

**FARKLI KAVURMA SICAKLIKLARININ
BAZI KURUYEMİŞLERDE AKRİLAMİD
OLUŞUMUNA ETKİŐİ**

Müesser SÜVARI

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

2015

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KAVURMA SICAKLIKLARININ BAZI KURUYEMİŞLERDE
AKRİLAMİD OLUŞUMUNA ETKİSİ**

Müesser SÜVARİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. ÖMER ÖKSÜZ

TEKİRDAĞ- 2015

Her hakkı saklıdır

Bu tez, Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birim tarafından NKUBAP.00.24.YL.14.15 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ danışmanlığında, Müesser SÜVARİ tarafından hazırlanan “Farklı Kavurma Sıcaklıklarının Bazı Kuruyemişlerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından oy çokluğu ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

İmza:

Üye: Prof. Dr. Murat TAŞAN

İmza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Sadık UÇAR

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KAVURMA SICAKLIKLARININ BAZI KURUYEMİŞLERDE AKRİLAMİD OLUŞUMUNA ETKİSİ

Müesser SÜVARI

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

Bu çalışma ile 3 farklı kuruyemiş çeşidi olan ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığına 3 farklı kavurma sıcaklığı uygulanması sonucunda oluşan akrilamid konsantrasyonlarının araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla her kuruyemiş çeşidinin çiğ örnekleri de araştırmaya dahil edilerek toplam 12 örnekle çalışılmıştır. Akrilamid konsantrasyonlarının belirlenmesinin yanı sıra kuruyemiş çeşitlerinin % kuru madde, % kül, pH, % protein, % yağ, renk, duyu ve istatistiksel analizleri de yapılmıştır. Ayrıca istatistiksel analiz ile akrilamid oluşumunun diğer parametrelerle etkileşimleri de araştırılmış olup her kuruyemiş çeşidi için en yüksek korelasyon, sıcaklık parametresinde gözlenmiştir. Kuruyemişlerde akrilamid konsantrasyonlarını belirlemek için UHPLC-MS/MS cihazında analizler yapılmıştır. Akrilamid analizi için uygulanan yöntemde tespit limiti (LOD) 0,33 ng/ml; ölçüm sınırı 1 ng/ml; geri kazanım değerleri ise ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığında sırası ile %112,6, %108,2 ve %105 olarak saptanmıştır. Yapılan analizler sonucunda tüm kuruyemiş çeşitlerinin çiğ örneklerinde akrilamide rastlanmaz iken uygulanan ısı işlem sıcaklığının artması ile akrilamid konsantrasyonlarının da arttığı gözlenmiştir. Buna göre akrilamid konsantrasyonları sırası ile ayçiçeği çekirdeğinde 27,8-61,5 (ortalama 39,92±12,94) ng/ml; badem içinde 44-273 (ortalama 130,19±103,18) ng/ml; yer fıstığında ise 21,4-60,5 (ortalama 34,69±18,14) ng/ml olarak saptanmıştır. Kavurmanın etkisi ile oluşan akrilamid konsantrasyonlarının kuruyemiş çeşitleri arasından en fazla badem içinde en az da yer fıstığında meydana geldiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akrilamid, Ayçiçeği çekirdeği, Badem içi, Yer fıstığı, UHPLC-MS/MS

2015, 123 sayfa

ABSTRACT

Msc. Thesis

THE INFLUENCE OF DIFFERENT ROASTING TEMPERATURES ON THE ACRYLAMIDE FORMATION IN SOME NUTS

Müesser SÜVARI

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

Supervisor: Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ

In this study, acrylamide concentrations of three different variety of nuts namely sunflowerseeds, almonds and peanuts were determined following roasting process at three different temperatures. 12 samples were studied including raw samples of each nut. The content of dry matter, ash, pH, protein, fat were determined; colorimetric (L^* , a^* , b^*), sensory and statistical analysis were also performed and correlations between acrylamide concentrations with these parameters were investigated in each kind of nut. Temperature showed the highest correlation with acrylamide formation in all samples. UHPLC-MS/MS equipment was used for determining acrylamide concentrations of nuts. The method's limit of detection (LOD), limit of quantification (LOQ) were found as 0,33 ng/ml and 1 ng/ml, respectively. The recovery ratios were found 112,6%, 108,2% and 105% in sunflowerseeds, almonds and peanuts, respectively. The concentration of acrylamide increased with the increasing roasting temperature whereas no acrylamide was detected in raw samples. Acrylamide concentrations were determined as 27,8-61,5 (average $39,92 \pm 12,94$) ng/ml, 44-273 (average $130,19 \pm 103,18$) ng/ml, 21,4-60,5 (average $34,69 \pm 18,14$) ng/ml in sunflowerseeds, almonds and peanuts respectively. Acrylamide formation ratio was observed the highest in almonds, the lowest in peanuts under different roasting temperature conditions.

Keywords: Acrylamide, Sunflowerseeds, Almonds, Peanuts, UHPLC-MS/MS

2015, 123 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xi
ÖNSÖZ.	xii
1.GİRİŞ	1
2.KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	3
2.1.Akrilamid, Kimyasal Yapısı ve Uygulama Alanları	3
2.2.Akrilamidin Oluşum Mekanizmaları	5
2.2.1.Maillard reaksiyonu yolu ile akrilamid oluşumu	5
2.2.2.Akrolein bileşiği üzerinden akrilamid oluşumu.....	8
2.2.3.3-APA bileşiği üzerinden akrilamid oluşumu	9
2.3.Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler	10
2.3.1.İndirgen şekerler	11
2.3.2.Amino asitler	12
2.3.3.Yağlar	12
2.3.4.Karbonhidratça ve proteince zengin gıda matriksleri	13
2.3.5.pH.	14
2.3.6.Nem ve su aktivitesi	14
2.3.7.Isıtma ortamı	15
2.3.8.Depolama.....	16
2.4.Değişik Gıda Örneklerinde Akrilamid Oluşumu	16
2.4.1.Patates.	18
2.4.2.Tahıl.	20
2.4.3.Ekmek.	20
2.4.4.Kahve.	22
2.4.5.Badem.	22
2.5.Akrilamidin Sağlık Üzerinde Oluşturduğu Etkiler	23

2.5.1.Kanserojenite	24
2.5.2.Genotoksisite.....	25
2.5.3.Nörotoksisite	27
2.6.Akrilamid Azaltma Yolları.....	28
2.7.Günlük Akrilamid Alımı ve Yasal Uygulamalar	32
2.8.Yer Fıstığı.....	33
2.9.Badem İçi.....	33
2.10.Ayçiçeği Çekirdeği.....	33
3.MATERYAL VE YÖNTEM	34
3.1.Materyal.....	34
3.2.Yöntem	34
3.2.1.Kuru Madde Analizi.....	35
3.2.2.Kül Analizi.....	35
3.2.3.pH Analizi.....	35
3.2.4.Protein Analizi	35
3.2.5.Yağ Analizi	36
3.2.6.Renk Analizi	36
3.2.7.Duyusal Analiz.....	36
3.2.8.Akrilamid Analizi.....	36
3.2.9.İstatistiksel Analiz	39
4.BULGULAR ve TARTIŞMA	40
4.1.Kuruyemiş Örneklerinde Kuru Madde Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi	40
4.1.1.Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde miktarı	40
4.1.2.Badem içinin % kuru madde miktarı.....	42
4.1.3.Yer fıstığının % kuru madde miktarı.....	44
4.2.Kuruyemiş Örneklerinde Kül Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi	46
4.2.1.Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarı	46
4.2.2.Badem içinin % kül miktarı.....	48
4.2.3.Yer fıstığının % kül miktarı.....	50
4.3.Kuruyemiş Örneklerinde pH Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	52
4.3.1.Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerleri	52
4.3.2.Badem içinin pH değerleri.....	54
4.3.3.Yer fıstığının pH değerleri.....	55
4.4.Kuruyemiş Örneklerinde Protein Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	57

4.4.1.Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarları	57
4.4.2.Badem içinin % protein miktarları	59
4.4.3.Yer fıstığının % protein miktarları	61
4.5.Kuruyemiş Örneklerinde Yağ Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi	63
4.5.1.Ayçiçeği çekirdeğinin % yağ miktarı	63
4.5.2.Badem içinin % yağ miktarları	65
4.5.3.Yer fıstığının % yağ miktarları	67
4.6.Kuruyemiş Örneklerinde Renk Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	68
4.6.1.Ayçiçeği çekirdeğinin renk analizi parametrelerinin değerlendirilmesi	68
4.6.2.Badem içinin renk analizi parametrelerinin değerlendirilmesi	73
4.6.3.Yer fıstığının renk parametrelerinin değerlendirilmesi	77
4.7.Kuruyemiş Örneklerinde Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	83
4.7.1.Ayçiçeği çekirdeğinin duyuşal analiz sonuçları	83
4.7.2.Badem içinin duyuşal analiz sonuçları	87
4.7.3.Yer fıstığının duyuşal analiz sonuçları	91
4.8.Kuruyemiş Örneklerinde Akrilamid Sonuçlarının Değerlendirilmesi	95
4.8.1.Metodun geri kazanım yüzdeleri	96
4.8.2.Metodun tespit limiti ve ölçüm sınırı değerleri	96
4.8.3.Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi	97
4.8.4.Badem içinin akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi	99
4.8.5.Yer fıstığının akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi	102
5.SONUÇ ve ÖNERİLER.....	105
6.KAYNAKLAR	109
EKLER.	117
EK 1.	117
EK 2	118
EK 3	119
EK 4	120
EK 5	121
EK 6	122
ÖZGEÇMİŞ	123

