişimi 1366 ppm ve Mg derişimi 262 ppm olarak belirlenmiştir.

Ramírez-Ojeda, Moreno-Rojas, ve Cámara-Martos (2018) mercimek, nohut ve fasulyenin hem mineral biyoyararlınımı hem de Fe, Zn, Mn, Cu, Ca ve Mg içeriklerini belirlemek amacı ile ICP-OES ile çalışmışlardır. Analiz sonucundan Fe, Zn, Mn, Cu, Ca ve Mg elementleri için leblebide sırasıyla 45, 37, 26, 8,3, 828, 1176 ppm, mercimekte sırasıyla 84, 34, 13, 9,1, 450 ve 922 ppm ve fasulyede sırasıyla 45, 24, 12, 6,9, 977 ve 1166 ppm olarak sonuç vermişlerdir. Oghbaei ve Prakash (2020) nohutta kalsiyum, demir ve çinko konsantrasyonunu inceledikleri çalışmalarında nohudun demir içeriğini 70,3 ppm, çinko içeriğini 17,3 ppm ve kalsiyum içeriğini 1148,2 ppm olarak belirlemişlerdir.

#### **4.7. *In-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirlik analiz sonuçları**

Çalışma kapsamında yapılan analizler ile farklı kavurma koşullarında kavrulmuş badem, fındık, kaju ve leblebi numunelerinin *in-vitro* sindirim sonucunda emilen mineral (Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, P, Se ve K) miktarı belirlenmiş ve badem için Çizelge 4.23’de, leblebi için Çizelge 4.25, kaju için Çizelge 4.27 ve leblebi için Çizelge 4.29’de belirtilmiştir. Ayrıca Formül 3.4’e göre hesaplanan % mineral biyoerişebilirliği ve badem için Çizelge 4.24’de, fındık için Çizelge 4.26, kaju için Çizelge 4.28 ve leblebi için Çizelge 4.30’da belirtilmiştir. Ag ve Cu için mineral biyoerişebilirlik miktarları dedeksiyon limitinin altında kalmış bu sebeple hesaplanamamıştır. Na elementi için ise sindirim sırasında ortama pankreatin eklemeyen önce pH ayarlaması amacı ile NaHCO<sub>3</sub> çözeltisi eklendiği için belirlenememiştir.

Yaptığımız çalışmada uygulanan benzer yöntemleri kullanarak elde edilen sonuçları mineral biyoyararlılık (Hemalatha vd., 2007b; Jiang vd., 2021; de Oliveira Gonçaves vd., 2020; Singh vd., 2016) veya biyoerişebilirlik (Singh vd., 2016; Aribas vd., 2020) olarak değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu durum kavram karışıklığı yaratabilmektedir. Bu sebeple tez çalışması kapsamında içerisinde elde edilen sonuçlar “*in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği” olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.23. Farklı kavurma koşullarında kavru lan bademlerde *in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm)

Uygulanan İşlem	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P (ppm)	Se (ppm)	K (ppm)
0 °C 0 dk	433,49±33,07ab	12,39±0,26a	564,29±8,82b	5,29±0,26a	13,25±0,07a	1876,18±23,2cd	0,68±0,125a	4342,21±55,10a
140 °C 20 dk	419,26±3,87ab	8,11±0,26d	590,36±2,20ab	3,90±0,10cd	9,38±0,04c	1872,05±19,6d	0,68±0,075a	4292,17±104,30a
140 °C 25 dk	372,33±32,21b	9,89±0,27c	618,75±17,64a	3,42±0,34de	8,12±0,02ef	1908,6±30,0cd	0,58±0,031a	4161,14±153,90abc
140 °C 30 dk	472,36±18,77a	12,19±0,55a	488,81±6,29cd	3,92±0,10cd	7,16±0,37g	1907,33±25,2cd	0,52±0,048a	3916,13±86,60cd
160 °C 15 dk	366,24±10,70b	10,62±0,32bc	584,78±5,61ab	5,70±0,26a	9,52±0,06bc	2153,01±33,7a	0,56±0,028a	3767,32±14,80de
160 °C 20 dk	392,27±36,18ab	13,23±0,18a	507,38±10,28c	4,40±0,08bc	7,83±0,040f	2082,6±2,8b	0,57±0,057a	4223,99±66,40ab
160 °C 25 dk	417,86±11,43ab	8,59±0,03d	456,52±14,03de	3,22±0,06de	7,97±0,050ef	1896,37±6,2cd	0,50±0,028a	3984,57±54,00bcd
180 °C 10 dk	419,57±49,51ab	11,13±0,35b	448,10±14,67e	5,08±0,22ab	8,28±0,03e	2191,08±0,5a	0,59±0,024a	4152,76±13,6abc
180 °C 15 dk	410,92±23,41ab	8,7±0,35d	424,41±14,43ef	2,94±0,23e	8,84±0,07d	1945,88±25,1c	0,52±0,033a	3776,25±42,00de
180 °C 20 dk	423,84±18,70ab	8,24±0,58d	406,96±7,6f	3,24±0,54de	9,88±0,03b	1795,53±23,4e	0,56±0,071a	3629,8±96,00e

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.24. Farklı kavurma koşullarında kavruan bademlerde *in-vitro* sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği

Uygulanan İşlem	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)	P (%)	Se (%)	K (%)
<b>Kontrol</b>	17,2	20,1	39,0	19,0	29,7	22,5	15,9	31,2
<b>140 °C 20 dk</b>	16,6	13,1	40,8	14,0	21,0	22,4	15,9	30,9
<b>140 °C 25 dk</b>	14,8	16,0	42,8	12,3	18,2	22,9	13,4	29,9
<b>140 °C 30 dk</b>	18,8	19,8	33,8	14,1	16,0	22,9	12,1	28,2
<b>160 °C 15 dk</b>	14,5	17,2	40,4	20,5	21,3	25,8	13,1	27,1
<b>160 °C 20 dk</b>	15,6	21,4	35,1	15,8	17,5	25,0	13,3	30,4
<b>160 °C 25 dk</b>	16,6	13,9	31,6	11,5	17,8	22,7	11,5	28,7
<b>180 °C 10 dk</b>	16,7	18,0	31,0	18,2	18,6	26,3	13,8	29,9
<b>180 °C 15 dk</b>	16,3	14,1	29,3	10,5	19,8	23,3	12,0	27,2
<b>180 °C 20 dk</b>	16,8	13,4	28,1	11,6	22,1	21,5	12,9	26,1

Çizelge 4.25. Farklı kavurma koşullarında kavru lan fındıklarda *in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm)

Uygulanan İşlem	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P (ppm)	Se (ppm)	K (ppm)
<b>Kontrol</b>	241,56±12,27a	6,54±0,26a	492,17±11,93a	14,52±0,17a	2,65±0,023a	1696,44±25,71a	0,6±0,074ab	3001,53±28,9a
<b>140 °C 25 dk</b>	158,61±0,91b	6,11±0,33ab	446,86±20,43b	12,86±0,32b	2,42±0,005c	1482,42±3,21d	0,65±0,029ab	2522,66±37,6c
<b>140 °C 30 dk</b>	151,57±3,43bc	5,92±0,26ab	397,46±10,73c	1186±0,87bc	2,49±0,011bc	1449,71±2,2d	0,71±0,064ab	2696,28±75,5b
<b>140 °C 35 dk</b>	144,46±6,35bcd	6,3±0,21a	367,12±10,46cd	11,03±0,22cd	2,51±0,009b	1454±15,96d	0,82±0,104a	2426,86±18,2c
<b>160 °C 18 dk</b>	145,09±11,63bcd	6,25±0,3a	347,79±18,04d	12,35±0,5b	2,22±0,012d	1574,32±25,52c	0,69±0,052ab	2770,2±31,8b
<b>160 °C 25 dk</b>	132,5±2,32cde	6,27±0,1a	356,08±6,8d	10,66±0,17d	2,03±0,014ef	1651,44±2,19b	0,66±0,053ab	2705,6±4,1b
<b>160 °C 32 dk</b>	131,02±3,99de	6,3±0,11a	333,48±9,57d	10,33±0,22d	1,94±0,081g	1595,39±1,95c	0,6±0,094ab	2743,81±26,2b
<b>180 °C 15 dk</b>	121,53±2,33ef	5,43±0,03b	292,43±3,3ef	8,05±0,06e	1,95±0,004fg	1591,57±8,13c	0,65±0,055ab	2741,9±25,3b
<b>180 °C 20 dk</b>	115,28±2,24ef	6,17±0,09a	295,65±6,63e	11,85±0,15bc	2,11±0,001e	1673,05±0,43ab	0,55±0,062b	2801,88±50,4b
<b>180 °C 25 dk</b>	109,77±3,74f	6,18±0,32a	259,03±0,91fg	10,15±0,02d	2,45±0,004bc	1357,6±2,5e	0,49±0,08b	2435,04±91,9c

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.26. Farklı kavurma koşullarında kavrulan fındıklarda *in-vitro* sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği

Uygulanan İşlem	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)	P (%)	Se (%)	K (%)
<b>Konrtol</b>	22,8	17,4	46,8	16,4	12,0	29,1	10,6	29,3
<b>140 °C 25 dk</b>	14,9	16,2	42,5	14,5	10,9	25,4	11,6	24,6
<b>140 °C 30 dk</b>	14,3	15,7	37,8	13,4	11,3	24,8	12,8	26,3
<b>140 °C 35 dk</b>	13,6	16,7	34,9	12,4	11,3	24,9	14,6	23,7
<b>160 °C 18 dk</b>	13,7	16,6	33,1	13,9	10,0	27,0	12,3	27,0
<b>160 °C 25 dk</b>	12,5	16,6	33,9	12,0	9,2	28,3	11,8	26,4
<b>160 °C 32 dk</b>	12,3	16,7	31,7	11,7	8,8	27,3	10,7	26,8
<b>180 °C 15 dk</b>	11,4	14,4	27,8	9,1	8,8	27,3	11,6	26,7
<b>180 °C 20 dk</b>	10,9	16,4	28,1	13,4	9,5	28,7	9,8	27,3
<b>180 °C 25 dk</b>	10,3	16,4	24,6	11,4	11,1	23,3	8,8	23,7



Çizelge 4.27. Farklı kavurma koşullarında kavru lan kajularda *in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm)

Uygulanan İşlem	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P (ppm)	Se (ppm)	K (ppm)
<b>Kontrol</b>	189,61±4,86a c	12,85±0,3ab	536,66±12,29a	16,9±0,46a	11,28±0,05ab	2079,1±26,28a	0,82±0,02a	2863,91±66,15cde
<b>135 °C 20 dk</b>	143,54±1,83e	14,23±0,12a	424,93±4,42b	11,99±0,17bc	11,69±0,17a	1638,54±21,15c	0,64±0,03bc	2657,19±16,23e
<b>135 °C 30 dk</b>	153,78±3,41de	14,24±0,11a	456,77±6,55b	10,9±0,06bcd	10,65±0,32bc	1818,84±0,57b	0,65±0,04bc	3059,67±21,97bcd
<b>135 °C 40 dk</b>	171,45±1,54bc	12,93±0,36ab	448,66±27,26b	11,47±0,24bcd	11,61±0,35a	1890,04±24,06b	0,66±0,02bc	3143,45±145,04b
<b>155 °C 13 dk</b>	180,38±8,22ab	13,97±0,17a	548,45±8,1a	10,25±0,12cde	11,09±0,03abc	1609,17±2,7c	0,68±0,03b	2840,66±7,33de
<b>155 °C 20 dk</b>	165,99±1,75cd	14,29±0,08a	536,41±2,81a	8,39±0,16e	11,05±0,03abc	1674,44±4,47c	0,61±0,02bc	3115,19±46,78bc
<b>155 °C 25 dk</b>	149,2±4,69e	13,18±0,21a	539,35±9,84a	9,44±0,11de	10,73±0,33bc	1873,85±8,03b	0,6±0,03bc	3505,06±47,69a
<b>175 °C 8 dk</b>	183,35±2,99ab	14,54±0,16a	550,9±6,65a	16,53±0,14a	10,41±0,08c	1867,96±15,3b	0,58±0,03c	3070,98±38,44bcd
<b>175 °C 15 dk</b>	176,98±7,77abc	10,9±1,51c	553,93±6,15a	12,61±2,22bc	11,21±0,18ab	1851,65±72,25b	0,6±0,03bc	2881,46±163,1cde
<b>175 °C 20 dk</b>	173,38±2,48bc	11,43±0,08bc	527,41±7,69a	12,72±0,09b	10,41±0,29c	1832,19±25,99b	0,69±0,02b	2926,42±55,39bcd

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p < 0,05$ ;  $n = 3$ )

Çizelge 4.28. Farklı kavurma koşullarında kavrulan kajularda *in-vitro* sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği

Uygulanan İşlem	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)	P (%)	Se (%)	K (%)
<b>Kontrol</b>	25,8	11,9	29,6	48,5	13,7	31,0	17,6	27,0
<b>135 °C 20 dk</b>	19,5	13,2	23,4	34,4	14,2	24,4	13,8	20,5
<b>135 °C 30 dk</b>	20,9	13,2	25,2	31,3	12,9	27,1	14,0	23,6
<b>135 °C 40 dk</b>	23,3	12,0	24,7	32,9	14,1	28,2	14,2	24,3
<b>155 °C 13 dk</b>	24,5	13,0	30,2	29,4	13,4	24,0	14,5	21,9
<b>155 °C 20 dk</b>	22,6	13,3	29,6	24,1	13,4	25,0	13,2	24,0
<b>155 °C 25 dk</b>	20,3	12,3	29,7	27,1	13,0	28,0	12,8	22,1
<b>175 °C 8 dk</b>	24,9	13,5	30,4	47,4	12,6	27,9	12,4	23,7
<b>175 °C 15 dk</b>	24,1	10,1	30,5	36,2	13,6	27,6	12,8	22,2
<b>175 °C 20 dk</b>	23,6	10,6	29,1	36,5	12,6	27,3	14,8	22,6