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Akrilamidin farklı çözücü cinslerindeki çözünürlükleri.....	4
Çizelge 2.4. Bazı gıdalarda bulunan akrilamid seviyeleri.....	18
Çizelge 3.1. Kuruyemiş çeşitlerinin kavurma sıcaklıkları ve süreleri	34
Çizelge 4.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde miktarları	40
Çizelge 4.2. Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	42
Çizelge 4.3. Badem içinin % kuru madde miktarları.....	42
Çizelge 4.4. Badem içinin % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.5. Yer fıstığının % kuru madde miktarları.....	44
Çizelge 4.6. Yer fıstığının % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	46
Çizelge 4.7. Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarları.....	46
Çizelge 4.8. Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	48
Çizelge 4.9. Badem içinin % kül miktarı	48
Çizelge 4.10. Badem içinin % kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	50
Çizelge 4.11. Yer fıstığının % kül miktarı	51
Çizelge 4.12. Yer fıstığının kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	52
Çizelge 4.13. Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerleri.....	52
Çizelge 4.14. Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	53
Çizelge 4.15. Badem içinin pH değerleri	54
Çizelge 4.16. Badem içinin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	55
Çizelge 4.17. Yer fıstığının pH değerleri	55
Çizelge 4.18. Yer fıstığının pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	56
Çizelge 4.19. Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarları.....	57
Çizelge 4.20. Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	58
Çizelge 4.21. Badem içinin % protein miktarları	59
Çizelge 4.22. Badem içinin % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	60
Çizelge 4.23. Yer fıstığının % protein miktarları	61

Çizelge 4.24. Yer fıstığının % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	62
Çizelge 4.25. Ayçiçeği çekirdeğinin % yağ miktarları	63
Çizelge 4.26. Ayçiçeği çekirdeğinin %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	64
Çizelge 4.27. Badem içinin % yağ miktarları.....	65
Çizelge 4.28. Badem içinin %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	66
Çizelge 4.29. Yer fıstığının % yağ miktarları.....	67
Çizelge 4.30. Yer fıstığının %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	68
Çizelge 4.31. Ayçiçeği çekirdeğinin L* değerleri	69
Çizelge 4.32. Ayçiçeği çekirdeğinin L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	70
Çizelge 4.33. Ayçiçeği çekirdeğinin a* değerleri.....	70
Çizelge 4.34. Ayçiçeği çekirdeğinin a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	71
Çizelge 4.35. Ayçiçeği çekirdeğinin b* değerleri	72
Çizelge 4.36. Ayçiçeği çekirdeğinin b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	73
Çizelge 4.37. Badem içinin L* değerleri	73
Çizelge 4.38. Badem içinin L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	74
Çizelge 4.39. Badem içinin a* değerleri	74
Çizelge 4.40. Badem içinin a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	76
Çizelge 4.41. Badem içinin b* değerleri.....	76
Çizelge 4.42. Badem içinin b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	77
Çizelge 4.43. Yer fıstığının L* değerleri	78
Çizelge 4.44. Yer fıstığının L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	79
Çizelge 4.45. Yer fıstığının a* değerleri	79
Çizelge 4.46. Yer fıstığının a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	80
Çizelge 4.47. Yer fıstığının b* değerleri.....	81
Çizelge 4.48. Yer fıstığının b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.49. Ayçiçeği çekirdeğinin duyusal analiz puanları	83
Çizelge 4.50. Badem içinin duyusal analiz puanları.....	88
Çizelge 4.51. Yer fıstığının duyusal analiz puanları.....	92
Çizelge 4.52. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid değerleri.....	97
Çizelge 4.53. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	98
Çizelge 4.54. Badem içinin akrilamid değerleri	99

Çizelge 4.55. Badem içinin akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	100
Çizelge 4.56. Yer fıstığının akrilamid değerleri.....	102
Çizelge 4.57. Yer fıstığının akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	103

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Akrilamidin kimyasal yapısı.....	3
Şekil 2.2.1. Maillard reaksiyonu genel yolu.....	6
Şekil 2.2.2. α -hidroksi karbonillerin varlığında asparajinden akrilamid oluşumu	8
Şekil 2.2.3. Minör yollardan akrilamid oluşum mekanizmaları	9
Şekil 2.2.4. Asparajinden 3-APA bileşiği ve akrilamid oluşumu.....	10
Şekil 2.2.5. Akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler.....	11
Şekil 2.5. Akrilamidin metabolizması.....	26
Şekil 3.2. Santrifüj sonrası gıda ekstraktının Falcon tüpte çözücü tabakalarının sıralanmasını gösteren şematik resim	37
Şekil 4.1. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklıklara göre kuru madde miktarındaki değişim grafiği	41
Şekil 4.2. Badem içinin sıcaklıklara göre kuru madde miktarındaki değişim grafiği	43
Şekil 4.3. Yer fıstığının sıcaklıklara göre kuru madde miktarındaki değişim grafiği	45
Şekil 4.4. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre kül miktarındaki değişim grafiği	47
Şekil 4.5. Badem içinin sıcaklığa göre kül miktarındaki değişim grafiği	49
Şekil 4.6. Yer fıstığının sıcaklığa göre kül miktarındaki değişim grafiği	51
Şekil 4.7. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği	53
Şekil 4.8. Badem içinin sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği	54
Şekil 4.9. Yer fıstığının sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği	56
Şekil 4.10. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği .	58
Şekil 4.11. Badem içinin sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği.....	60
Şekil 4.12. Yer fıstığının sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği.....	62
Şekil 4.13. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği.....	64
Şekil 4.14. Badem içinin sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği	66
Şekil 4.15. Yer fıstığının sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği	67
Şekil 4.16. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre L^* değerindeki değişim grafiği.....	69
Şekil 4.17. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre a^* değerindeki değişim grafiği	71
Şekil 4.18. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre b^* değerindeki değişim grafiği	72
Şekil 4.19. Badem içinin sıcaklığa bağlı L^* değerlerindeki değişim grafiği	74
Şekil 4.20. Badem içinin sıcaklığa bağlı a^* değerlerindeki değişim grafiği.....	75
Şekil 4.21. Badem içinin sıcaklığa bağlı b^* değerlerindeki değişim grafiği.....	77
Şekil 4.22. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı L^* değerlerindeki değişim grafiği	78
Şekil 4.23. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı a^* değerlerindeki değişim grafiği.....	80
Şekil 4.24. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı b^* değerlerindeki değişim grafiği.....	81

Şekil 4.25. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı tat değişim grafiği	84
Şekil 4.26. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı gevreklik değişim grafiği.....	85
Şekil 4.27. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı koku değişim grafiği	85
Şekil 4.28. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı koku değişim grafiği	86
Şekil 4.29. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı genel beğeni düzeyindeki değişim grafiği .	87
Şekil 4.30. Badem içinin sıcaklığa bağlı tat puanlarının değişim grafiği	87
Şekil 4.31. Badem içinin sıcaklığa bağlı gevreklik puanlarını gösteren grafik.....	89
Şekil 4.32. Badem içinin sıcaklığa bağlı koku puanlarının değişim grafiği	89
Şekil 4. 33. Badem içinin sıcaklığa bağlı koku puanlarının değişim grafiği	90
Şekil 4.34. Badem içinin sıcaklığa bağlı genel beğeni düzeyi puanlarındaki değişim grafiği .	91
Şekil 4.35. Yer fıstığında sıcaklığa bağlı tat puanlarının değişim grafiği.....	93
Şekil 4.36. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının çıtırlık puanlarındaki değişim grafiği	93
Şekil 4.37. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının koku puanlarındaki değişim grafiği	94
Şekil 4.38. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının renk puanlarındaki değişim grafiği	94
Şekil 4.39. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının genel beğeni puanlarındaki değişim grafiği	95
Şekil 4.40. Akrilamid standartları ile çizdirilen kalibrasyon eğrisi grafiği.....	96
Şekil 4.41. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği.....	98
Şekil 4.42. Badem içinin sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği	100
Şekil 4.43. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği	103

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrad derece
µg/kg	: Mikrogram/kilogram
µm	: Mikrometre
3- APA	: 3- Aminopropionamid
Å	: Angström
ARP	: Amadori Reaction Products
DNA	: Deoksiribonükleik asit
EC	: European Commission
FAO	: Food and Agricultural Organization
g/l	: Gram/litre
GA	: Glisidamid
HMF	: Hidroksimetilfurfural
HPRT	: Hipoksantin guanin fosforibozil transferaz
IARC	: International Agency for Research on Cancer
kg	: Kilogram
kPa	: Kilopascal
LC-MS	: Liquid Chromatography Mass Spectrometry
LOD	: Limit of Detection
LOQ	: Limit of Quantification
Maks.	: Maksimum
mg	: Miligram
mg/kg	: Miligram/kilogram
Min.	: Minimum
ml	: Mililitre
mmol	: Milimol
N3-GA-Ade	: N3-(2-karbomil-2-hidroksietil)-adenin
N7-GA-Gua	: N7-(2-karbomil-2-hidroksietil)-guanin
ng/g	: Nanogram/gram
ng/ml	: Nanogram/mililitre
Ort.	: Ortalama
pH	: Asitliği ya da bazlığı bildiren birim
ppb	: Part per billion
ppm	: Part per million
rpm	: Revolution per minute
SML	: Spesifik Migrasyon Limiti
TBHQ	: Tersinir Bütil Hidrokinon
TED	: Tespit Edilemeyen Düzey
TK	: Timidin kinaz
UHPLC	: Ultra Performance Liquid Chromatography
UV	: Ultraviyole
w/v	: Weight/volume
WHO	: World Health Organization

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmam boyunca her türlü yardımı sağlayan, bilgi ve tecrübelerinden ışık alarak bu çalışmayı yapmama destek olan saygıdeğer Hocam Prof. Dr. Ömer ÖKSÜZ'e, istatistiksel analizleri yapabilmem için bana yol gösteren saygıdeğer Hocam Yrd. Doç. Dr. Binnur KAPTAN'a, değerli görüşlerinden yararlandığım ve laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Uzman Ayşenur ÖZVARDARLI'ya, Uzman Elif Burcu BAHADIR'a, Uzman Duygu KORUCU'ya, çalışmamın her aşamasında fikirlerinden yararlanıp bana destek olan değerli arkadaşım Gülsüm UÇAK'a, tez projeme maddi destek veren ve laboratuvar çalışmalarında analizlerin yapılmasına imkan sağlayan Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi (NABİLTEM) ile Namık Kemal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'na, numune tedarik etmemde kolaylık sağlayan Nurdan Gıda Pazarlama Ltd. Ş.t.i.'ye ve Sayın Nurdan Altay GÜNGÖR'e, beni her zaman destekleyip her koşulda yanımda olan değerli aileme ve emeği geçen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ekim 2015

Müessir SÜVARI

1. GİRİŞ

Gıdaları muhafaza etmek ve işlemekteki esas amaç; hammaddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde mümkün olduğunca az değişiklikler yaparak, elde edilen ürünün taze haline en yakın şekilde korunması ve bu özellikleriyle saklanabildiği süre olan raf ömrünün uzatılmasıdır. Bu işlem için gıda endüstrisinde uygulanan çok çeşitli muhafaza yöntemleri arasında en yoğun olarak kullanılan ısıtma işlemidir (Yılmaz Sarıözlü 2009).

Gıda ürünlerinin işlenmesi ve korunması için genellikle ısıtma işlemleri olan pişirme, fırınlama, ızgara yapma, kızartma ve sterilizasyon işlemleri 90-220°C’lerde uygulanmaktadır. Bu gibi yüksek sıcaklıklar toksik bileşenlerin oluşumuna öncülük edebilir, bu bileşenler gıdaların besleyici özelliğini ve gıda güvenliğini azaltabilir. Bu grupta yer alan bileşikler; kanserojenik/mutajenik bileşenler olarak bilinen heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, *N*- alkil- *N*- nitrozaminler ve akrilamiddir (Claeys ve ark. 2005, Alpözen 2012).

Akrilamid ($\text{CH}_2\text{CHCONH}_2$), poliakrilamid sentezinde kullanılan önemli bir endüstriyel monomerdur (Ötleş ve Ötleş 2004, Rice 2005, Chen ve ark. 2012, Ao ve Cao 2012, Alpözen 2012). Moleküler ağırlığı 71,9 gram, kaynama noktası 192,6°C, erime noktası da 87,5°C’dir. Bu monomer beyaz kristal formda oluşur, kokusuzdur, kristal gibi taneciklidir; suda, etanolde, metanolde, dimetil eter ve asetonda çözünür; heptan ve benzende çözünmez (Ötleş ve Ötleş 2004, Girma ve ark. 2005, Zhang ve Zhang 2007, Riboldi ve ark. 2014).

Akrilamid bazı gıda ambalajlarını da içeren plastiklerin üretiminde, sentetik kauçuk üretiminde, bazı kopolimerde ve ayrıca su arıtmada da kullanılmaktadır (Ötleş ve Ötleş 2004, Burdurlu ve Karadeniz 2006).

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (1994) tarafından akrilamid “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırılarak Grup 2 A’ya dahil edilmiştir (IARC 1994).

Akrilamid oluşumundan sorumlu çeşitli majör ve minör yollar bulunmaktadır. Maillard reaksiyonunun yanında 3- aminopropionamid (3- APA) bileşiği, dekarboksile Schiff bazı, dekarboksile Amadori ürünü, akrilik asit ve akrolein yolu ile de akrilamidin oluştuğu bildirilmektedir (Taeymans ve ark. 2004, Taşan ve Arslan 2007, Gökmen ve Şenyuva 2007a, Alpözen 2012, Xu ve ark. 2014).

Karbonhidrat ve protein içerikli gıdaların yüksek sıcaklıklarda (120°C) pişirilmesi (kızartma, fırınlama) sonucu oluşan akrilamid, gıdaların doğal olarak yapısında bulunmayan bir bileşiktir (Karagöz 2009). Akrilamid oluşumu sadece gıdalardaki asparajin ve indirgen şeker içeriğinden etkilenmediği, aynı zamanda pişirme sıcaklığı, pişirme zamanı, nem içeriği

ve eklenen katkılardan da etkilendiği bildirilmektedir (Gökmen ve Şenyuva 2007a, De Vleeschouwer ve ark. 2008, Kotsiou ve ark. 2013).

Akrilamide çiiğ ya da haşlanmış gıdalarda rastlanmadığı, akrilamidin doğal ürünlerde oluşmadığı bildirilmiştir (IARC 1994, Taeymans ve ark. 2004, Claeys ve ark. 2005, Yıldırım 2010).

Patates cipsi, patates kızartması, ekmek, bisküviler ve kekler, tahıllar, kahve, kakao, kavrulmuş çerezler, kahvaltılık gevrekler gibi birçok gıdada akrilamidin oluştuğu bildirilmiştir (Gökmen ve ark. 2006, Zhang ve Zhang 2007, Taşan 2008, Ölmez ve ark. 2008).

Ülkemizde ve dünyada kuruyemişler tüketime sunulmadan önce belirli sıcaklıklarda ısıtılma tabi tutularak tüketicinin beğenisine sunulmaktadır. Kavurma işlemi ile çiiğ tad giderilmiş olup kuruyemişlerin çiiğ haldeki nem oranı düşürülür; nem oranı düşen bu atıştırmalık yiyeceklerin aynı zamanda daha uzun süre dayandırılması da sağlanmış olur.

Bazı tüketiciler daha yüksek sıcaklıklarda kavrulmuş ürünlere talep gösterebilmekte ve çifte kavrulmuş ürünleri tercih edebilmektedir. Kişisel beğenin devreye girdiği bu aşamada, işletmeler tüketici taleplerini önemseyerek çifte kavrulmuş ürünleri piyasaya sürmektedirler. Bu düşünceden hareketle normalin üzerindeki sıcaklıklarda kavrulmuş ürünlere akrilamid oluşum konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla ticari koşullardaki kavurma koşulları baz alınarak bu koşullardan daha yüksek kavurma sıcaklıklarında kavurma işlemi uygulanarak akrilamid oluşum durumlarını incelemek hedeflenmiştir.

Çalışmamızda kavurma işleminin akrilamid oluşumuna etkisi tüketimi daha sıklıkla yapılan ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı örneklerinde araştırılmıştır. Bu kuruyemiş çeşitlerinin hem çiiğ olarak hem de laboratuvar koşullarında 3 farklı sıcaklık derecesinde kavrulmasıyla elde edilen örneklerinde % kuru madde, % kül, pH, % protein, % yağ, renk, duyuusal ve akrilamid analizleri yapılarak birbirleri ile olan etkileşimlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

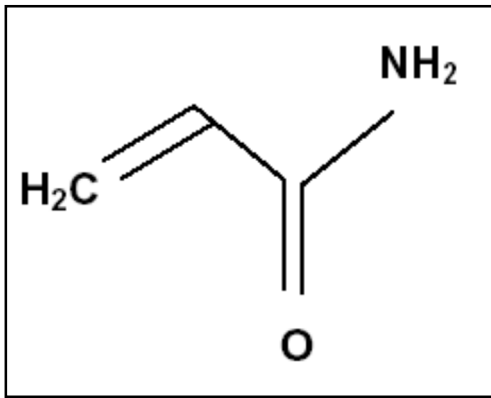
2.1. Akrilamid, Kimyasal Yapısı ve Uygulama Alanları

Akrilamid ilk olarak 1893 yılında Almanya’da Christian Moureu tarafından kimyasal bir bileşik olarak üretilmiştir. Ticari olarak ise 1952-1954 yılları arasında bir Amerikan firması tarafından üretilmeye başlanmıştır (IARC 1985, Rice 2005, Karagöz 2009).