Çizelge 4.29. Farklı kavurma koşullarında kavru lan leblebilerde *in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği (ppm)

Uygulanan İşlem	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Mg (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P (ppm)	Se (ppm)	K (ppm)
<b>Kontrol</b>	205,39±2,7a	7,11±0,13a	113,8±2,43a	1,91±0,013a	67,79±0,182a	1136,35±18,2a	0,65±0,02a	4309,93±4,85a
<b>150 °C 20 dk</b>	189,61±0,63b	7,29±0,17a	113,8±2,43a	1,85±0,001b	58,53±0,121bc	1032,58±1,14d	0,61±0,01ab	4264,87±7,26c
<b>150 °C 30 dk</b>	185,44±3,41b	7,16±0,09a	108,9±1,95ab	1,68±0,018c	56,59±0,049c	1101,95±1,83b	0,55±0,05abc	4199,06±7,57d
<b>150 °C 40 dk</b>	174,24±1,77c	7,12±0,16a	106,06±0,89b	1,4±0,006e	62,71±0,081b	1065,91±0,74c	0,6±0,01abc	4260,75±2,58c
<b>175 °C 10 dk</b>	169,82±0,97c	6,63±0,07b	111,5±1,61ab	1,21±0,006g	46,4±0,02e	1010,94±2,43e	0,58±0,05abc	4339,48±3,87a
<b>175 °C 20 dk</b>	157,51±0,56d	6,73±0,01b	112,72±3,38a	1,33±0,012f	55,12±1,677cd	973,08±0,63f	0,51±0,07bc	4106,71±2,44e
<b>175 °C 30 dk</b>	170,16±1,11c	6,59±0,12b	108,02±0,84ab	1,49±0,012d	49,98±1,672e	1068,69±1,61c	0,52±0,02bc	4279,75±4,01b
<b>195 °C 10 dk</b>	166,46±0,85cd	6,47±0,12bc	109,03±1,18ab	1,14±0h	55,95±3,378c	1092,39±1,42b	0,49±0,02c	4275,08±5,52bc
<b>195 °C 20 dk</b>	163,85±8,07cd	6,41±0,01bc	105,63±1,23b	1,01±0,007i	51,05±0,825de	1032,56±3,34d	0,5±0,02bc	3485,08±2,36g
<b>195 °C 30 dk</b>	165,38±6,66cd	6,23±0,03c	107,83±0,28ab	1,03±0,002i	50,79±2,076de	1029,53±0,46d	0,49±0,01c	3763,08±3,35f

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. ( $p<0,05$ ;  $n=3$ )

Çizelge 4.30. Farklı kavurma koşullarında kavru lan leblebilerde *in-vitro* sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği

Uygulanan İşlem	Ca (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Zn (%)	P (%)	Se (%)	K (%)
<b>Kontrol</b>	38,8	13,3	36,0	27,0	38,2	37,3	41,8	39,5
<b>150 °C 20 dk</b>	35,8	13,7	36,0	26,2	33,0	33,9	39,9	39,1
<b>150 °C 30 dk</b>	35,1	13,4	34,4	23,7	31,9	36,2	36,3	38,5
<b>150 °C 40 dk</b>	32,9	13,3	33,5	19,8	35,3	35,0	39,3	39,1
<b>175 °C 10 dk</b>	32,1	12,4	35,3	17,1	26,1	33,2	38,1	39,8
<b>175 °C 20 dk</b>	29,8	12,6	35,6	18,8	31,0	31,9	33,3	37,7
<b>175 °C 30 dk</b>	32,2	12,3	34,2	21,1	28,1	35,1	33,7	39,2
<b>195 °C 10 dk</b>	31,5	12,1	34,5	16,1	31,5	35,9	31,9	39,2
<b>195 °C 20 dk</b>	31,0	12,0	33,4	14,3	28,8	33,9	33,1	32,0
<b>195 °C 30 dk</b>	31,3	11,7	34,1	14,6	28,6	33,8	32,2	34,5

Badem için kontrol grubu örneklerinde belirlenen, sindirim sonucu emilen Ca, Fe, Mn, Zn, Se, ve K miktarları istatistiksel olarak en yüksek değerler olarak görülmektedir. Kavurma işlemi ile birlikte Ca ve Se için büyük bir değişim belirlenemese de; Fe, Zn ve K için bazı numunelerde bir miktar azalma medana gelmiştir ( $p<0,05$ ). Ancak sıcaklık veya süre artışına bağlı olarak belirli bir düzende artış veya azalış belirlenememiştir. Bu sebeple genel olarak kavurma işleminin bademde emilen Ca, Fe, Mn, Zn, Se, ve K miktarlarında bir miktar azalmaya sebep olduğu; ancak işlem şartları ile ilişkili olmadığı saptanmıştır. % mineral biyoerişebilirliği sonuçları incelendiğinde kontrol grubu örnekler içinde en yüksek emilimin % 39,0 ile Mg'de olduğu tespit edilmiştir. Mg'den sonra biyoerişebilirlik miktarı sırasına göre K (% 31,2), Zn (%29,7), P (% 22,5), Fe (% 20,1), Mn (% 19,0), Ca (%17,2) ve en düşük % mineral biyoerişebilirlik olarak da Se'de (% 15,9) olarak tespit edilmiştir.

Fındık örneklerinde ise analizi yapılan tüm elementler için *in-vitro* sindirim sonucu emilen miktar istatistiksel olarak en yüksek kontrol grubunda belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Kavurma işlemi fındık örneklerinde Fe ve Se biyoerişebilirliği istatistiksel olarak etki etmemiş, diğer elementler için ise bir miktar azalmaya sebep olmuştur. Özellikle Mg biyoerişebilirliği için kavurma sırasında sıcaklıktaki artış anlamlı bir azalmaya sebep olmuştur. 20 dk'lık işlem süresinde 140, 160 ve 180°C'de yapılan kavurma işlemlerinde Mg'nin mineral biyoerişebilirliği sırası ile 446,86, 356,08 ve 259,03 ppm olarak belirlenmiştir. % mineral biyoerişebilirliği sonuçları incelendiğinde ise bademde belirlenen sonuçlara benzer olarak kontrol grubu fındıklarda en yüksek biyoerişebilirliği değeri Mg (% 46,8)'de, en düşük ise Se (% 10,6)'de tespit edilmiştir. Fındık örneklerinde de bademde olduğu gibi genel olarak kavurma işlemi uygulaması *in-vitro* sindirim sonucunda emilebilen mineral miktarını azaltmıştır.

Badem ve fındık örneklerinde olduğu gibi kontrol grubu kaju örneklerinin mineral biyoerişebilirliği kavrulmuş örneklerle göre daha yüksek tespit edilmiştir. Bu durum kajuda çalışma kapsamında incelenen tüm elementler için geçerlidir ( $p<0,05$ ). Kavrulmuş örneklerde mineral biyoerişebilirliği bazı koşullarda bir miktar azalmaktadır. Ancak örneğin Fe ve Mg'nin biyoyaralınımı 155°C'de tüm işlem sürelerinde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak değişim göstermemiştir. Kaju örneklerinde % mineral biyoerişebilirliği sonuçları değerlendirildiğinde; badem ve fındıktan farklı olarak en yüksek mineral biyoerişebilirliği % 48,5 olarak Mn elementinde olduğu tespit edilmiştir. Bu değer çalışma kapsamında değerlendirilen *in-vitro* sindirim sonucunda gerçekleşen en yüksek mineral biyoerişebilirliği değeridir. Mn elementinin biyoerişebilirliği kavurma işleminden sonra % 24,1'e kadar

gerilemiştir (155 °C ve 20 dk'lık kavurma işleminde). Mn'de % mineral biyoyerişebilirlikleri P > Mg > Ca > K > Se > Zn > Fe sırası ile devam etmektedir.

Farklı kavurma koşullarında, *in-vitro* sindirim sonucunda leblebinin mineral biyoyerişebilirliğinde ki değişim incelendiğinde diğer tüm kuruyemişlere benzer olarak tüm elementler için kontrol numunesinde mineral biyoyerişebilirliği istatistiksel olarak en yüksek grupta yer aldığı görülmektedir ( $p < 0,05$ ). Ayrıca P elementi hariç diğer tüm elementlerin işlem sıcaklığı arttıkça ve işlem süresi uzadıkça, genellikle mineral biyoyerişebilirliği azalmaktadır. Buna ek olarak, genellikle en uzun işlem süresi ve en yüksek işlem sıcaklığını içeren kavurma işlemi olan 195 °C'de 30 dk işlem uygulanan leblebilerde *in-vitro* sindirim ile mineral biyoyerişebilirliği istatistiksel olarak en düşük değer olarak tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).

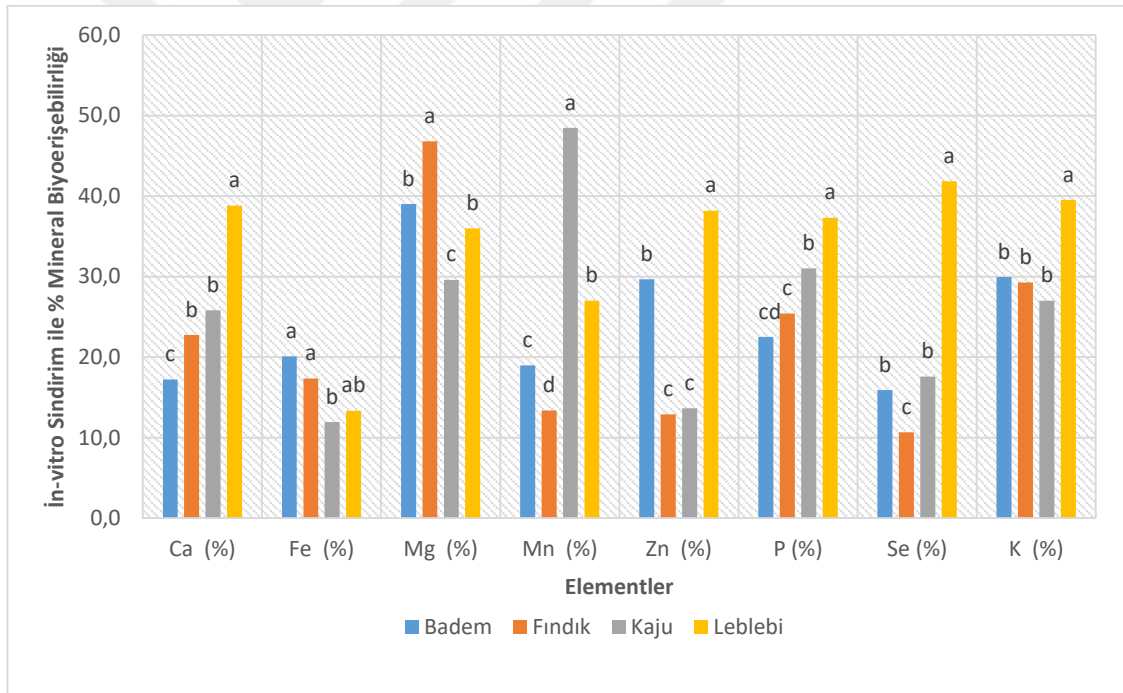
Isıl işleme bağlı olarak, endojen ve bakteriyel enzimler çoğu durumda inaktif hale gelmektedir. Bu durum fitazlar, selülazlar, pektinazlar gibi endojen enzimlerin, sindirim sırasında rol almayacağı dolayısıyla mineral biyoyerişebilirliğinin artırılmasına katkıda bulunmayacağı anlamına geldiği değerlendirilmektedir (Hemalatha, Platel, ve Srinivasan, 2007a; Raes vd., 2014; Rehman ve Shah, 2005). Ayrıca 55 °C ve üzeri sıcaklıklarda endojen enzimlerin stabil olmadıkları bilinmektedir. Kavurma işlemi gibi yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemlerde kısa sürede bu enzimler inaktive olmaktadır. Dolayısı ile işlem süresinin artması veya sıcaklığın daha da artması çok büyük bir etki göstermemektedir (Tunçel, Nout, ve Brimer 1998; Wodzinski ve Ullah, 1996). Bu çalışma sonuçlarında da ısıl işlem ile birlikte mineral biyoyerişebilirliği azaldığı görülmüştür. Bunun sebebi gerçekleşen enzim inaktivasyonu olarak değerlendirilebilir. Ayrıca çalışmamız sırasında gördüğümüz işlemin ilerlemesi (sıcaklık ve süre değişimi) mineral biyoyerişebilirliği belirli bir etki yapmamıştır. Bunun sebebi olarak da enzimlerin işlemin başlamasıyla beraber büyük oranda inaktive olması ile açıklanabilir (Wodzinski ve Ullah, 1996).