Akrilamid önemli bir endüstriyel monomer olup üretilmesi için akrilonitrilin hidrasyonu ile akrilamidin oluştuğu bildirilmiştir. Akrilamidin çeşitli üretim metotları bulunmakla birlikte, bir Japon firması tarafından ilk kez biyokatalist olarak mikroorganizmalar kullanılmış ve akrilonitril akrilamide dönüştürülerek yıllık 4 milyon kg akrilamid üretimine ulaşılması hedeflenmiştir (IARC 1985). Akrilamidin gıda ve sulardaki önemi ise 2002 yılında İsveç Gıda Komisyonu tarafından ortaya konulmuştur (Taeymans 2004, Zhang ve Zhang 2007, Karagöz 2009).

Tütün dumanında bir bileşen olarak akrilamidin bulunması biyolojik materyallerde ısıtma işlem sonucu bu bileşenin oluşabileceğinin ilk göstergesi olmuştur (Açar 2010). Nisan 2002’de İsveç Gıda Komisyonu ve Stockholm Üniversitesi’nin ortaklaşa duyurduğu bildiriye işlem gören ya da ısıtma işlem uygulanan gıdaların nispeten yüksek miktarlarda akrilamid içerdiği bildirilmiştir (Taeymans ve ark. 2004, Tamer ve Karaman 2006, Zhang ve Zhang 2007, Geng ve ark. 2008).

Akrilamid, poliakrilamid sentezinde kullanılan önemli bir endüstriyel monomerdir (Ötleş ve Ötleş 2004, Rice 2005, Chen ve ark. 2012, Ao ve Cao 2012, Alpözen 2012).



Şekil 2.1. Akrilamidin Kimyasal Yapısı (Ötleş ve Ötleş 2004)

Kimyasal formülü C_3H_5ON olan akrilamidin moleküler ağırlığı 71,9 gram, kaynama noktası $192,6^{\circ}C$, erime noktası da $87,5^{\circ}C$ 'dir. Bu monomer beyaz kristal formda oluşur, kokusuzdur, kristal gibi taneciklidir, suda, etanolde metanolde, dimetil eter ve asetonda çözünür; heptan ve benzende çözünmez (Ötleş ve Ötleş 2004, Girma ve ark. 2005, Zhang ve Zhang 2007, Riboldi ve ark. 2014). Çizelge 2.1.'de akrilamidin $30^{\circ}C$ 'de farklı çözücü cinslerindeki çözünürlükleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Akrilamidin farklı çözücü cinslerindeki çözünürlükleri (IARC 1994)

Çözücü Cinsi	Çözünürlük (g/100 ml, $30^{\circ}C$)
Su	215,5
Aseton	63,1
Kloroform	2,7
Etanol	86,2
Dietil Eter	86,2
Etil Asetat	12,6
Metanol	155
Heptan	0,0068

Akrilamidin eş anlamlıları; 2- propen amid, etilen karbosamid, akrilik amid, vinil amid olduğu bildirilmiştir (Ötleş ve Ötleş 2004, Sharma ve Jain 2008).

Akrilamid erime noktasına ulaştığında veya UV ışığa maruz kaldığında kolayca polimerize olur. Katı haldeki akrilamid oda sıcaklığında dayanıklıdır fakat eritildiğinde veya okside edici ajanlar ortaya çıktığında hızlı bir şekilde polimerize olabilir (Ötleş ve Ötleş 2004).

Monomer haldeki akrilamid başlıca poliakrilamidlerin üretiminde kullanılır. Bu yüksek moleküler ağırlıklı polimerler; iyonik olmayan, anyonik ya da katyonik özelliklerin geliştirilmesi için özel kullanım alanlarında modifiye edilebilir. Akrilamidin kullanıldığı başlıca alanlar şunlardır:

- Su ve atık su arıtma prosesleri,
- Ham petrol üretimi,
- Kağıt ve kağıt hamuru işleme,
- Beton işleme,
- Kozmetik

- Toprak ve kum işleme,
- Kaplama uygulamaları ve
- Tekstildir (IARC 1985, Ötleş ve Ötleş 2004, Zhang ve Zhang 2007, Yıldırım 2010, Alpözen 2012, Kim ve ark. 2015).

Ayrıca Simonne ve Archer (2002) tarafından bildirildiğine göre akrilamid jeli elektroforezde kullanılır, bu teknik DNA'nın diğer biyomoleküllerden izole edilmesi ve ayrılması için poliakrilamidlerin sabit jeli kullanılarak uygulanır (Ötleş ve Ötleş 2004, Yıldırım 2010).

2.2. Akrilamidin Oluşum Mekanizmaları

Gıda ürünlerinin işlenmesi ve korunması için genellikle ısı işlemleri olan pişirme/haşlama, fırınlama, ızgara yapma, yağda kızartma ve sterilizasyon işlemleri 90-220°C'lerde uygulanmaktadır. Bu gibi yüksek sıcaklıklar kanserojenik/mutajenik bileşenler olarak bilinen heterosiklik aminler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar, *N*-alkil-*N*-nitrozaminler ve akrilamid gibi toksik bileşenlerin oluşumuna öncülük edebilir, bu bileşenler gıdaların besleyici özelliğini ve gıda güvenliğini azaltabilir (Claeys ve ark. 2005).

Akrilamid oluşumundan sorumlu çeşitli majör ve minör yollar bulunmaktadır. Maillard reaksiyonunun yanında 3 aminopropionamid (3-APA) bileşiği, dekarboksile Schiff bazı, dekarboksile Amadori ürünü, akrilik asit ve akrolein yolu ile de akrilamidin oluştuğu bildirilmektedir (Taeymans ve ark. 2004, Taşan ve Arslan 2007, Gökmen ve Şenyuva 2007a, Alpözen 2012, Xu ve ark. 2014).

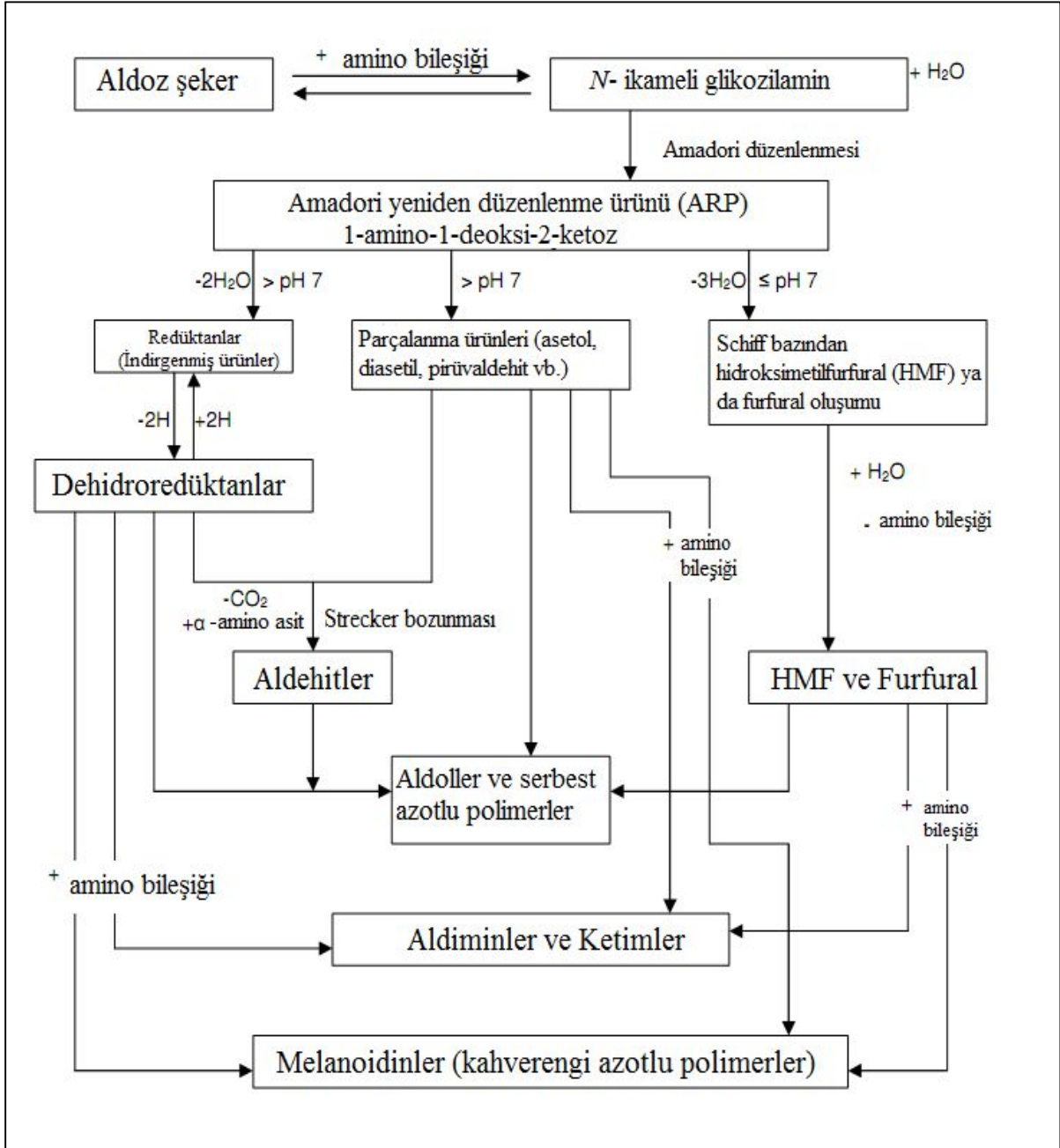
2.2.1. Maillard reaksiyonu yolu ile akrilamid oluşumu

Gıdalarda akrilamid oluşumundan sorumlu majör yol, asparajin ile indirgen şekerler arasında oluşan Maillard reaksiyonu olarak bilinir (Taeymans 2004, Blank ve ark. 2005, Xu ve ark. 2014).