Gıdalarda mineral biyoyararlanımı, biyoyerişebilirliğini inceleyen birçok çalışmada pişirme veya kavurma işleminin mineral biyoyararlanımı ve biyoyerişebilirliğinin azalttığı konusunda benzer sonuçlar vermektedir (Burgos vd., 2018; Manditsera vd., 2019; Jiang vd., 2021). Ancak bazı çalışmalarda sıcaklık ile birlikte bazı minerallerin biyoyararlanımının değişmediğini bildirilmektedir (Manditsera vd., 2019). Çalışmalarında Manditsera vd. (2019), protein bazlı gıdalarda farklı sıcaklıklarda kavurma ve haşlama işlemi gerçekleştirerek mineral biyoyararlanım değişimini incelemiştirler. Yaptıkları çalışma sonuçlarında K, Mg, Mn, P ve

Zn'nun mineral biyoyararlanımında kavurma işleminin istatistiksel olarak herhangi bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir ( $p < 0,05$ ).

Ayrıca çalışmamız kapsamında bulduğumuz bir diğer sonuç da ısıl işlemin farklı elementlerin mineral biyoerişebilirliğine farklı etki ettiğidir. Bunun sebebi minerallerin gıda matris içerisinde farklı konumda bulunmaları dolayısı ile ısıl işlemde farklı oranda etkilenmeleri olarak değerlendirilmektedir (Raes vd., 2014).

Çalışma kapsamında kuruyemişlerin kendi aralarında *in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği arasındaki ilişkiyi incelemek amacı ile Şekil 4.13'de bulunan, kuruyemişlerin kontrol gruplarının mineral biyoerişebilirliğinin karşılaştırmasını gösteren grafik hazırlanmıştır. Bu değerlendirme yapılırken kontrol grubu örnekleri seçmemizin sebebi, hem kontrol numunelerinde tüketilebilir ve satışa sunulabilir nitelikte olması, hem de 4 matrisi de içeren ortak bir işlem parametresinin olmamasıdır.



Şekil 4.13. Çiğ kuruyemiş örneklerinde *in-vitro* sindirim sonucu % mineral biyoerişebilirliği karşılaştırılması

Ca, Zn, P, Se ve K elementlerinin mineral biyoerişebilirliği incelendiğinde en yüksek % değerler leblebide olduğu görülmektedir. Fe için en yüksek % biyoyararlanım bademde belirlenirken, Mg için fındıkta ve Mn için kajuda belirlenmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki % mineral biyoerişebilirliği değeri her element için matrise göre değişiklik göstermektedir.

de Oliveira Gonçaves vd. (2020) yaptıkları çalışmada metod olarak bizim çalışmamızda belirlediğimiz metoda benzer bir yöntemle analizlerini gerçekleştirmiş ve sonuçlarını mineral biyoyararlılığı olarak belirtmişlerdir. Alevli atomik absorpsiyon spektrometresi kullanarak elde ettikleri sonuçlara göre, bademin Cu, Fe, Mn ve Zn minerallerinin biyoyararlanımını incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre Zn, biyolojik olarak en çok erişilebilen mineral olduğunu belirlemişlerdir. Çinkonun ardından sırasıyla Mn, Fe ve Cu geldiğini belirtmişlerdir. İn-vitro biyoyararlanım analiz sonuçlarına göre Cu, Fe, Mn ve Zn için biyoyararlanım miktarları sırasıyla 0,29 ppm, 1,84 ppm, 7,22 ppm ve 3,91 ppm olarak belirlenirken, % biyoyararlanım sırasıyla % 16,8, % 21,4, % 80,3 ve %81,3 olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda yaptıkları değerlendirmede, bu tarz biyoyararlanım belirleme çalışmalarının, ürünlerin değerini ortaya koyarak ülke ekonomisine katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Analiz sonuçları genel olarak bizim sonuçlarımıza göre yüksek çıkmıştır, bu durum coğrafi olarak farklı kökenli kuruyemişlerde mineral biyoyararlanımında da farklılık olabileceğini göstermektedir. Bu çalışmada bildirilen bademde mangan ve çinko biyoyararlanım miktarı literatürde bildirilen en yüksek değerdir. Ayrıca mineral biyoyararlanım sonuçları ile askorbik asit ve fitik asit miktarı sonuçlarını birbiri ile karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuca göre, askorbik asit miktarının artması, Fe biyoyararlanımı ile pozitif korelasyon göstermiştir. Fitik asit miktarının artması ile Cu, Fe, Zn biyoyararlanımı arasında negatif korelasyon vardır. Yaptıkları değerlendirmede gıdanın matrisinin, mialal biyoyararlanım üzerinde etkili olduğunu belirlemiştir.

Siqueira Silva, Rebellato, Caramês, Greiner ve Pallone, (2020) yaptıkları çalışmada, ilk defa bitki bazlı içecekler bitkisel bazlı içecekler (BBİ) üzerine. (pirinç, kaju fıstığı, badem, yer fıstığı, hindistancevizi, yulaf içerikli içecek (içeceklere dışarıdan herhangi bir mineral eklemesi yapılmadan sadece bu ürünlerden gelen mineral içeriği değerlendirilmiş)) kalsiyum, magnezyum, demir ve çinko içeriğini araştırılmış ve *in-vitro* sindirimin farklı BBİ'lerin biyoerişebilirliği üzerindeki etkisini karşılaştırmalı olarak analiz etmişlerdir. Pirinçte toplam Ca bir örnekte 1091,50 mg/L ve % biyoerişebilirliği % 15,14, toplam Mg bir örnekte 27,69 mg/L ve % biyoerişebilirliği % 34,8 olarak belirlemişlerdir. Bademde toplam Ca, Mg, Fe ve Zn içeriği sırasıyla 1482,67, 153,67, 2,13 ve 1.68 mg/L olarak belirlenmiş ve Ca ve Mg için biyoerişebilirlikleri sırasıyla % 6,1 ve % 24,1 olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada



(Aydar, Tütüncü, ve Özçelik, 2020) badem, kaju, hindistan cevizi, fındık, yer fıstığı, susam, soya, kaplan fıstığı, yulaf, pirinç, kenevir ve ceviz bazlı içecekler üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada bu ürünlerden elde edilen düşük kalsiyum biyoerişebilirliğinin, fermantasyon ile artırılacağı önerilmiştir.

Xavier vd. (2019) kajunun demir ve çinko biyoerişebilirliklerini belirlemeyi hedefledikleri çalışma sonucuna göre kajuda demir biyoerişebilirliği % 36, çinko biyoerişebilirliği ise % 32 olarak belirlemişlerdir.

Leblebinin veya kavrulmuş nohudun *in-vitro* sindirim ile mineral biyoyararlanımı veya mineral biyoerişebilirliği üzerine bildirilmiş bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak yemeklik nohudun mineral biyoerişebilirliği literatürde tanımlanmıştır (Hemalatha vd., 2007b; Sahuquillo, Barberá, ve Farré, 2003; Sebastiá vd., 2001; Singh vd., 2016).

Hemalatha vd. (2007b) tarafında Hindistan'da tüketilen çeşitli tahıllarda (Pirinç (*Oryza sativa*), sorgum (*Sorghum vulgare*), buğday (*Triticum aestivum*), mısır (*Zea mays*) ve nohut (*Cicer arietinum*)) çinko ve demirin biyoyararlanımı üzerine ısıtma işleminin etkisi değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre ısıtma işlem uygulamasının özellikle çinko için biyoyararlanımı düşürdüğü belirlenmiştir. Isıtma işlem metoduna göre değişmekle beraber çinko için biyoyararlanım da % 11,4 - % 48 oranında azalma belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmede çinko emiliminin azalmasını, çinkonun ısıtma sırasında protein veya diğer bileşenler ile etkileşimine bağlı olabileceğini belirtmişlerdir. Demir için yaptıkları değerlendirmede ise çığ nohutta % 4,82 biyoyararlanım gerçekleşirken, kavurma metoduna göre % 4,25 - % 9,06 oranında demir biyoyararlanımı gerçekleşmiştir.

Oghbaei ve Prakash (2020) nohudun (*Cicer arietinum* L.) demir ve çinko mineral takviyeli suda çimlendirilmesinin mineral içeriği ve besinsel değerindeki değişime etkisini ve kabuk soyma ve pişirme işleminin demir, çinko ve kalsiyum biyoerişebilirliğine etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda, pişirmenin nişasta sindirilebilirliğini önemli ölçüde iyileştirdiğini, ancak demir ve çinkonun biyoerişebilirliğini etkilemediğini belirlemişlerdir. Çalışmalarında kontrol grubu olarak normal çimlendirilmiş nohut kullanmışlar ve nohudun demir içeriğini 70,3 ppm, çinko içeriğini 17,3 ppm ve kalsiyum içeriğini 1148,2 ppm olarak belirlemişlerdir. Demirin biyoerişebilirliğini 14,6 ppm, çinkonun biyoerişebilirliğini 5,3 ppm ve kalsiyumun biyoerişebilirliğini 333,5 ppm olarak belirlemişlerdir. Kabuk soyma işlemleri mineral içeriğini değiştirirse de, kabuk soyma ve ardından pişirme işlemi bir arada

değerlendirildiğinde demir, çinko ve kalsiyum için biyoerişebilirliğin de önemli bir değişime sebep olmadığını belirlemişlerdir.

Ramírez-Ojeda, Moreno-Rojas ve Cámara-Martos (2018) yaptıkları çalışmada İspanya’da yaygın olarak tüketilen baklagiller olan mercimek, fasulye ve nohut da toplam iz element içeriğinin belirlenmesi ve *in-vitro* sindirim ile mineral biyoyararlanımının değerlendirilmesi için bir çalışma yapmıştır. Çalışmaları sonucunda ham nohutta toplam demir içeriğini 45 ppm, toplam çinko içeriğini 37 ppm, toplam mangan içeriğini 26 ppm, toplam bakır içeriğini 8,3 ppm, toplam kalsiyum içeriğini 828 ppm ve toplam magnezyum içeriğini 1176 ppm olarak belirlemiştir. Yaptıkları çalışmada işlem süresinin artmasının suya geçen iz element miktarını artırdığını belirlemişlerdir. Buna bağlı olarak belirtilen iz elementler için pişirme işleminin biyoyararlanımı artırdığını değerlendirmişlerdir. Ayrıca nohudun demir, mangan, bakır ve çinko için önemli bir besinsel kaynak olduğu değerlendirmesinde bulunmuşlardır.

Sahuquillo vd. (2003) çalışmalarında nohudun kalsiyum içeriğini 800,9 ppm, demir içeriğini 47,8 ppm ve çinko 43,8 ppm olarak belirtmişlerdir. Yaptıkları *in-vitro* biyoyararlanım analiz sonuçlarına göre ise kalsiyum için 178,4 ppm (% 22,3), demir için 28,1 ppm (% 58,8) ve çinko için ise 27,6 ppm (% 63) olduğunu belirlemişlerdir. Yaptıkları değerlendirmede demirin biyoyararlanımının bu kadar yüksek çıkmasını çözünebilir toplam demiri analiz etmeleri olarak değerlendirmişlerdir. Chitra, Singh, ve Rao (1997) toplam demir yerine yalnızca çözünebilir iyonik demirin biyoyararlanımını incelemişlerdir ve çözünebilir iyonik demirin biyoyararlanımını % 25 olarak belirtmişlerdir.

## 5. SONUÇ

Bu tez kapsamında, farklı kuruyemiş örneklerinin (badem, fındık, kaju ve leblebi) bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine farklı kavurma koşullarının etkisi incelenmiştir.

Piyasadan farklı tedarikçilerden toplanan çiğ kuruyemiş örneklerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; hiçbir örnekte olumsuz hasat ve depolama koşullarına bağlı oluşan bir doğal kontaminant olan aflatoksin B1, B2, G1 ve G2 saptanamamıştır. Bu sebeple, kavrulmuş örneklerde aflatoksin varlığı incelenmemiştir. Ayrıca sıcaklık uygulaması ile aflatoksin detoksifikasyonu sağlanamamaktadır. Bu sebeple kavurma işlemine başlanmadan önce kuruyemişlerde aflatoksin analizi mutlaka yapılmalı, aflatoksinlerle kontamine olmuş kuruyemişler tespit edilmelidir. Uygun hasat ve depolama koşullarının yanı sıra düzenli analizler ile aflatoksinlerin takip edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Gıdalara yüksek sıcaklıklarda (120°C ve üzeri) ısıl işlem uygulaması ile birlikte, enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonu olan, Maillard reaksiyonu gerçekleşmektedir. Bu reaksiyon sonucunda gıdanın renginde, dokusunda ve tadında tüketici tarafından istenilen özellikler oluşmakta; ancak aynı zamanda akrilamid gibi kanserojenik, mutajenik proses kontaminantı da oluşmaktadır.

Yapılan çalışmanın ilk kısmında Maillard reaksiyonuna bağlı olarak, kavurma koşullarının renk ve tekstür değerlerine etkisi ile tüketici beğenisi enstrümantal olarak değerlendirilmiş; aynı zamanda akrilamid oluşumu da takip edilmiştir. Buna göre tüm kuruyemişlerde kavurma sıcaklığı arttıkça L\* değerinin, sertlik ve kırılgenlik değerlerinin azaldığı, öte yandan akrilamid konsantrasyonunun arttığı belirlenmiştir. Tüketime uygun olarak değerlendirilen kuruyemiş örneklerinden en yüksek akrilamid miktarı 175 °C'de 20 dk işlem görmüş kajuda 184,59 ppb olarak belirlenmiştir. Bademde en yüksek akrilamid miktarı 180 °C'de 20 dk işlem görmüş örneklerde 120,25 ppb, fındıkta en yüksek akrilamid miktarı 180 °C 25 dk işlem görmüş örneklerde 67,33 ppb ve leblebide en yüksek akrilamid miktarı ise 195 °C'de 20 dk işlem görmüş örneklerde 148,63 ppb olarak belirlenmiştir. Fındıkta diğer kuruyemişlere göre daha az akrilamid oluştuğu saptanmıştır.