Maillard reaksiyonu sonucunda indirgen şekerlerin aldehit ve keto grupları, amino asitler, peptidler ve proteinler ile reaksiyona girer ve esmer renkli azotlu doymamış polimerler olan kahverengi pigmentler yani melanoidinler oluşur. Genellikle Maillard reaksiyonu gıda maddelerinin biyolojik değerinin azalmasına sebep olur. Bu reaksiyon sırasında meydana gelen şeker-protein bileşikleri sindirim enzimleriyle ya hiç parçalanamaz ya da çok yavaş parçalanırlar. Bu reaksiyon ekmek kabuğunun kızarmasında, kahvenin kavrulmasında, balığın kızartılmasında arzu edilirken, süt ve süt ürünleri ile meyve suyu üretiminde istenmemektedir (Demirci 2010).

Isıl işlem görmüş gıdalarda meydana gelen birçok reaksiyon arasında, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak da bilinen Maillard reaksiyonu en önemli reaksiyon zinciri olarak öne çıkmaktadır (Açar 2010).

Şekil 2.2.1.'de Hodge 1953 tarafından bildirilen Maillard reaksiyonunun genel yolu gösterilmiştir (Zhang ve Zhang 2007).



Şekil 2.2.1. Maillard reaksiyonu genel yolu (Zhang ve Zhang 2007)

Şekil 2.2.1.'de gösterilen Maillard reaksiyonunun erken aşamasında glikoz gibi indirgen şeker, özel bileşiği bulunan serbest amino grubu ile yoğunlaşır. Bu amino grubu,

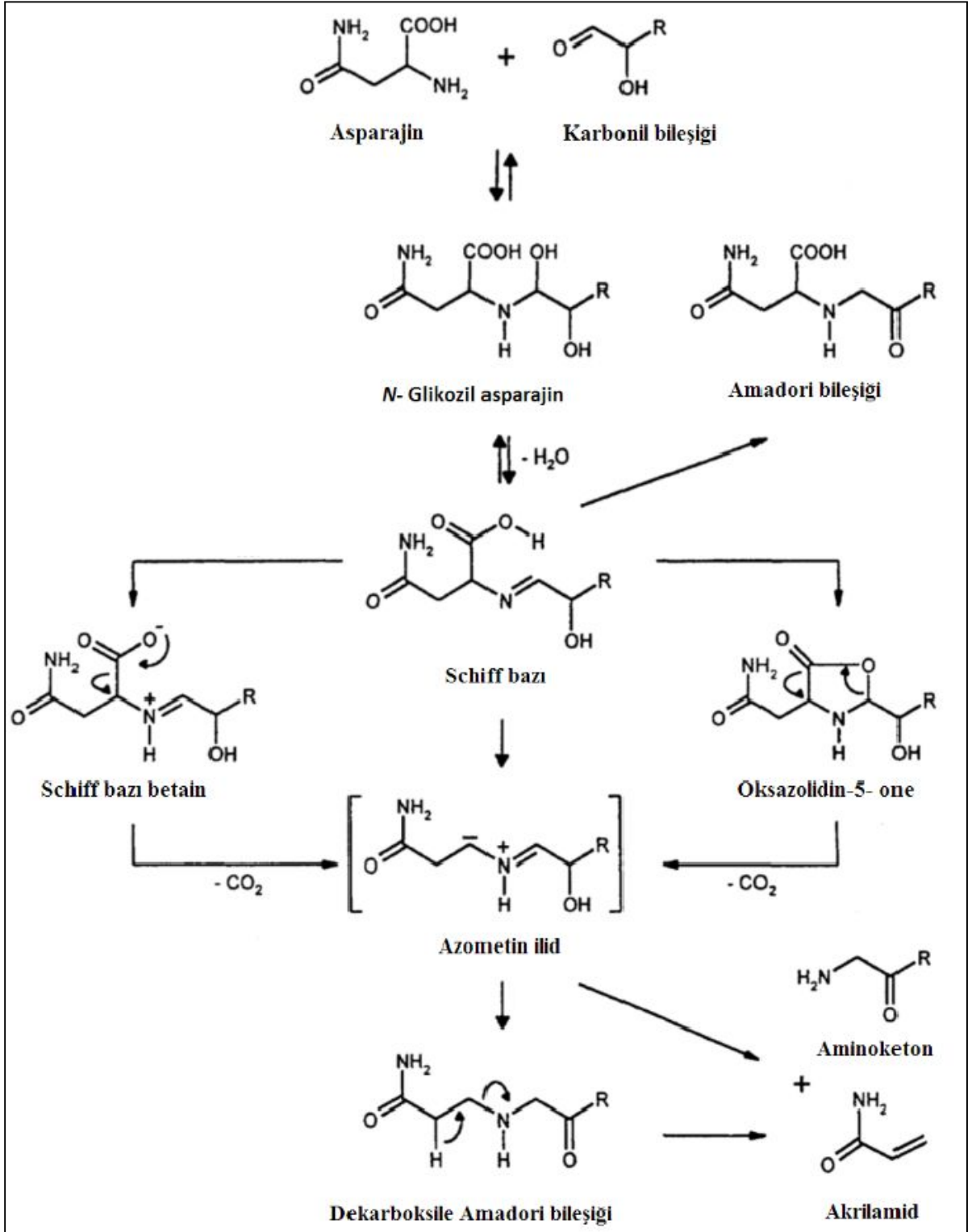
amino asit veya ağırlıklı olarak lisinin ϵ - amino grubu proteinleridir ama aynı zamanda da terminal amino asitlerin α - amino gruplarıdır. Yeniden düzenlenme ürünü olan Amadori bileşiğinin oluşumu için *N*- glikozilamin ürünü kondensasyona uğrar (Amadori reaksiyon ürünleri ARP). Amadori bileşiğinin sonraki parçalanma durumu sistemin pH'sına bağlıdır (Zhang ve Zhang 2007).

pH 7 ya da 7'den düşük olduğu durumlarda ARP başlıca pentoz varlığında furfural oluşumuyla, heksoz varlığında da hidroksimetilfurfural (HMF) oluşumu ile 1,2 enolizasyona uğrar. pH 7'den büyük olduğunda, Amadori bileşiği parçalanarak başlıca 2,3 enolizasyona yol açtığı düşünülmektedir. Bu parçalanma 4- hidroksi- 5-metil- 2-3 dihidrofuran-3-one (HMF_{one}) olduğunda ve bir çeşit bölünme ürünleri olan asetol, pirüvaldehit ve diasetil olarak biçimlenen indirgenler olduğunda meydana gelir. Tüm bu bileşikler son derece reaktifler ve ileri aşamadaki reaksiyonlara katılırlar (Zhang ve Zhang 2007).

Karbonil grupları serbest amino grupları ile yoğunlaşabilir, bunun sonucu olarak azotlu maddeler reaksiyon ürünleri ile birleşir. Dikarbonil bileşikleri, aldehitlerin ve α - amino ketonların oluşumu için amino asitler ile reaksiyona girecektir. Bu reaksiyon Strecker bozunması olarak bilinir. Daha sonrasındaki ileri aşamada bir dizi reaksiyonlar olan kristalizasyonlar, dehidrasyonlar, geri aldolizasyonlar ve ¹³C işaretli şeker kullanım mekanizması gerçekleşir. Bu bozunma anahtar rolü gören ara ürünler olan 1-3 ve 4 deoksiheksoselülozlar olarak farklı reaksiyon yollarını kapsar (Zhang ve Zhang 2007).

Enolizasyon reaksiyonları gerçekleşirken Amadori bileşiği ve yeniden düzenlenen ürünler; izomerizasyonlar ve daha ileri kondensasyonlar geçirerek final aşamasında melanoidin olarak bilinen kahverengi azotlu polimer ve kopolimerlerin oluşumuna öncülük ederler (Zhang ve Zhang 2007).

Asparajin akrilamide termal dekarboksilasyon ve deaminasyon aracılığı ile dönüşür, bu dönüşümün olması için indirgen şeker gibi karbonil bileşiğinin varlığına zorunlu olarak ihtiyaç duyulur. Asparajinin akrilamide dönüşümünü inceleyen model çalışmalarda α -hidroksi karbonillerin dikarbonil bileşiklerinden daha etkili olduğu, fruktozun da iki adet α -hidroksi karbonil gruplarını içerdiği ve fruktoz ile glikoz karşılaştırıldığında fruktozun akrilamid oluşumunu yaklaşık olarak iki kat artırdığı bildirilmiştir. Bu yol ile bir indirgen şeker ve asparajin arasındaki reaksiyon sonucunda bir dekarboksile Schiff bazı, *N*-glikozilasparajin gibi ürünler oluşur. Bu ürünler direk olarak akrilamid oluşumuna öncülük ederler ve dekompozisyon sonrasında akrilamid oluşur (Xu ve ark. 2014). Şekil 2.2.2.'de α -hidroksi karbonillerin varlığında asparajinden akrilamid oluşumu şematize edilmiştir (Blank ve ark. 2005).