WHO (2011), yayınladığı raporda akrilamid için NOAEL değerini 0,2 mg / kg vücut ağırlığı olarak belirtmiştir. Buna göre, çalışma sırasında üretilen kuruyemişler arasından en fazla akrilamid saptanan numuneler için; 70 kg ağırlığında bir insanın günde ne kadar

kuruyemiş tüketerek akrilamid için belirlenen NOAEL değerine ulaşacağını değerlendirelim: 70 kg ağırlığındaki bu bireyin günlük, en fazla akrilamid tespit edilen bademden 116,4 kg veya fındıktan 207,9 kg veya kajudan 75,8 kg veya leblebiden 94,2 kg tüketmesi gerekmektedir. Bu miktarlardaki tüketim tabii ki normal şartlar altında mümkün değildir. Ancak maruz kalınan diğer besin kaynaklarının giderek arttığını göz önüne alırsak, kavurma ile kuruyemişlerde oluşan akrilamid miktarı mutlaka değerlendirilmedi.

Çalışmanın ikinci bölümünde; badem, fındık, kaju ve leblebi örneklerinin Ag, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn, P, Se, Cr, Cd ve Pb içerikleri belirlenmiş ve bu elementlerden Ca, Fe, K, Mg, Mn, Zn, P ve Se için kavurma koşullarına göre değişen *in-vitro* sindirim ile mineral biyoerişebilirliği belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre en yüksek Ca, P ve K konsantrasyonu bademde, en yüksek Ag, Mn ve Se konsantrasyonu fındıkta, en yüksek Cu, Fe, Mg ve Na konsantrasyonu kajuda ve en yüksek Zn konsantrasyonu leblebide belirlenmiştir. Analizi yapılan ağır metallere Cr ve Cd badem, fındık, kaju ve leblebide belirlenmemiştir. Ancak ağır metallere sadece Pb kaju içerisinde 0,175 ppm olarak belirlenmiştir. Bu değer Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Tebliği'nde (29 Aralık 2011) tahıllar ve baklagiller için belirtilen, en yüksek Pb limiti olan 0,20 ppm değerinin altındadır. En düşük Ca, Cu, Mg, Mn, Na ve P konsantrasyonu leblebide, Fe, Zn ve K konsantrasyonu fındıkta belirlenmiştir.

Yaptığımız çalışmada uygulanan yöntemleri kullanarak elde edilen sonuçları mineral biyoyararlılık veya biyoerişebilirlik olarak isimlendiren çalışmalar bulunmaktadır. Terminolojik olarak farklı ifade edilsede bu çalışmaların birçoğu benzer adımları içermektedir. Bu sebeple çalışmamız içerisinde elde ettiğimiz sonuçlar "*in-vitro* sindirim sonucu mineral biyoerişebilirliği" olarak tanımlanmıştır.

*In-vitro* sindirim ile mineral biyoerişebilirliği analizi sonuçlarına göre ısı işlem görmüş kuruyemişlerde mineral biyoerişebilirliğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar kuruyemişler çiğ tüketildiğinde vücut tarafından emilen mineral miktarının daha fazla olduğunu göstermektedir. İşlem süre ve sıcaklığına bağlı olarak mineral biyoerişebilirliği bir miktar değişsede, bu iki parametrenin artış veya azalışına göre belirgin bir değişim saptanamamıştır. Kuruyemişlerin çiğ örneklerinde Ca biyoerişebilirliği % 17,2 - % 38,8, Fe biyoerişebilirliği % 11,9 - % 20,1, K biyoerişebilirliği % 27,0 - % 39,5, Mg biyoerişebilirliği % 29,6- % 46,8, Mn biyoerişebilirliği % 13,4 - % 48,5, P biyoerişebilirliği % 22,5- % 37,3, Se biyoerişebilirliği %

10,6- % 41,8 ve Zn biyoerişebilirliği % 12,9- % 38,2 aralığında bulunmuştur. Ca, Zn, P, Se ve K elementleri için en yüksek mineral biyoerişebilirlik yüzdesi leblebide görülmektedir. Fe için en yüksek % mineral biyoerişebilirliği bademde belirlenirken, Mg için fındıkta ve Mn için kajuda belirlenmiştir. Bu sonuçlar göstermektedir ki % mineral biyoerişebilirliği değeri her element için matrise göre değişkenlik göstermektedir.

Son yıllarda artan atıştırmalık tüketimi göz önüne alındığında, besin içeriği zengin olan kuruyemişlerin tüketici beğenisine sunulurken yüksek kalitede olması oldukça önemlidir. Yüksek kalitenin sürekliliğinin sağlanmasında önemli basamaklardan biri de uygulanan işlemlerin kalite analizleri ile düzenli olarak takip edilmesidir. Çalışma kapsamında 10 panelistten hazırladığımız kuruyemişleri değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistler kuruyemişleri 1 – 10 üzerinden puanlandırarak, 10: beklentimi tamamıyla karşıladı – 1: beklentimi hiç karşılamadı, tüketilemez olarak buldum olarak değerlendirmişlerdir. Bu değerlendirme sonucuna göre panelistlerden her bir kuruyemiş çeşidi için en yüksek puanı, bademde 140 °C’de 25 dk işlem görmüş, fındıkta 160 °C’de 32 dk işlem görmüş, kajuda 175 °C’de 20 dk işlem görmüş ve leblebide 175 °C’de 20 dk işlem görmüş örnekler almıştır. Bu sonuçlara göre çalışmada kullanılan cins kuruyemişler ve kullanılan kavurma makinesi kullanıldığında badem için kalite oluşturulacak kalite kabul kriteri olarak nem % 2,2±0,04, L\* değeri 52,13±2,4, sertlik 987,5±95,16 g ve kırılgenlik 0,44±0,07 mm olarak değerlendirilebilir. Aynı şekilde fındık için çalışmada panelistlerin en çok beğenisini kazanan örnek için kalite kabul kriterleri; nem % 1,29±0,03, L\* değeri 72,25±3,4, sertlik 241,98±8,18 g ve kırılgenlik 0,34±0,04 mm olarak, kaju için kalite kabul kriterleri; nem % 1,99±0,099, L\* değeri 61,01±2,32, sertlik 229,08±32 g ve kırılgenlik 0,24±0,1 mm olarak ve leblebi için kalite kabul kriterleri; nem % 5,12±0,02, L\* değeri 74,24±2,57, sertlik 218,02±18,27 g ve kırılgenlik 0,46±0,09 mm olarak değerlendirilebilir. Bu sonuçlar ile tüketicinin beğenisi enstrümantal cihazlar ile nümerik olarak değerlendirebilmektedir. Üretici oluşturacağı benzer kalite kabul kriterleri ve çalışmada belirtilen hızlı test yöntemleri ile en yüksek kalitede üretimin takibi sağlanabilecektir. Bu sayede tüketici beğenisinin sürekliliğinin sağlanmasının yanı sıra hatalı üretime bağlı ürün kaybının da önüne de geçilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abbey, M., Noakes, M., Belling, G. B. ve Nestel, P. J. (1994). Partial replacement of saturated fatty acids with almonds or walnuts lowers total plasma cholesterol and low-density-lipoprotein cholesterol. *The American journal of clinical nutrition*, 59(5), 995–999.
- Abramsson-Zetterberg, L., Vikstrom, A.C., Törnquist, M., ve Hellenas, K.E. (2008). Differences in the frequency of micronucleated erythrocytes in humans in relation to consumption of fried carbohydrate-rich food. *Mutation Research*, 653, 50–56.
- Aguayo-Mendoza, M. G., Ketel, E. C., van der Linden, E., Forde, C. G., Piqueras-Fiszman, B. ve Stieger, M. (2019). Oral processing behavior of drinkable, spoonable and chewable foods is primarily determined by rheological and mechanical food properties. *Food Quality and Preference*, 71, 87–95.
- Aguayo-Mendoza, M., Santagiuliana, M., Ong, X., Piqueras-Fiszman, B., Scholten, E. ve Stieger, M. (2020). How addition of peach gel particles to yogurt affects oral behavior, sensory perception and liking of consumers differing in age. *Food Research International*, 134, 109213.
- Aiko, V. ve Mehta, A. (2015). Occurrence, detection and detoxification of mycotoxins. *Journal of biosciences*, 40(5), 943–954.
- Airesa, A., Pascual-Sevad, N. ve Barrosa, A. (2019). Irrigation deficit turns almond by products into a valuable source of antimicrobial (poly)phenols. *Industrial Crops and Products*, 132:186–196.
- Akçin, A. (1988). Yemeklik Dane Baklagiller *Selçuk Üniversitesi İZiraat Fakültesi Yayınları*:43,:8. Konya
- Akgün, B. ve Arıcı, M. (2018). Akrilamid; Toksikitesi, Azaltma Teknikleri ve Analiz Yöntemleri. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*.20:12-21.
- Akpakpan, A. E. ve Akpabio, U. D. (2012). Evaluation of proximate composition, mineral element and anti-nutrient in almond (*Terminalia catappa*) seeds. *Research Journal of Applied Sciences*, 7(9), 489–493.
- Aktaş, R.K. (2008). Peksimet Ekmeklerinde HPLC-MS Yöntemi ile Akrilamid Tayini. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Ankara.
- Alasalvar, C. ve Shahidi, F. (2008). Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects. CRC press.
- Alasalvar, C., Pelvan, E. ve Topal, B., (2010). Effects of roasting on oil and fatty acid composition of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *International Journal of Food Science and Nutrition*, 61, 630-642.

- Albedwawia, A.S., Turner, M.S., Olaimatc A.N., Osailide, T.M., Al-Nabulsie A.A., Liu, S., Shah N.P. ve Ayyasha, M.M. (2021). An overview of microbial mitigation strategies for acrylamide: Lactic acid bacteria, yeast, and cell-free extracts. *LWT*, 143: 111159.
- Aldars-García, L., Ramos, A. J., Sanchis, V. ve Marín, S. (2016). Modelling the Probability of Growth and Aflatoxin B1 Production of *Aspergillus Flavus* under Changing Temperature Conditions in Pistachio Nuts. *Procedia Food Science*, 7, 76–79.
- Amaral, J. S., Casal, S., Seabra, R. M. ve Oliveira, B. P. P. (2006a). Effects of Roasting on Hazelnut Lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(4), 1315–1321.
- Amaral, J. S., Casal, S., Citová, I., Santos, A., Seabra, R. M. ve Oliveira, B. P. P. (2006b). Characterization of several hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars based in chemical, fatty acid and sterol composition. *European Food Research and Technology*, 222(3–4), 274–280.
- Amrein, T. M., Andres, L., Schönbacher, B., Conde-Petit, B., Escher, F., ve Amadò, R. (2005a). Acrylamide in almond products. *European Food Research and Technology*, 221(1–2), 14–18.
- Amrein, T. M., Lukac, H., Andres, L., Perren, R., Escher, F. ve Amadò, R. (2005b). Acrylamide in Roasted Almonds and Hazelnuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7819–7825.
- Amrein, T.M. (2005). Systematic Studies on Process Optimization to Minimize Acrylamide Content in Food. Ph.D. Thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- Anastassiades, M., Lehotay, S. J. ve Stajnbaher, D. (2003). Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe (QuEChERS) approach for the determination of pesticide residues. 18th *Annual Waste Testing and Quality Assurance Symposium*, WTQA, 231–241.
- Anese, M., Nicoli, M.C., Verardo, G., Munari, M., Mirolo, G. ve Bortolomeazzi, R. (2014). Effect of Vacuum Roasting on Acrylamide Formation and Reduction in Coffee Beans. *Food Chemistry*, 145, 168-172.
- Ao, L. ve Cao, J. (2012). Genotoxicity of acrylamide and glycidamide: A review of the studies by HPRT gene and TK gene mutation assays. *Genes and Environment*, 34(1), 1–8.
- AOAC (1994). Aflatoxin in corn, raw peanuts and peanut butter immunioaffinity column liquid chromatography with post column derivitization. Official Method 991.31 (First Action 1991, Final Action 1994).
- Aribas, M., Kahraman, K. ve Koxsel, H. (2020). Effects of resistant starch type 4 supplementation of bread on in vitro glycemic index value, bile acid-binding capacity, and mineral bioavailability. *Cereal Chemistry*, 97(2), 163–171.
- Arusoğlu G. (2015). Akrilamid Olusumu ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Akademik Gıda* 13(1): 61-71.

- Asao, T., Büchi, G., Abdelkader, M. M., Chang, S. B., Wick, E. L. ve Wogan, G. N. (1965). The structures of aflatoxins B and G1. *Journal of the American Chemical Society*, 87, 882.
- Asghar, M. A., Ahmed, A., Zahir, E., Asghar, M. A., Iqbal, J. ve Walker, G. (2017). Incidence of aflatoxins contamination in dry fruits and edible nuts collected from Pakistan. *Food Control*, 78, 169–175.
- Atakan, O. (2019). Ozon uygulamasının fındıkta aflatoksin miktarına ve bazı kalite kriterlerine etkisi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. YL Tezi
- Atroshi, F., Rizzo, A., Westermack, T., ve Alı-Vehmas, T. (2002). Antioxidant Nutrients and Mycotoxins. *Toxicology*, 180: 151-167.
- Awuchi, C. G. I., Ikechukwu, V. S. A., ve Echeta, C. K. (2020). Health Benefits of Micronutrients (Vitamins and Minerals) and their Associated Deficiency Diseases: A Systematic Review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1–32.
- Aydar, E.F., Tütüncü, S. ve Özçelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975.
- Bakırcıoğlu, D., Kurtuluş, Y, B. ve Yurtsever, S. (2013), Comparison of extraction induced by emulsion breaking, ultrasonic extraction and wet digestion procedures for determination of metals in edible oil samples in Turkey using ICP-OES. *Food Chemistry*, 138(2–3), 770–775,
- Bálint, A. F., Kovács, G., Erdei, L. ve Sutka, J. (2001). Comparison of the Cu, Zn, Fe, Ca and Mg contents of the grains of wild, ancient and cultivated wheat species. *Cereal Research Communications*, 29(3–4), 375–382.
- Balta, F., Battal, P., Balta, M. F. ve Yoruk, H. I. (2009). Free sugar compositions based on kernel taste in almond genotypes *Prunus dulcis* from eastern Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 45, 221–224.
- Becalski, A., Lau, B.P., Lewis, D. ve Seaman, S. W. (2003). Acrylamide in foods: Occurrence, sources, and modeling *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (3), pp. 802-808
- Bennett, J. W. ve Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(3), 497 LP – 516.
- Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Nodi, A., Grob, K., Egli, P. ve Mndli, H, (2002), Two GC-MS Methods for the Analysis of Acrylamide in Foods, *Mitt,Lebensm,Hyg.*, 93(January), 638–652.
- Boesveldt, S. ve de Graaf, K. (2017). The Differential Role of Smell and Taste For Eating Behavior. *Perception*, 46(3–4), 307–319.
- Bölek, S, ve Özdemir, M. (2017). Optimization of roasting conditions of microwave roasted *Pistacia terebinthus* beans, *LWT - Food Science and Technology*, 86, 327–336,



- Bolhuis, D. P., Forde, C. G., Cheng, Y., Xu, H., Martin, N. ve de Graaf, C. (2014). Slow food: sustained impact of harder foods on the reduction in energy intake over the course of the day, *PLoS one*, 9(4), e93370.
- Bolhuis, D. P. ve Forde, C. G. (2020). Application of food texture to moderate oral processing behaviors and energy intake. *Trends in Food Science and Technology*, 106(September), 445–456.
- Burdack-Freitag, A. ve Schieberle, P. (2010). Changes in the Key Odorants of Italian Hazelnuts (*Coryllus avellana* L. Var. Tonda Romana) Induced by Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10), 6351–6359.
- Burdurlu, H.S., Karadeniz, F. (2006). Gıdalarda Akrilamid Oluşumu ve Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu,
- Burgos, V., Binaghi, J., Ferrer, P., ve Armada, M. (2018). Effect of precooking on antinutritional factors and mineral bioaccessibility in kiwicha grains. *Journal of Cereal Science*, 80.
- Can, N.,Ö. (2007). Akrilamidin Gıda Maddelerinde Oluşumuna Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi ve Miktarlarının Tayini. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, F.J., Barba, M.J., Esteve, A. ve Frígola, A. (2014). Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13 (2), 155-171.
- Cardoso, C., Afonso, C., Lourenço, H., Costa, S., ve Nunes, M. L. (2015). Bioaccessibility assessment methodologies and their consequences for the risk–benefit evaluation of food. *Trends in Food Science ve Technology*, 41(1), 5–23.
- CDC. (2004). Outbreak of Salmonella serotype Enteritidis infections associated with raw almonds--United States and Canada, 2003-2004. MMWR. Morbidity and mortality weekly report, 53(22), 484–487.
- Cengiz, M. F., ve Gündüz, C. P. B. (2013). Acrylamide exposure among Turkish toddlers from selected cereal-based baby food samples. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 514-519.
- Chan, E., Aramini, J., Ciebin, B., Middleton, D., Ahmed, R., Howes, M., Brophy, I., Mentis, I., Jamieson, F., ve Rodgers, F. (2002). Natural or raw almonds and an outbreak of a rare phage type of Salmonella enteritidis infection. Canada communicable disease report= Releve des maladies transmissibles au Canada, 28(12), 97–99.
- Cheely, A. N., Pegg, R. B., Kerr, W. L., Swanson, R. B., Huang, G., Parrish, D. R., ve Kerrihard, A. L. (2018), Modeling sensory and instrumental texture changes of dry-roasted almonds under different storage conditions, *LWT - Food Science and Technology*, 91(February), 498–504.

- Chen, C.Y., Lapsley, K. and Blumberg, J. (2006). A nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(14): 2245-2250.
- Chen, F., Yuan, Y., Liu, J., Zhao, G., ve Hu, X. (2008). Survey of acrylamide levels in chinese foods. *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, 1(2), 85–92.
- Chen, L. ve Opara, U. L., (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International* 51(2):823–35.
- Cherif, A., Sebei, K., Boukhchina, S., Kallel, H., Belkacemi, K. ve Arul, J. (2004). Kernel fatty acid and triacylglycerol composition for three almond cultivars during maturation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(10), 901–905.
- Chitra, U., Singh, U. ve Rao, P. V. (1997). Effect of Varieties and Processing Methods on the Total and Ionizable Iron Contents of Grain Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(10), 3859–3862.
- Cilla, A., Bosch, L., Barberá, R. ve Alegría, A. (2018). Effect of processing on the bioaccessibility of bioactive compounds – A review focusing on carotenoids, minerals, ascorbic acid, tocopherols and polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 3–15.
- Cindric, I. J., Zeiner, M. ve Steffan, I. (2007). Trace elemental characterization of edible oils by ICP-AES and GFAAS. *Microchemical Journal*, 85(1 SPEC. ISS.), 136–139.
- Colic, S., D., Fotiric Akšić M. M., Lazarevic K., B., Zec G. N., Gašić, U. M., Dabic Zagorac D.C. ve Natic M.M. (2017). Fatty acid and phenolic profiles of almond grown in Serbia. *Food Chemistry*, 234, 455–463.
- Coşkuner, D. Y. ve Karababa, E. (2004). Leblebi: a Roasted Chickpea Product as a Traditional Turkish Snack Food. *Food Reviews International*, 20(3), 257–274.
- Çağlar, N.G. (2020). İnternet Üzerinden Satışa Sunulan El Yapımı Kabuklu Kuruyemiş Ezmelerinin HPLC-FLD Dedektörü Kullanılarak Aflatoksin Düzeylerinin Belirlenmesi Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Daniali, G., Jinap, S., Sanny, M. ve Tan, C.P. (2018). Effect of amino acids and frequency of reuse frying oils at different temperature on acrylamide formation in palm olein and soy bean oils via modeling system. *Food Chemistry*, 245, 1-6.
- de Lavergne, M. D., Derks, J. A. M., Ketel, E. C., de Wijk, R. A. ve Stieger, M. (2015). Eating behaviour explains differences between individuals in dynamic texture perception of sausages. *Food Quality and Preference*, 41, 189–200.
- de Oliveira Gonçalves, T., Filbido, G. S., de Oliveira Pinheiro, A. P., Pinto Piereti, P. D., Dalla Villa, R. ve de Oliveira, A. P. (2020). In vitro bioaccessibility of the Cu, Fe, Mn and Zn in the baru almond and bocaiúva pulp and, macronutrients characterization. *Journal of Food Composition and Analysis*, 86, 103356.

- de Paola, E. L., Montevecchi, G., Masino, F., Garbini, D., Barbanera, M. ve Antonelli, A. (2017), Determination of acrylamide in dried fruits and edible seeds using QuEChERS extraction and LC separation with MS detection. *Food Chemistry*, 217, 191–195,
- Del Castillo, M. D., Iriando-DeHond, A. ve Martirosyan, D. M. (2018). Are functional foods essential for sustainable health? *Annals of Nutrition ve Food Science*, 2(1): 1015.
- Demir, A. D., ve Cronin, K. (2004). The thermal kinetics of texture change and the analysis of texture variability for raw and roasted hazelnuts. *International Journal of Food Science & Technology*, 39(4), 371–383.
- Demirci, M. (2014). Gıda Kimyası. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. 7.Baskı. Tekirdağ. ISBN 975-97146-2-0.
- Dendena, B. ve Corsi, S. (2014). Cashew, from seed to market: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 753–772.
- Dikmen, D. (2015). Sert Kabuklu Kuruyemişler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Beslenme Diyetetik Dergisi*. 43(2):174-182.
- Dima, C., Assadpour, E., Dima, S. ve Jafari, S.M. (2020). Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 1– 23.
- Dima, Ş., Dima, C. ve Iordăchescu, G. (2015). Encapsulation of Functional Lipophilic Food and Drug Biocomponents. *Food Engineering Reviews*, 7(4), 417–438.
- Dybing, E., Farmer, P. B., Andersen, M., Fennell, T. R., Lalljie, S. P. D., Müller, D. J. G., Olin, S., Petersen, B. J., Schlatter, J. ve Scholz, G. (2005). Human exposure and internal dose assessments of acrylamide in food. *Food and Chemical Toxicology*, 43(3), 365–410.
- EC. (2002).Opinion of the scientific committee on food on new findings regarding the presence of acrylamide in food. European Commission, Belgium.
- EFSA (2012). Scientific report of European Food Safety Authority, Update on acrylamide levels in food from monitoring years 2007 to 2010, Parma, Italy.
- Egger, L., Ménard, O., Delgado-Andrade, C., Alvito, P., Assunção, R., Balance, S., Barberá, R., Brodkorb, A., Cattenoz, T., Clemente, A., Comi, I., Dupont, D., Garcia-Llatas, G., Lagarda, M. J., Le Feunteun, S., JanssenDuijghuijsen, L., Karakaya, S., Lesmes, U., Mackie, A. R., Portmann, R. (2016). The harmonized INFOGEST in vitro digestion method: From knowledge to action. *Food Research International*, 88, 217–225.
- El-Ziney, M. G., Al-Turki, A. A. ve Tawfik, M. S. (2009). Acrylamide status in selected traditional Saudi foods and infant milk and foods with estimation of daily exposure. *American Journal of Food Technology*, 4 (5), 177–191.
- Erdoğan, O., Tohumcu, E., Baran, M.F. ve Gökdoğan, O., (2017). Adıyaman İli Badem Üreticilerinin Zirai Mücadele Uygulamalarının Değerlendirilmesi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 5(11): 1414-1421.

- Eriksson, S. (2005). Acrylamide in food products: Identification, formation and analytical methodology. Ph.D Thesis. Institutionen för Miljö kemi Stockholms Universitet, Stockholm, Sweden.
- Ersan, L. Y., ve Topçuoğlu. (2019). Badem Sütü ile Zenginleştirilmiş Probiyotik Yoğurtların Mikrobiyolojik ve Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(2), 321–339.
- Ertaş, N. ve Doğruer, Y. (2010). Besinlerde Tekstür . Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 7 (1) , 35-42.
- Erzurum, K. (2001). Gıdalarda mikotoksin oluşumunu etkileyen faktörler. *Gıda*, 26 (4), 289-293.
- Etcheverry, P., Wallingford, J. C., Miller, D. D. ve Glahn, R. P. (2004). Calcium, zinc, and iron bioavailabilities from a commercial human milk fortifier: A comparison study. *Journal of Dairy Science*, 87(11), 3629–3637.
- Exon J. H. (2006). A review of the toxicology of acrylamide. *Journal of Toxicol Environ Health B Crit. Rev*; 9:397-412.
- Fagbemi, T. N. (2008). The influence of processing techniques on the energy, ash properties and elemental composition of cashew nut (*Anacardium occidentale* Linn). *Nutrition and Food Science*, 38(2), 136–145.
- FAO (2021). Production quantities of Hazelnuts, with shell by country, Crops. Erişim tarihi: 04.02.2021 <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- FAO/WHO. (2002). Consultation on the health implications of acrylamide in food. Geneva, 25–27.
- Fayet-Moore, F., Peters, V., McConnell, A., Petocz, P. ve Eldridge, A. L. (2017). Weekday snacking prevalence, frequency, and energy contribution have increased while foods consumed during snacking have shifted among Australian children and adolescents: 1995, 2007 and 2011–12 National Nutrition Surveys. *Nutrition journal*, 16(1), 1–14.
- FDA. (2003). Guidance on bioavailability and bioequivalence studies for orally administered drug products – general considerations. Rockville, MD: Center for Drug Evaluation and Research, the US Food and Drug Administration.
- Fernández-García, E., Carvajal-Lérida, I. ve Pérez-Gálvez, A. (2009). In vitro bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. *Nutrition Research*, 29(11), 751–760.
- Foster, K. D. A, Woda, ve M, A, Peyron, (2006). Effect of texture of plastic and elastic model foods on the parameters of mastication. *Journal of Neurophysiology* 95(6):3469–79.
- Franklin, L.M. ve Mitchell, A.E. (2019). Review of the sensory and chemical characteristics of almond (*Prunus dulcis*) flavor. *Journal of Agriculture and Food Chemistry.*, 67(10): 2743–2753.