Şekil 2.2.2. α -hidroksi karbonillerin varlığında asparajinden akrilamid oluşumu (Blank ve ark. 2005)

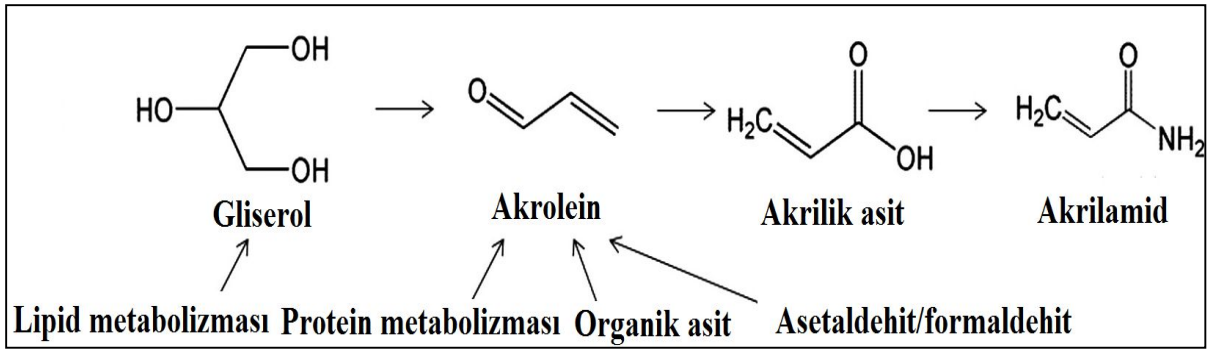
2.2.2. Akrolein bileşigi üzerinden akrilamid oluşumu

Gıdalarda akrilamid oluşumunda ağırlıklı olarak Maillard reaksiyonu yolu belirtilse de birçok farklı oluşum mekanizmaları da bildirilmiştir (Claus ve ark. 2008).

Akrilamid oluşumunu arttırıcı yönde bir etkiyi de gıdaların yüksek sıcaklıklarda işlenmesi ve hazırlanması için yağların oluşturduğu düşünülmektedir. Bu sebepten ötürü akrilamid oluşum mekanizmasına indirgen şekerler ve amino asitlerin yanı sıra yağlar da eklenmektedir. (Taşan 2008).

Guth ve ark. (2013)'nın bildirdiğine göre gıdaların yapısında doğal olarak yaygın bir şekilde bulunan doymamış α - β -karbonil bileşikleri uygulanan ısı işlemler sonucunda da oluşabilmektedir. Isıl işlemler ile oluşan en basit α - β aldehit bileşikler kanserojen özellikteki akrolein ve akrilamid gibi bileşiklerin oluşmasına yol açmaktadır. Akrolein ve akrilik asit gliserolün dehidrasyonu ile özellikle de yağların uygun olmayan yüksek sıcaklıklarda ısıtılması ile oluşur (Claus ve ark. 2008). Ayrıca akrolein bazı metabolik yolların ürünü olarak da oluşabilir, bu metabolik yollar; lipid metabolizması, glikoliz, amino asit dönüşümü ya da poliaminlerin oksidatif deaminasyonudur (Guth ve ark. 2013).

Trigliseridlerin kısmi hidrolizi sonucu oluşan gliserolün dehidrasyonu veya bir ara ürün olarak gliserol oluşmaksızın trigliseridlerin prolizinden akroleinin (C_3H_4O) oluşması, akroleinin akrilik aside ($C_3H_4O_2$) oksidasyonu ve gıdanın yapısında doğal olarak bulunan azotlu bileşiklerin prolizinden kaynaklanan amonyakla akrilik asidin reaksiyonu sonucunda akrilamidin meydana geldiği varsayılmaktadır (Taşan 2008). Şekil 2.2.3.'te akrolein bileşiğinin oluşum yolları ve bu bileşik üzerinden akrilamid oluşum yolları şematize edilmiştir (Xu ve ark. 2014).



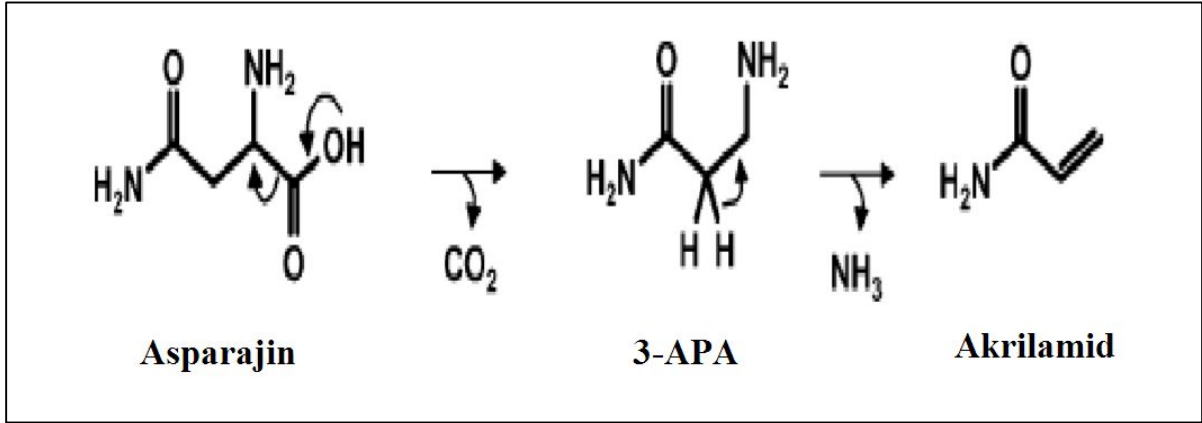
Şekil 2.2.3. Minör yollardan akrilamid oluşum mekanizmaları (Xu ve ark. 2014)

2.2.3. 3-APA bileşiği üzerinden akrilamid oluşumu

Asparajin ve indirgen şeker arasındaki reaksiyon ile akrilamid oluşumu sırasında ara bir ürün olarak 3-APA (3-aminopropionamid) bileşiğinin meydana geldiği bildirilmiştir (Claus 2008, FAO/WHO 2010). Geçici bir ara ürün olan bu 3-APA bileşiği daha sonraları kavrulmuş kahve ve kakao ile patlamış mısır gibi ısı işlem görmüş birçok gıdada

bulunmuştur. Ayrıca 3-APA bileşiğinin biyokimyasal olarak ısıtılmamış çiğ patatesten asparajinin enzimatik dekarboksilasyonu ile de oluştuğu bildirilmiştir. Bu yol ile oluşan 3-APA bileşiğinden oluşan akrilamidin ısıtılma yoluyla oluşan akrilamide göre 12 kat daha fazla oluştuğu bildirilmiştir. Çiğ patatese ek olarak 3-APA bileşiğinin az oranlarda zeytin, peynir ve kakaoda da oluştuğu bildirilmiştir (FAO/WHO 2010).

Şekil 2.2.4.'te asparajinin dekarboksilasyonu sonucunda 3-APA bileşiği üzerinden akrilamid oluşumu gösterilmiştir.



Şekil 2.2.4. Asparajinden 3-APA bileşiği ve akrilamid oluşumu (Alpözen 2012)

2.3. Akrilamid Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Akrilamid oluşumunun sadece gıdalardaki asparajin ve indirgen şeker içeriğinden etkilenmediği, aynı zamanda pişirme sıcaklığı, pişirme zamanı, nem içeriği ve eklenen katkılardan da etkilendiği bildirilmiştir (Gökmen ve Şenyuva 2007a, De Vleeschouwer ve ark. 2008, Kotsiou ve ark. 2013). Akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler ayrıca Şekil 2.2.5'te gösterilmiştir (Claeys ve ark. 2005).



Şekil 2.2.5. Akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler (Claeys ve ark. 2005)

2.3.1. İndirgen şekerler

Nişasta, sükroz, laktoz, maltoz gibi şekerlerin 100°C'nin üzerindeki ısıtma sıcaklıklarında ve az asidik pH'da kolaylıkla hidrolize olabildiği belirtilmiştir. Kompleks karbonhidratların ısıtma işlemine maruz kalması sonucunda meydana gelen glikoz, deoksiglikoz, riboz, gliseraldehit, glioksal gibi çeşitli monosakkaritler ile asparajinden akrilamid oluşabileceği kanıtlanmıştır. Daha kısa şeker zinciri ile daha çok miktarda akrilamid oluşabileceği bildirilmiş olup bu durum da Maillard reaksiyonu ile ilişkilendirilmiştir. Genellikle şekerin en kısa karbon zincirinin, Maillard reaksiyonu sırasında daha fazla lisin kaybına neden olduğu ve bu durumda da şekerin daha reaktif hale geldiği belirtilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

Gıdalardaki glikoz ve fruktoz seviyeleri ile akrilamid veriminin orantılı olduğu rapor edilmiştir. Örneğin ısıtılmış patatese yaklaşık %3 konsantrasyonunda glikoz ya da fruktoz eklendiğinde akrilamid içeriğinin lineer bir şekilde artış gösterdiği bildirilmiştir. Daha yüksek ilavelerde akrilamid içeriğinin azalması ya da artışın yavaşlaması büyük olasılıkla artan eliminasyondan kaynaklandığı belirtilmektedir (Claeys ve ark. 2005).