- Friedman, M. (2003). Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(16):4504-4526.
- Galanakis, C. (2017). What is the Difference Between Bioavailability Bioaccessibility and Bioactivity of Food Components?. 27 Nisan 2017, Erişim adresi: <http://scitechconnect.elsevier.com/bioavailability-bioaccessibility-bioactivity-food-components/>
- Galani, J. H. Y., Patel, N. J., ve Talati, J. G. (2017). Acrylamide-forming potential of cereals, legumes and roots and tubers analyzed by UPLC-UV. *Food and Chemical Toxicology*, 108, 244–248.
- Galvano, F., Piva, A., Ritieni, A., Galvano, G. (2001). Dietary Strategies to Counteract the Effects of Mycotoxins: A Review. *Journal of Food Protection*, 64: 120-131.
- Georgiadou, M., Dimou, A. ve Yanniotis, S. (2012). Aflatoxin contamination in pistachio nuts: A farm to storage study. *Food Control*, 26(2), 580–586.
- Gil, M., Ruiz, P., Quijano, J., Londono-Londono, J., Jaramillo, Y., Gallego, V., Tessier, F., & Notario, R. (2020). Effect of temperature on the formation of acrylamide in cocoa beans during drying treatment: An experimental and computational study. *Heliyon*, 6(2), e03312.
- Girgin, G., Başaran, N. ve Şahin, G. (2001). Dünyada ve Türkiye’de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler. *Türk Hij Den Biyol. Derg.*, 58: 97 – 118.
- Girma, K. B., Lorenz, V., Blaurock, S. ve Edelman, F. T. (2005). Coordination chemistry of acrylamide. *Coordination Chemistry Reviews*, 249:1283–1293.
- Gonçalves Dias, F. F., Junior, S. B., Hantao, L. W., Augusto, F. ve Sato, H. H. (2017). Acrylamide mitigation in French fries using native L-asparaginase from *Aspergillus oryzae* CCT 3940. *Food Science and Technology Volume 76, Part B*, 222-229.
- Gökmen, V. (2010). Gıdalarda Akrilamid. II. Gıda Güvenliği Kongresi, İstanbul, 9-10 Aralık, İstanbul.
- Gölükcü, M. ve Tokgöz, H. (2005). Gıdalarda akrilamid oluşum mekanizması ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Derim, 41-48.
- Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G. ve Faria, J. A. F. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(3), 292–302.
- Greve, P., Lee, Y., Meullenet, J.F. ve Kunz, B. (2010). Improving the prediction for sensory texture attributes for multicomponent snack bars by optimizing instrumental test conditions. *Journal of Texture Studies* 41(3):358–80,
- Güneş, A., İnal, A. ve Kadioğlu, Y. K. (2009). Determination of mineral element concentrations in wheat, sunflower, chickpea and lentil cultivars in response to P fertilization by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *X-Ray Spectrometry*, 38(5), 451–462.

- Güneş, N. T., Köksal, A. İ., Artık, N. ve Poyrazoğlu, E. (2010). Biochemical Content of Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Cultivars from West Black Sea Region of Turkey. *European Journal of Horticultural Science*, 75(2): 77-84.
- Gürses, M. (2006). Mycoflora and aflatoxin content of hazelnuts, walnuts, peanuts, almonds and roasted chickpeas (LEBLEBI) sold in Turkey. *International Journal of Food Properties*, 9(3), 395–399.
- Gürsul, I. ve Batu, A. (2014). Geleneksel Ve Modern Yönteme Göre Ağın Leblebisi Üretimi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 5, No: 1, 2010 (57-65)
- Hattori, H. ve Chino, M. (2001) Growth, cadmium, and zinc contents of wheat grown on various soils enriched with cadmium and zinc. *Developments in Plant and Soil Sciences*, vol 92.
- Havenaar, R., Anneveld, B., Hanff, L. M., de Wildt, S. N., de Koning, B. A. E., Mooij, M. G., Lelieveld, J. P. A., ve Minekus, M. (2013). In vitro gastrointestinal model (TIM) with predictive power, even for infants and children? *International Journal of Pharmaceutics*, 457(1), 327–332.
- Hemalatha, S., Platel, K. ve Srinivasan, K. (2007a). Influence of heat processing on the bioaccessibility of zinc and iron from cereals and pulses consumed in India. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21(1), 1–7.
- Hemalatha, S., Platel, K. ve Srinivasan, K. (2007b). Zinc and iron contents and their bioaccessibility in cereals and pulses consumed in India. *Food Chemistry*, 102(4), 1328–1336.
- Hepworth, A. D., Moding, K. J. ve Stifter, C. A. (2020). A laboratory-based assessment of mother-child snack food selections and child snack food consumption: Associations with observed and maternal self-report of child feeding practices. *Food Quality and Preference*, 83, 103898.
- Hogervorst, J., (2009). Dietary acrylamide intake and human cancer risk. Datavys-Universitaire Pers Maastricht. Doktora Tezi.
- Hsu, H.T., Chen, M.J., Tseng, T.P., Cheng, L.H., Huang, L.J. ve Yeh, T.S. (2016). Kinetics for the distribution of acrylamide in french fries, fried oil and vapour during frying of potatoes. *Food Chemistry*, 211, 669-678.
- Hu, F. B., Manson, J. E. ve Willett, W. C. (2001). Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American college of Nutrition*, 20(1), 5–19.
- Hu, Q., Xu, X., Fu, Y. ve Li, Y. (2015). Rapid methods for detecting acrylamide in thermally processed foods: A review. *Food Control*, 56, 135-146.
- Hur, S. J., Lim, B. O., Decker, E. A. ve McClements, D. J. (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food chemistry*, 125(1), 1–12.
- Huwig, A., Freimund, S., Käppeli, O., ve Dutler, H. (2001). Mycotoxin detoxication of animal feed by different adsorbents. *Toxicology letters*, 122(2), 179–188.

- IARC (1994). 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.
- Isaacs, S., Aramini, J., Ciebin, B., Farrar, J. A., Ahmed, R., Middleton, D., Chandran, A. U., Harris, L. J., Howes, M., ve Chan, E. (2005). An international outbreak of salmonellosis associated with raw almonds contaminated with a rare phage type of *Salmonella* Enteritidis. *Journal of food protection*, 68(1), 191–198.
- Jia, X. Y., Zhang, Q. A., Zhang, Z. Q., Wang, Y., Yuan, J. F., Wang, H. Y., ve Zhao, D. (2011). Hepatoprotective effects of almond oil against carbon tetrachloride induced liver injury in rats. *Food Chemistry*, 125(2), 673–678.
- Jiang, S., Feng, X., Zhang, F., Wang, R., ve Zeng, M. (2021). Effects of cooking methods on the Maillard reaction products, digestibility, and mineral bioaccessibility of Pacific Oysters (*Crassostrea gigas*). *LWT*, 110943.
- Jindal, V. K. (2006). Changes During Roasting of Cashew Kernels. *Journal of Texture Studies*, 37, 263–275.
- Jogihalli, P., Singh, L., Kumar, K. ve Sharanagat, V., S. (2017). Physico-functional and antioxidant properties of sand-roasted chickpea (*Cicer arietinum*). *Food Chemistry*, 237, 1124–1132.
- Kabak, B. (2007). Bazı Mikotoksinlerin Detoksifikasyonunda *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* Suşlarının Kullanımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Kachurak, A., Bailey, R. L., Davey, A., Dabritz, L. ve Fisher, J. O. (2019). Daily Snacking Occasions, Snack Size, and Snack Energy Density as Predictors of Diet Quality among US Children Aged 2 to 5 Years. *Nutrients*, 11(7).
- Kalkan, G. (2017). Kaju Fıstığından (*Anacardium Occidentale*) Lipaz Enziminin Saflaştırılması ve Karakterizasyonu. Dumlupınar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyokimya Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Kamil, A. ve Chen, C. Y. O. (2012). health benefits of almonds beyond cholesterol reduction. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 60(27), 6694–6702.
- Kanık, T. (2018). Bademlerde aflatoksin varlığının belirlenmesi, Hitit Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. YL Tezi
- Karagöz, A. (2009). Akrilamid ve gıdalarda bulunuşu. *TAF Prev Med Bull*, 8(2), 187-192.
- Karakul, D. (2006). Patateslerde Ön Islatma işleminin Kızartılmış Üründe Akrilamid Oluşumuna Etkisi Üzerinde Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

- Karapınar, H. S. (2013). Bazı gıdaların aflatoksin içeriğinin HPLC metodu ile tayini. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Analitik Kimya Bilim Dalı. YL Tezi.
- Karasek, L., Wenzl, T. ve Anklam, E. (2009). Determination of acrylamide in roasted chestnuts and chestnut-based foods by isotope dilution HPLC-MS/MS. *Food Chemistry*, 114(4), 1555–1558.
- Kashaninejad, M., Mortazavi, A., Safekordi, A. ve Tabil, L. G. (2006). Some physical properties of Pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*, 72(1), 30–38.
- Kerr, M. A., Rennie, K. L., McCaffrey, T. A., Wallace, J. M. W., Hannon-Fletcher, M. P., ve Livingstone, M. B. E. (2008). Snacking patterns among adolescents: a comparison of type, frequency and portion size between Britain in 1997 and Northern Ireland in 2005. *British Journal of Nutrition*, 101(1), 122–131.
- Kesen, S., Sonmezdag, A.S., Kelebek, H., Selli, S., (2016). Ham ve Rafine Fındık Yağlarının Yağ Asitleri Bileşimi. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 31: 79-84.
- Khalid, A.M. ve Hussain, M., K. (2017). Badam (*Prunus amygdalus* Bail.): A Fruit with Medicinal Properties. *International Journal of Herbal Medicine*, 5(5): 114-117.
- Kita, A., ve Figiel, A. (2007). Effect of roasting on properties of walnuts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(2(A)), 89–94.
- Klepacka, J., Najda, A. ve Klimek, K. (2020). Effect of buckwheat groats processing on the content and bioaccessibility of selected minerals. *Foods*, 9(6).
- Koç, H., Çakir, E., Vinyard, C. J., Essick, G., Daubert, C. R., Drake, M. A., Osborne, J. ve Foegeding, E. A. (2014). Adaptation of oral processing to the fracture properties of soft solids. *Journal of Texture Studies*, 45(1), 47–61.
- Koivistoinen, P. ve Hyvonen, L. (1980). Carbohydrate sweeteners in foods and nutrition. *Academic Press*.
- Koyama, N., Sakamoto, H., Sakuraba, M., Koizumi, T., Takashima, Y., Hayashi, M., Matsufuji, H., Yamagata, K., Masuda, S., Kinae, N. ve Honma, M. (2006). Genotoxicity of acrylamide and glycidamide in human lymphoblastoid TK6 cells. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 603(2), 151–158.
- Köksal, A. I., Artik, N., Şimşek, A. ve Güneş, N., (2006). Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry* 99(3), 509-515
- Köksel, H., Sivri, D., Scanlon, M. G. ve Bushuk, W. (1998), Comparison of physical properties of raw and roasted chickpeas (leblebi), *Food Research International*, 31(9), 659–665,
- Köksel, H. (2009). Malt Üretiminde Akrilamid Oluşumunun Sınırlandırılması, TÜBİTAK Proje No: TOVAG 108 O 185, Ankara.



- Küçük, Z. (2009). Farklı Tahıllardan Üretilen Malt Unlarının akrilamid Düzeylerinin Belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz mart Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale
- Ladizinsky, G. ve Adler, A. (1976). The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. *Euphytica*, 25(1), 211–217.
- Lasekan, O. ve Abbas, K. (2010). Analysis of volatile flavour compounds and acrylamide in roasted Malaysian tropical almond (*Terminalia catappa*) nuts using supercritical fluid extraction. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8–9), 2212–2216.
- Lasekan, O. ve Abbas, K. (2011). Investigation of the roasting conditions with minimal acrylamide generation in tropical almond (*Terminalia catappa*) nuts by response surface methodology. *Food Chemistry*, 125(2), 713–718.
- Lasekan, O. ve Kassim, A. (2011). Investigation of the roasting conditions with minimal acrylamide generation in tropical almond (*Terminalia catappa*) nuts by response surface methodology. *Food Chemistry*, 125(2), 713–718.
- Lasschuijt, M. P., Mars, M., Stieger, M., Miquel-Kergoat, S., De Graaf, C., ve Smeets, P. A. M. (2017). Comparison of oro-sensory exposure duration and intensity manipulations on satiation. *Physiology ve behavior*, 176, 76–83.
- Leong, Y. H., Ismail, N., Latif, A. A. ve Ahmad, R. (2010). Aflatoxin occurrence in nuts and commercial nutty products in Malaysia. *Food Control*, 21(3), 334–338.
- Lin, J. T., Liu, S. C., Hu, C. C., Shyu, Y. S., Hsu, C. Y., ve Yang, D. J. (2016). Effects of roasting temperature and duration on fatty acid composition, phenolic composition, Maillard reaction degree and antioxidant attribute of almond (*Prunus dulcis*) kernel. *Food Chemistry*, 190, 520–528.
- LoPachin, R. M. (2004). The changing view of acrylamide neurotoxicity. *Neurotoxicology* 25: 617–630.
- Lukac, H., Amrein, T. M., Perren, R., Conde-Petit, B., Amadò, R., ve Escher, F. (2007). Influence of Roasting Conditions on the Acrylamide Content and the Color of Roasted Almonds. *Journal of Food Science*, 72(1), C033–C038.
- Luttfullah, G. ve Hussain, A. (2011). Studies on contamination level of aflatoxins in some dried fruits and nuts of Pakistan. *Food Control*, 22(3), 426–429.
- Manditsera, F. A., Luning, P. A., Fogliano, V., ve Lakemond, C. M. M. (2019). Effect of domestic cooking methods on protein digestibility and mineral bioaccessibility of wild harvested adult edible insects. *Food Research International*, 121, 404–411.
- Martins, L. M., Sant’Ana, A. S., Iamanaka, B. T., Berto, M. I., Pitt, J. I., ve Taniwaki, M. H. (2017). Kinetics of aflatoxin degradation during peanut roasting. *Food Research International*, 97(March), 178–183.