Kuru patatese ya da buğday hamuruna asparajin-şeker sistemi eklenmiş, bu sistemde glikoz ve fruktoz karşılaştırılmış; fruktozun glikozdan daha fazla akrilamid verimine neden olduğu belirlenmiştir (Claeys ve ark. 2005).

2.3.2. Amino asitler

Akrilamid molekülünün zincirini, indirgen olmayan şeker ile asparajinin oluşturduğu izotop ikameleri ve bunlar aracılığıyla yapılan denemelerde kanıtlandığı Claeys ve ark. (2005) tarafından bildirilmiştir. Patatesteki toplam amino asit içeriğinin %40'nı asparajinin oluşturduğu belirtilmiştir. Buğday ununda ve yüksek proteinli çavdarda toplam serbest amino asit oranlarının sırası ile %14 ve %18 oranlarında olduğu bulunmuştur (Claeys ve ark. 2005).

Genellikle amino asitler ve özellikle de asparajin ısıtılmış gıdalarda akrilamid oluşumunda ana rol oynamasına rağmen, patates yumrularındaki akrilamid içeriğinin toplam amino asit içeriği ya da asparajin konsantrasyonu ile ya hiç ilişkili olmadığı ya da az ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ancak buğday ve çavdar ununda asparajin seviyesi ve akrilamid verimi arasında yüksek korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Bundan başka buğday endosperm un hamuruna fruktoz ilavesi ile düşük asparajin ve fruktoz içeriği, mayalanmaya bırakılmış ekmek kabuğundaki akrilamid içeriğini etkilememekte iken asparajin ilavesi akrilamid içeriğini önemli derecede artırdığı bildirilmiştir. Bundan dolayı patatesteki indirgen şekerler gibi tahıllarda da akrilamid oluşumunu belirleyici olarak görünen faktörün asparajin olduğu, patatesteki serbest asparajin içeriğinin genellikle şekerlerden daha çok iken buğday ve çavdardaki asparajin içeriğinin ise patatese göre nispeten daha düşük olduğu Claeys ve ark. (2005) tarafından belirtilmiştir.

Asparajinden başka diğer amino asitlerden akrilamid oluşumu çok net olmadığı; glutamin, metiyonin, sistein, aspartik asit, glutamik asit, ya da serin, treonin, alanin, prolin, fenilalanin içeren model sistemlerde akrilamide hiç rastlanmadığı ya da iz miktarlarda rastlandığı bildirilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

2.3.3. Yağlar

Yağlar dumanlanma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda ısıtıldığında gliserol akroleine parçalanır. Akrolein oluşumu, yağda doymamışlık seviyesinin yükselmesi ile ve duman oluşum noktasının düşürülmesine öncülük etmesi ile bilinmektedir. Akrilamid ayrıca başlıca prekürsörlerin yağda bulunması ile oluşmaz ve oluşum doğada oksidatif olarak gerçekleşmez. Yağın cinsi, akrilamid oluşum oranını etkileyebilmektedir (Claeys ve ark. 2005).

Palm yağı, mısırözü yağı ve hindistan cevizi yağının kızartma yağı olarak kullanıldığı bir çalışmada akrilamid oluşum miktarları araştırılmıştır. Kızartma ısısında akrilamid oluşum formlarının çoktan aza doğru sıralanışı mısırözü yağı, hindistan cevizi yağı ve palm yağı şeklinde olduğu bildirilmiştir. (Macit ve Şanlıer 2014).

2.3.4. Karbonhidratça ve proteince zengin gıda matriksleri

Izgara yapılmış ya da kızartılmış et ve balık ürünleri, tahıl ve patates ürünleri ile karşılaştırıldığında et ve et ürünlerinin daha düşük değerlerde akrilamid içerdiği bildirilmiştir. Patates nişasta matriksleri ile karşılaştırılan tam buğday ununa ve sığır homojenat matrikslerine asparajin ve glikoz reaksiyon karışımları eklendiğinde daha çok akrilamid oluştuğu bildirilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

Gıda matrikslerinin akrilamid oluşumunda azaltıcı, yavaşlatıcı ya da nötr bir etkisinin olduğu fakat hangi faktörlerin bu etkiyi yaptığı henüz açıklanamamıştır. Matriksin etkisi prekürsörlerin eksikliğinin bir sonucu olarak görünmediği belirtilmiştir. Patatesteki konsantrasyona göre mısır nişastasası ve buğday unu asparajin ile desteklendiğinde akrilamid oluşumunun patatese göre 5 kat daha az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca akrilamid azaltılma derecesinin buğday unu ve nişastada patatese göre daha düşük olduğu açıklanmıştır (Claeys ve ark. 2005).

Proteince zengin ürünler ile nişasta açısından zengin ürünler karşılaştırıldığında akrilamidin bozunma durumunun et sistemlerinde diğer matrikslere göre daha fazla olduğu ve bu durumun da eliminasyon mekanizmasının önemini etkilediği bildirilmiştir. Akrilamidin proteinlerde amino asitler ile reaksiyon oluşturduğu bilindiğinden bu yana sığır matrikslerindeki proteinlere akrilamidin bağlanması mantıklı bir açıklamadır. Buna örnek olarak da hemoglobin proteinine akrilamidin eklenti olarak bağlanması gösterilebilir (Claeys ve ark. 2005).

Glikoz-asparajin model sistemine ya da homojenize patates örneklerine lisin ilave edilmesi sonucunda akrilamid miktarının önemli derecede azaldığı belirtilmiştir. Bu bakımdan Maillard reaksiyonundaki lisinin yüksek aktivitesi serbest amino grubunun reaktivitesine dayandırılmaktadır ve lisin akrilamid azaltılmasından sorumlu tutulmaktadır. Glikoz-asparajin sisteminde sistein bulunması da akrilamid oluşumunu azalttığı, saflaştırılmış nişastada da nerede ise hiç akrilamid oluşmadığı bildirilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

Gıda matriksinde partikül büyüklüğünün farklılığı ile akrilamid oluşumunun etkilenmediği gözükmeyle birlikte bu durum yine de genellenememektedir. Örneğin tahıllar için öğütmeyi uzun tutmak ve bundan dolayı un partikül büyüklüğü tahılların protein ve nişasta içeriğini etkilediği bildirilmektedir. Öğütme sırasında bir kısım nişasta moleküllerinin zarar gördüğü, bu durumda tahılın öğütme ve sertlik yoğunluğu seviyelerinin değiştiği belirtilmektedir. Daha fazla zedelenen nişasta granülleri, enzimatik hidroliz için daha yüksek hassasiyet göstermekte, öğütmenin uzatılması ile asparajin ve indirgen şeker içeriğinin her

ikisinin de etkilendiđi beyan edilmiřtir. Buna bađlı olarak da daha dūřuk seviyelerdeki akrilamidin daha az ođtūlmūř unlardan elde edildiđi ađıklanmıřtır (Claeys ve ark. 2005).

2.3.5. pH

Akrilamid oluşumu Maillard reaksiyonundaki sistemin pH'sına bağlıdır. pH'nın durumu, şeker ve amino grubunun her ikisinin de reaktivitesini etkileyecektir. Daha yūksək pH değerleri şekerde ağık zincir oluşumunu destekler ve amino grubunda da protonlanmamış yapının oluşumuna yardım eder ki bunlar reaktif formların oluşması olarak belirtilir (Claeys ve ark. 2005).

Akrilamid oluřumu iđin oներilen optimum pH aralıđı 7-8 civarındadır. Asparajin ve glikoz iđerен model sistemde model tampon olarak fosfat kullanılarak pH 7'den 4'e dūřrūlmūř ve bōylece akrilamid oluřumu da %99 oranında azaltıldıđı belirlenmiřtir. pH'nın dūřrūlmesi; asparajinin serbest α -amino grubundaki protonlanmamıř yapının protonlanmış amine ($-\text{NH}_3^+$) dōnūřmesine neden olduđu ve bu durumda da Schiff bazının oluřumu bloke edilerek akrilamid oluřumundaki esansiyel ařamanın oներlenmiř olduđu bildirilmiřtir (Claeys ve ark. 2005).