- Marzocchi, S., Pasini, F., Verardo, V., Ciemniewska-Żytkiewicz, H., Caboni, M. F., ve Romani, S. (2017). Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Kataloński). *LWT - Food Science and Technology*, 77, 440–448.
- Mastovska, K. ve Lehotay, S. J. (2006). Rapid sample preparation method for LC– MS/MS or GC– MS analysis of acrylamide in various food matrices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(19), 7001–7008.
- Mattes, Richard D. ve Rothacker, D. (2001). Beverage viscosity is inversely related to postprandial hunger in humans. *Physiology and Behavior* 74(4–5):551–57.
- McCrickerd, K. ve Forde, C, G, (2016), Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability, *Obesity reviews : an official. Journal of the International Association for the Study of Obesity*, 17(1), 18–29.
- Meghavarnam, A. K. ve Janakiraman, S. (2018). Evaluation of acrylamide reduction potential of l-asparaginase from *Fusarium culmorum* (ASP-87) in starchy products. *LWT*, 89, 32–37.
- Michalak, J., Gujska, E., Czarnowska-Kujawska, M. ve Nowak, F. (2017). Effect of different home-cooking methods on acrylamide formation in pre-prepared croquettes. *Journal of Food Composition and Analysis* 56, 134–139.
- Milhome, M. A. L., Lima, C. G., de Lima, L. K., Lima, F. A. F., Sousa, D. O. B., ve Nascimento, R. F. (2014). Occurrence of aflatoxins in cashew nuts produced in northeastern Brazil. *Food Control*, 42, 34–37.
- Miller-Ihli, N. J. (1996). Trace Element Determinations in Foods and Biological Samples Using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry and Flame Atomic Absorption Spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(9), 2675–2679.
- Minoia, C., Sabbioni, E., Apostoli, P., Pietra, R., Pozzoli, L., Gallorini, M., Nicolaou, G., Alessio, L., ve Capodaglio, E. (1990). Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European community. I. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. *The Science of the total environment*, 95, 89–105.
- Moghaddam, T. M., Razavi, S. M. A., Taghizadeh, M. ve Sazgarnia, A. (2016). Sensory and instrumental texture assessment of roasted pistachio nut/kernel by partial least square (PLS) regression analysis: effect of roasting conditions. *Journal of food science and technology*, 53(1), 370–380.
- Mohammad, Z. H., Murano, E. A., Moreira, R. G. ve Castillo, A. (2020). Effect of post inoculation drying procedures on the reduction of Salmonella on almonds by thermal treatments. *Food Research International*, 130, 108857.
- Momen, A. A., Zachariadis, G. A., Anthemidis, A. N. ve Stratis, J. A. (2007). Use of fractional factorial design for optimization of digestion procedures followed by multi-element determination of essential and non-essential elements in nuts using ICP-OES technique. *Talanta*, 71(1), 443–451.

- Monaci, F., Moni, F., Lanciotti, E., Grechi, D. ve Bargagli, R. (2000). Biomonitoring of airborne metals in urban environments: New tracers of vehicle emission, in place of lead. *Environmental Pollution*, 107(3), 321–327.
- Moodley, R., Kindness, A., ve Jonnalagadda, S. B. (2007), Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa, *Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, 42(5), 585–591,
- Moss, M. O. (2002). Mycotoxin Review-1. Aspergillus and Penicillium. *Mycologist*, 16: 116–119.
- Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. ve Dodson, A. T. (2002). Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, 419(6906), 448–449.
- Mrad, R., Assy, P., Maroun, R. G. ve Louka, N. (2015), Multiple optimization of polyphenols content, texture and color of roasted chickpea pre-treated by IVDV using response surface methodology, *LWT*, 62(1), 532–540,
- Muller, C. C., Muller, A. L. H., Pirola, C., Duarte, F. A., Flores, E. M. M. ve Muller, E. I. (2014), Feasibility of nut digestion using single reaction chamber for further trace element determination by ICP-OES, *Microchemical Journal*, 116, 255–260,
- Naozuka, J., Carvalho Vieira, E., Nascimento, A. N. ve Oliveira, P. V. (2011), Elemental analysis of nuts and seeds by axially viewed ICP OES, *Food Chemistry*, 124(4), 1667–1672,
- Nematollahi, A., Kamankesh, M., Hosseini, H., Hadian, Z., Ghasemi, J. ve Mohammadi, A. (2020). Investigation and determination of acrylamide in 24 types of roasted nuts and seeds using microextraction method coupled with gas chromatography–mass spectrometry: central composite design, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(3), 1249–1260,
- Nidhina, N., Bhavya, M. L., Bhaskar, N., Muthukumar, S. P. ve Murthy, P. S. (2017). Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in rumen liquor and its implications. *Food Control*, 71, 26–31.
- Nikzadeh, V. ve Sedaghat, N. (2008), Physical and Sensory Changes in Pistachio Nuts as Affected by Roasting Temperature and Storage,. *Environment Science*, 4(4), 478–483,
- Nizamlioğlu, N. M. (2015). Kavurma ve Depolama Koşullarının Bademin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi, Doktora tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Nizamlioğlu, N. M. ve Nas, S. (2019). Gıdalarda Akrilamid Oluşum Mekanizmaları, Gıdaların Akrilamid İçeriği ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda* 17(2). 232-242, DOI: 10.24323/akademik-gida.613588.

- Oghbaei, M. ve Prakash, J. (2020). Effect of dehulling and cooking on nutritional quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) germinated in mineral fortified soak water. *Journal of Food Composition and Analysis*, 94(August), 103619.
- Ogunsina, B. S. ve Bamgboye, A. I. (2012). Effect of Moisture Content, Nut Size and Hot-Oil Roasting Time on the Whole Kernel “Out-Turn” of Cashew Nuts (*Anacardium occidentale*) During Shelling. *Nigerian Food Journal*, 30(2), 57–65.
- Oğuz, H. İ., Erdoğan, S., ve Eroğlu, D., (2011). GAP üst bölgesinde kurak koşullarda yetiştirilen standart badem (*Prunus amygdalus* Batsch.) çeşitlerinde biyokimyasal ve yağ asitleri kompozisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. GAP VI. Tarım Kongresi, 09-12 Mayıs, Şanlıurfa, s.4-7.
- Omar, M. M. A., Elbashir, A. A. ve Schmitz, O. J. (2015). Determination of acrylamide in Sudanese food by high performance liquid chromatography coupled with LTQ Orbitrap mass spectrometry. *Food Chemistry*, 176, 342–349.
- Önal-Ulusoy, B., Şen, Y. ve Mutlu, M. (2019). Quality changes of hazelnut kernels subjected to different cold plasmas and gamma irradiation treatments. *LWT*, 116, 108549.
- Oracz, J., Nebesny, E., ve Żyżelewicz, D. (2011). New trends in quantification of acrylamide in food products. *Talanta*, 86, 23–34.
- Oruç, H. H. ve Sonal, S. (2001). Determination of aflatoxin M1 levels in cheese and milk consumed in Bursa, Turkey. *Veterinary and human toxicology*, 43(5), 292–293.
- Ölmez, H., Tuncay, F., Özcan, N. ve Demirel, S. (2008), A survey of acrylamide levels in foods from the Turkish market, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21(7), 564–568,
- Özbey, F. (2018). Tarihten Gelen Lezzet Çorum leblebisi. *Çorum Belediyesi Kent Arşivi Yayınları*. 1.Basım
- Özcan, M. M., Ünver, A., Erkan, E. ve Arslan, D. (2011). Characteristics of some almond kernel and oils. *Scientia Horticulturae*, 127, 330–333.
- Özcan, N. ve Ölmez, H. (2009). Akrilamid Analizi İçin Standart Metodların Gelistirilmesi. Tubitak Proje No: 104O212, Ankara.
- Özdemir, M., Açıktur, F., Yıldız, M., Biringen, G., Gürcan, T. ve Löker, M. (2001). Effect of roasting on some nutrients of hazelnuts (*Corylus Avellena* L.). *Food Chemistry*, 73(2), 185–190.
- Özdemir, M. ve Devres, O. (2000). Kinetics of color changes of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 44(1), 31–38.
- Özer, H. (2009). Fındıklara uygulanan fiziksel ve ısıl süreçlerin aflatoksinler üzerine etkisi. Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Anabilim Dalı / Biyokimya Bilim Dalı. Doktora Tezi.

- Özhan, N. B. (2008). Depolama Süresince Keçiboynuzu Pekmezinde Enzimatik Olmayan Esmerleşme Reaksiyonlarının Kinetiği. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Özkaya, Ş. ve Temiz, A. (2003). Aflatoxinler: Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(01) : 1-21.
- Pankaj, S. K., Shi, H. ve Keener, K. M. (2018). A review of novel physical and chemical decontamination technologies for aflatoxin in food. *Trends in Food Science ve Technology*, 71, 73–83.
- Parada, J. ve Aguilera, J. M. (2007). Food Microstructure Affects the Bioavailability of Several Nutrients. *Journal of Food Science*, 72(2), R21–R32.
- Pasqualone, A., Laddomada, B., Spina, A., Todaro, A., Guzmàn, C., Summo, C., Mita, G. and Giannone, V. (2018). Almond by-products: Extraction and characterization of phenolic compounds and evaluation of their potential use in composite dough with wheat flour. *LWT - Food Science and Technology*, 89: 299–306.
- Passone, M. A., Resnik, S. L. ve Etcheverry, M. G. (2005). In vitro effect of phenolic antioxidants on germination, growth and aflatoxin B1 accumulation by peanut *Aspergillus section Flavi*. *Journal of Applied Microbiology*, 99(3), 682–691.
- Pattee, H. E., Giesbrecht, F. G. ve Young, C. T. (1991). Comparison of peanut butter color determination by CIELAB L\*,a\*,b\* and Hunter color-difference methods and the relationship of roasted peanut color to roasted peanut flavor response. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(3), 519–523.
- Pennisi, M., Malaguarnera, G., Puglisi, V., Vinciguerra, L., Vacante, M. ve Malaguarnera, M. (2013). Neurotoxicity of acrylamide in exposed workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(9), 3843–3854.
- Perales, S., Barberá, R., Lagarda, M. J. ve Farré, R. (2006). Bioavailability of zinc from infant foods by in vitro methods (solubility, dialyzability and uptake and transport by Caco-2 cells). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(6), 971–978.
- Piernas, C. ve Popkin, B. M. (2010). Snacking increased among US adults between 1977 and 2006. *The Journal of nutrition*, 140(2), 325–332.
- Pietola, L. ve Salo, T. (2000). Response of P, K, Mg and NO<sub>3</sub>-N contents of carrots to irrigation, soil compaction, and nitrogen fertilisation. *Agricultural and Food Science in Finland*, 9(4), 319–331.
- Pittia, P., Dalla Rosa, M. ve Lerici, C. R. (2001), Textural Changes of Coffee Beans as Affected by Roasting Conditions, *LWT - Food Science and Technology*, 34(3), 168–175,
- Piva, G., Santi, E. ve Ekpenyong, T. (1971). Nutritive value of cashewnut extraction meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 22(1), 22–23.

- Podolak, R., Enache, E., Stone, W., Black, D. G. ve Elliott, P. H. (2010). Sources and risk factors for contamination, survival, persistence, and heat resistance of Salmonella in low-moisture foods. *Journal of Food Protection*, 73(10), 1919–1936.
- Preides, M., El Nezami, H., Peltanen, K., Salminen, S., Ahokas, J. (2000). Ability of Dairy Strains of Lactic Acid Bacteria to Bind AFM1 in a Food Model. *Journal of Food Protection*, 63 (65): 645-650.
- Pupin, L., Santos, V. da S., Santos Neto, J. P. dos, De Fusco, D. O., ve Teixeira, G. H. de A. (2018). Is the bioaccessibility of minerals affected by the processing steps of juçara fruit. *LWT*, 91, 14–25.
- Raes, K., Knockaert, D., Struijs, K. ve Van Camp, J. (2014). Role of processing on bioaccessibility of minerals: Influence of localization of minerals and anti-nutritional factors in the plant. *Trends in Food Science and Technology*, 37(1), 32–41.
- Ramírez-Ojeda, A., Moreno-Rojas, R. ve Cámara-Martos, F. (2018). Mineral and trace element content in legumes (lentils, chickpeas and beans): Bioaccessibility and probabilistic assessment of the dietary intake. *Subtropical plant science*, 73, 17-28.
- Rehman, Z., U. ve Shah, W. H. (2005). Thermal heat processing effects on antinutrients, protein and starch digestibility of food legumes. *Food Chemistry*, 91(2), 327–331.
- Rein, M. J., Renouf, M., Cruz-Hernandez, C., Actis-Goretta, L., Thakkar, S. K. ve da Silva Pinto, M. (2013). Bioavailability of bioactive food compounds: A challenging journey to bioefficacy. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 75(3), 588–602.
- Richardson, D.P., Astrup, A., Cocaul, A. and Ellis, P. (2009). The nutritional and health benefits of almonds: a healthy food choice. *Food Science and Technology Bulletin: Functional Foods*, 6 (4):41–50.
- Rico, R., Bulló, M. ve Salas-Salvadó, J. (2016). Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. *Food Science and Nutrition*, 4(2), 329–338.
- Rodushkin, I., Ruth, T. ve Huhtasaari, Å. (1999). Comparison of two digestion methods for elemental determinations in plant material by ICP techniques. *Analytica Chimica Acta*, 378(1–3), 191–200.
- Rudén, C. (2004). Acrylamide and cancer risk—expert risk assessments and the public debate. *Food and Chemical Toxicology*, 42(3), 335–349.
- Sabuncuoğlu, S., Baydar, T. ve Gümüsel, B. K. (2008). Mikotoksinler: Toksik Etkileri, Degredasyonları, Oluşumlarının Önlenmesi ve Zararlı Etkilerinin Azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Dergisi* Cilt 28 / Sayı 1 /ss. 63-92
- Sadıkoğlu, S. (2011). Yükselti farkı ve hasat dönemlerinin ordu ili ticari fındık çeşitlerindeki aflatoksin seviyesi ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerinin araştırılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı. Tokat. Doktora Tezi.

- Sağlam, H. (2006). Farklı Kavurma Sıcaklık ve Sürelerinin Leblebilerin Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Sağlam, H. ve Aseydim, A., C. (2017). Leblebi Üretiminde İkinci Kavurma Koşullarının Leblebi'nin Fizikokimyasal Özellikleri ve Duyusal Kalitesi Üzerine Etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(3), 279–292.
- Sahuquillo, A., Barberá, R. ve Farré, R. (2003). Bioaccessibility of calcium, iron and zinc from three legume samples. *Nahrung - Food*, 47(6), 438–441.
- Saklar, S., Katnas, S. ve Ungan, S. (2001). Determination of optimum hazelnut roasting conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(3), 271–281.
- Sansano, M., Castello, M.L., Heredia, A. ve Andres, A. (2016). Protective effect of chitosan on acrylamide formation in model and batter systems. *Food Hydrocolloids*, 60, 1-6.
- Sapkota, A., Krachler, M., Scholz, C., Cheburkin, A. K. ve Shotyk, W. (2005). Analytical procedures for the determination of selected major (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, and Ti) and trace (Li, Mn, Sr, and Zn) elements in peat and plant samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 540(2), 247–256.
- Sayaslan, A., Kaya, C., Yıldız, M. ve Oğuz, A. (2008). Kavruarak Üretilen Mısır, Buğday ve Nohut Çerezlerinin Akrilamid İçeriklerinin Belirlenmesi. T.C. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu, Tokat.
- Schlörmann, W., Birringer, M., Böhm, V., Löber, K., Jahreis, G., Lorkowski, S., Müller, A. K., Schöne, F., ve Gleis, M. (2015). Influence of roasting conditions on health-related compounds in different nuts. *Food Chemistry*, 180, 77–85.
- Sebastiá, V., Barberá, R., Farré, R. ve Lagarda, M. J. (2001). Effects of legume processing on calcium, iron and zinc contents and dialysabilities. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 1180–1185.
- Segura, R., Casimiro, J., Lizarraga, A., ve Ros, E. (2006). Other relevant components of nuts: phytosterols, folate and minerals. *British Journal of Nutrition*, 96, S36–S44.
- Sezer, B., Apaydin, H., Bilge, G. ve Boyaci, I. H. (2019). Detection of Pistacia vera adulteration by using laser induced breakdown spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(5), 2236–2242.
- Shakerardekani, A., Karim, R., Mohd Ghazali, H. ve Chin, N. L. (2011). Effect of roasting conditions on hardness, moisture content and colour of pistachio kernels. *International Food Research Journal*, 18(2), 723–729.
- Shani-Levi, C., Alvito, P., Andrés, A., Assunção, R., Barberá, R., Blanquet-Diot, S., Bourlieu, C., Brodkorb, A., Cilla, A., Deglaire, A., Denis, S., Dupont, D., Heredia, A., Karakaya, S., Giosafatto, C. V. L., Mariniello, L., Martins, C., Ménard, O., El, S. N., ... Lesmes, U. (2017). Extending in vitro digestion models to specific human populations: Perspectives,

- practical tools and bio-relevant information. *Trends in Food Science ve Technology*, 60, 52–63.
- Sillanpää, M. (1976), Trace elements in soils and agriculture, *FAO Soils Bulletin*, 17, 67, sayfa 3 – 5,
- Singh, P., Prasad, S. ve Aalbersberg, W. (2016). Bioavailability of Fe and Zn in selected legumes, cereals, meat and milk products consumed in Fiji. *Food Chemistry*, 207, 125–131.
- Siqueira Silva, J.G., Rebellato, A.P., Caramês, E.T.S., Greiner, R. ve Pallone, J.A.L. (2020). In vitro digestion effect on mineral bioaccessibility and antioxidant bioactive compounds of plant-based beverages. *Food Research International*, 130, 108993.
- Siripatrawan, U. ve Vitchayakitti, W. (2016). Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. *Food Hydrocolloids*, 61, 695–702.
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O. ve Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants-A review. *African journal of food science*, 4(5), 200–222.
- Spencer, P. S. ve Schaumburg, H. H. (1974). A review of acrylamide neurotoxicity part I. Properties, uses and human exposure. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 1(2), 143–150.
- Sruthi, N. U., Premjit, Y., Pandiselvam, R., Kothakota, A., ve Ramesh, S. V. (2021). An overview of conventional and emerging techniques of roasting: Effect on food bioactive signatures. *Food Chemistry*, 348(October 2020), 129088.
- Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M.-C. ve Riediker, S. (2002). Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, 419(6906), 449–450.
- Süvari, M. (2015), Farklı Kavurma Sıcaklıklarının Bazı Kuruyemişlerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,
- Şaşmaz, B. (2018). Investigation of roasting temperature, time and relative humidity on quality of hazelnuts. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. YL Tezi.
- Şimşek, A., Korkmaz, D., Velioğlu, Y. S. ve Ataman, O. Y. (2003), Determination of boron in hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties by inductively coupled plasma optical emission spectrometry and spectrophotometry. *Food Chemistry*, 83(2), 293–296,
- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. ve Törnqvist, M. (2002). Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(17), 4998–5006.



- Tepe, Y., Çebi, A. ve Aydın, H. (2020), Acrylamide content and color formation of hazelnuts roasted at different processing temperatures and times, *European Food Research and Technology*, 246(8), 1543–1549,
- TMO, (2019). 2018 Yılı Fındık Sektör Raporu. Erişim tarihi: 04.02.2021 <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/findiksektorraporu2018.pdf>
- Topçuoğlu, E. ve Ersan, Y., L. (2020). Fonksiyonel Beslenmede Bademin Önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34 (2), 427-441 .
- TS 142 (2008). Türk Standardı: Nohut. Erişim tarihi: 04.02.2021
- TS EN 13805 (2014). Gıda maddeleri- İz elementlerin tayini- Basınçla parçalama Kabul Tarihi: 24.12.2014
- TS EN 15505 (2009), Gıda maddeleri - İz elementlerin tayini - Mikrodalga parçalaması sonrası alevli atomik absorpsiyon spektrometrisi (aas) ile sodyum ve magnezyum tayini. Kabul Tarihi: 09.04.2009
- Tunail, N. (2000). Mikrobiyel Enfeksiyonlar ve İntoksikasyonlar. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara: Sim Matbaacılık Ltd. Şti.
- Tuncel, S. G., Yenisoy-Karakas, S. ve Dogangün, A. (2004). Determination of metal concentrations in lichen samples by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy technique after applying different digestion procedures. *Talanta*, 63(2), 273–277.
- Tunç, İ., Çalışkan, F., Özkan, G., Karacabey, E. (2014). Mikrodalga Destekli Soxhlet Cihazı ile Fındık Yağı Ekstraksiyonunun Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu. *Akademik Gıda* 12: 20-28.
- Tunç, M. (2019). Ozonlama işleminin kontamine çiğ fındıkların aflatoksin detoksifikasyonuna ve fizikokimyasal özelliklerine etkileri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. YL tezi
- Tunçel, G., Nout, M. J. R. ve Brimer, L. (1996). Degradation of cyanogenic glycosides of bitter apricot seeds (*Prunus armeniaca*) by endogenous and added enzymes as affected by heat treatments and particle size. *Food Chemistry*, 63(1), 65–69.
- Tuta, S. (2009). Dondurulmuş Patates Dilimlerine Uygulanan Mikrodalga ile Ön-Çözdürme İşleminin Parmak Patatesin Akrilamid İçeriği ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin. YL Tezi.
- TÜİK, (2020). <https://data.tuik.gov.tr/tr/display-bulletin/?bulletin=bitkisel-uretim-2tahmini-2020-33736#>. Erişim Tarihi 21.02.2021
- Ulay, F. G. ve Uner, G. (2003). Investigation of the Effect of Roasting Temperature. 1–10.

- Uslu, N. ve Özcan, M. M. (2017). Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(3), 344–347.
- Varela, P., Chen, J., Fiszman, S., ve Povey, M. J. W. (2006). Crispness assessment of roasted almonds by an integrated approach to texture description: Texture, acoustics, sensory and structure. *Journal of Chemometrics*, 20(6–7), 311–320.
- Wang, D., Van der Horst, K., Jacquier, E. F., Afeiche, M. C. ve Eldridge, A. L. (2018). Snacking patterns in children: A comparison between Australia, China, Mexico, and the US. *Nutrients*, 10(2), 198.
- Wienk, K. J., Marx, J. J., & Beynen, A. C. (1999). The concept of iron bioavailability and its assessment. *European journal of nutrition*, 38(2), 51–75.
- Wodzinski, R. J. ve Ullah, A. H. J. (1996). Phytase (S. L. Neidleman ve A. I. B. T.-A. in A. M. Laskin (ed.); C. 42, ss. 263–302). *Academic Press*.
- Woodroof, J. G. (1967). *Tree Nuts. The Avi Publishing Comp. Ins.*, Westport, Connecticut, USA
- World Health Organization (WHO). (2002). *FAO/WHO Consultation of the Health Implications of Acrylamide in Food, Summary Report of a Meeting Held in Geneva, 25–27 June 2002*.
- World Health Organization (WHO). (2011). *Evaluation of certain contaminants in food, World Health Organization technical report series, 959*.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Obesity and overweight*. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>:
- World Health Organization (WHO). (2019). *Healthy diet*. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/healthy-diet> (Erişim tarihi:13.04.2019)
- Wu, J., Lin, X., Lin, S., Chen, P., Huang, G., Peng, P., Cheng, Y., Ma, Y., Liu, Y. ve Ruan, R. (2019), California almond shelf life: Changes in moisture content and textural quality during storage, *Transactions of the ASABE*, 62(3), 661–671,
- Wu, Q., Xie, L. ve Xu, H. (2018). Determination of toxigenic fungi and aflatoxins in nuts and dried fruits using imaging and spectroscopic techniques. *Food Chemistry*, 252(January), 228–242.
- Xavier, A. D. S., Furtado, D. Z. S., Assunção, N. A., ve Nascimento, A. N. (2019). Bioaccessibility of Fe and Zn (associated to proteins) in cashew nut. *Journal of Food Composition and Analysis*, 83(July), 103259.
- Xu, Y., Bianchini, A., A. ve Hanna, M., (2011). Evaluation of mold and mycotoxin contaminations in hybrid hazelnuts grown in Nebraska. *Journal of Food Process Technology*, 2, 5.

- Xu, Y., Cui, B., Ran, R., Liu, Y., Chen, H., Kai, G. ve Shi, J. (2014). Risk assessment, formation, and mitigation of dietary acrylamide: Current status and future prospects. *Food and Chemical Toxicology*, 69, 1–12.
- Yan, X., Wang, Y., Chen, Y., Xie, J. ve Yu, Q. (2021). Effect of roasting duration on the solubility, structure, and IgE-binding capacity of cashew nut proteins. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 102635.
- Yang, J., Bingol, G., Pan, Z., Brandl, M. T., McHugh, T. H. ve Wang, H. (2010). Infrared heating for dry-roasting and pasteurization of almonds. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 273–280.
- Yaylayan, V. A., Wnorowski, A., ve Perez Locas, C. (2003). Why Asparagine Needs Carbohydrates To Generate Acrylamide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(6), 1753–1757.
- Yazdanpanah, H., Mohammadi, T., Abouhossain, G. ve Cheraghali, A. M. (2005). Effect of roasting on degradation of Aflatoxins in contaminated pistachio nuts. *Food and Chemical Toxicology*, 43(7), 1135–1139.
- Yıldız, H. G., Palazoğlu, T. K., Miran, W., Kocadağlı, T. ve Gökmen, V., (2017). Evolution of surface temperature and its relationship with acrylamide formation during conventional and vacuum-combined baking of cookies. *Journal of Food Engineering*, Volume 197, 17-23.
- Yıldız, M. (2014), Katı Faz Ekstraksiyon Metodu İle Lc/Msms Cihazı Kullanılarak İşlenmiş Gıdalarda Akriamid Tayini Ve Çeşitli Ön İşlemlerin Patates Kızartmasındaki Akriamid Oluşumu Üzerindeki Etkisi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi.
- Yıldız, O., Şahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö. ve Kolaylı, S. (2010). Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi, *Akademik Gıda*, 8(6), 44-51.
- Yılmaz, A. B. (2018). Organik Ve Konvansiyonel Yöntemlerle Üretilen Çeşitli Kuruyemişlerin Akriamid İçeriklerinin Karşılaştırılması, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, YL Tezi,
- Zhang, G., Huang, G., Xiao, L., Seiber, J. ve Mitchell, A. E. (2011). Acrylamide formation in almonds (*Prunus dulcis*): influences of roasting time and temperature, precursors, varietal selection, and storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(15), 8225–8232.
- Zorlugenç, B. (2009). Çeşitli Gıda Maddelerinden Flavobacterium Aurantiacum İle Aflatoksin B1 Miktarının azaltılması Üzerine Bir Araştırma. Doktora tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Zyzak, D. V., Sanders, R. A., Stojanovic, M., Tallmadge, D. H., Eberhart, B. L., Ewald, D. K., Gruber, D. C., Morsch, T. R., Strothers, M. A. ve Rizzi, G. P. (2003). Acrylamide formation mechanism in heated foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(16), 4782–4787.

## **EKLER**