Jung ve ark. (2003) fırınlanmış ya da kızartılmış mısır cipsi ile patates kızartmasının %0,1-0,2'lik ya da %1-2'lik sitrik asit solūsyonuna daldırılması ile pH'nın dūřrūlmesi sonucunda ūrūnlerdeki akrilamid seviyelerinin azaldığını kanıtlamışlardır (Claeys ve ark. 2005). Pedreschi ve ark. (2004) tarafından yapılan benzer bir gōzlemde de patates dilimleri %1-2'lik sitrik asit cōzeltisi ile muamele edildikten sonra 150°C'de kızartılmıştır (Claeys ve ark. 2005). Sitrik asite daldırılan oներeklerden asparajin ve şekerlerin uzaklaştırılması oներemli derecede olmadığından akrilamidin azalması oներelikli olarak pH'nın etkisine dayandırılmaktadır. Gıda ūrūnlerinin sitrik asit solūsyonuna daldırılmasının bir sakıncası da eđer belirli bir prosedūr izlenmez ise gıdada olası ekşime ya da renk ve yapıda deđerіme gōzlenebilir. Ayrıca bu durumdan kızartma formūlasyonlarının da etkileneceği ve ransiditenin oluşacağı ağıklanmaktadır (Claeys ve ark. 2005).

pH'yı deđerіtiren diğer bir faktōr de gıdanın ısıtılmasıdır. Isıtma pH'da azalmaya neden olabilir, bundan dolayı suyun ayrışması ve Maillard ūrūnlerindeki kabuk oluşumunda su aktivitesi artmaktadır (Claeys ve ark. 2005).

2.3.6. Nem ve su aktivitesi

Claeys ve ark. (2005)'in bildirdiđine gōre akrilamid oluřumu bařlıca yūzeyssel bir olay olarak gōrūlmektedir. Piřirme metotlarıyla en azından kabuk oluřumu ile kuruma sonucunda

akrilamid oluşumu sınırlandırılır. Taze patates ya da hamur gibi yaş örneklerde akrilamid oluşumunun göz ardı edilebileceği bildirilmiştir. Patates örneklerinde nem içeriği %10-20 arasında olduğu zaman oluşan akrilamid miktarı kuru örneklerde gözlemlenen miktar ile karşılaştırılabilir. Bunun aksine Maillard reaksiyonu %12-18 nem oranlarında en etkili hale gelmektedir. Düşük nem oranlarında sadece akrilamid oluşumu söz konusu değildir aynı zamanda azalma da hızlanmaktadır.

Akrilamid oluşum ve eliminasyon reaksiyonları birbirinden tamamen farklı yollardan oluşur, ancak her ikisinin de %10-20 nem oranındaki hızlanmasını açıklayacak veri bulunmamaktadır. Beyaz buğday unundan elde edilen hamur ile patates karşılaştırıldığında akrilamid oluşum performansları farklı görünmektedir. Hamur yaklaşık olarak %10 oranında kalıntı su içerdiğinde ölçülen akrilamid miktarının kuru hamura göre 10 kat daha az olduğu bildirilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

2.3.7. Isıtma ortamı

Gıda ve ısıtma ortamı (yağ, kuru hava) birbiri ile direk olarak ilişkili olduğundan dolayı dinamik sıcaklık ve kütle transfer olayı beraber göz önünde bulundurulmalıdır. Sıcaklığı ve kütle transferini dolayısı ile akrilamid oluşumunu etkileyen faktörler; gıdanın termal ve fizikokimyasal özellikleri, ısıtma ortamı ve proses ekipmanı, gıdanın geometrisi ve ısıtma ortamının sıcaklığıdır (Claeys ve ark. 2005).

Isıtma ortamı bazen 180-200°C'lere dek ulaşır fakat gıda kendiliğinden nem evaporasyonu ile serinletilir. Birçok gıdanın içi nemli kalırken kabuğun yüzeyinde yüksek değerlerde bulunan sıcaklık azalması yaklaşık olarak 100°C'nin aşağısına iner. Sadece 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklara çıktığında gıda tamamen kurur. Su buharı gıda etrafında bir çeşit tampon oluşturarak ısı transferini kısıtlar ve yağın sıcaklık derecesinin altındaki değerlerde gıdanın sıcaklığını muhafaza eder (Claeys ve ark. 2005).

Kızartma ortamının tipi ve katkıları (köpük önleyici ajanlar) yağın yüzey gerilimini değiştirmek sureti ile ısı transferini etkileyebilir. Yüzey geriliminin değişmesi gıdanın etrafını çevreleyen buhar baloncuklarının büyüklüğünü etkiler ve baloncukların serbest kalmasının bir sonucu olarak da ısı transfer edilir. Örneğin patates kızartması palm yağı kullanıldığında veya kızartma yağına silikon eklendiğinde yüksek miktarda akrilamid oluştuğu gözlemlenmiştir. Palm yağı %6-8 oranında digliserid içermekte olup bunlar bileşenlerin emülsifikasyonu ile ısı transferini artırmaktadır. Kullanılan yağın cinsine ve miktarına bağlı olarak susam, mısır ve zeytinyağı gibi farklı yağlar patatese eklendiğinde akrilamid oluşumunun arttığı gözlemlenmiştir.

Yağlar tek başına ısıtıldığında ise tespit edilebilir düzeyde akrilamide rastlanmadığı bildirilmiştir (Claeys ve ark. 2005).

2.3.8. Depolama

Tahıllar kalite kaybına uğramaksızın 2-3 yıl boyunca depolanabilirler. Depolama işlemi tahıl tanelerinin nem içeriğinin sağlanması durumunda bu kadar süre depolanabilir ki bu da harmandan sonra %20-24 olan nemin %14 civarına düşürülmesi ile mümkündür. Pişirme ununda depolama koşullarının akrilamid prekürsörlerine etkisi olduğu bildirilmemiştir. Pişmesi tamamlanmış fırıncılık ürünlerine ilişkin akrilamid içeriğindeki azalmalar zencefilli çöreğin oda sıcaklığında 6 ay bekletilmesi ile gözlemlenen bir çalışmada akrilamid oranının 850 µg/kg'dan 800 µg/kg'a dek azalması ile belirlenmiştir (Claeys ve ark. 2005). Amrein ve ark. (2005)'nin yapmış olduğu bir çalışmada ise kavrulmuş bademler 100 gün boyunca oda sıcaklığında kapalı kaplarda bekletilmiş, tekrar analizleri yapıldıktan sonra da akrilamid içeriğinin %20-57 oranlarında azaldığı bildirilmiştir.

2.4. Değişik Gıda Örneklerinde Akrilamid Oluşumu

Şimdiye dek yapılan araştırmaların büyük bir çoğunluğunu patates ürünleri, fırınlanmış ürünler, kahve, kakao ve tahıl bazlı ürünler oluşturmakta olup bunun yanı sıra değişik gıdalarda da akrilamid aranmıştır.

Loaëc ve ark. (2014) hindiba bitkisinde kavurmanın akrilamid oluşturma etkisini çeşitlilik, kurutma ve agronomik faktörler ile değerlendirmişlerdir. Kavrulmuş hindiba daha çok kahve ikamesi olarak kullanılmaktadır. Kurutma prosesi ile hindiba köklerinde serbest asparajin konsantrasyonu akrilamid oluşturulmaksızın azaltılmıştır. Çiğ hindiba köklerinde serbest asparajinin tümünün azaltılması ile kavrulmuş hindibadaki akrilamid oluşumu 11097 µg/kg'dan 2249 µg/kg'a düşürüldüğü gözlenmiştir.

Karasek ve ark. (2009) kavrulmuş kestane ve kestane bazlı ürünlerde akrilamid belirlemesi yapmışlardır. Patates ile benzer kompozisyonlara sahip kestanede yapılan akrilamid taramaları sonucunda kavrulmuş kestanelerdeki akrilamid aralığı < 8-1278 µg/kg iken kestane ürünlerinde ise daha düşük aralıklarda < 4-159 µg/kg akrilamid bulunmuştur. Ticari olarak satılan kavrulmuş kestane örneklerindeki akrilamid içeriğinin ise ortalama 90 µg/kg olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Latin Amerika, Afrika'nın merkezi ve Asya'nın güneydoğusu gibi bazı tropik bölgelerde yetişen plantain muzunun akrilamid kinetikleri ise Bassama ve ark. (2011) tarafından değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada 3 farklı su aktivitesi değerlerinde (0,972,

0,904 ve 0,430) ve 25°C’de yüksek sıcaklıklar (140-200°C) uygulanarak kapalı bir reaktörde kızartılan plantain muzlarının akrilamid içeriği maksimum 0,9 ppb olarak bulunmuştur.

Delgado ve ark. (2014) tortilla cipsinde su aktivitesinin akrilamid içeriğine olan etkisini araştırmışlardır. 30°C’de 0,11- 0,84 su aktivitesi değerlerinde 4 gün bekletildikten sonra 180°C’de 25 saniye pişirilen tortilla parçacıklarında en düşük akrilamid içeriği bekletilmemiş tortilla cipslerinde ve su aktivitesinin 0,98 olduğu değerde gözlenmiştir.

Fırınlanmış ve kızartılmış Çin gıdalarında akrilamid taraması Wang ve ark. (2013) tarafından yapılmıştır. Wang ve ark. (2013)’nın uyguladıkları metod sonucunda fırınlanmış ve kızartılmış gıdalardaki akrilamid içeriği 86,3-151 µg/kg aralığında bulunmuştur. Yapılan çalışmada soda, kabartma tozu, yaygın olarak kullanılan tuzlar eklendiğinde akrilamid içeriğinin azaldığı gözlenmiştir.

Ölmez ve ark. (2008)’nin yapmış oldukları bir çalışmada (Çizelge 2.4) Türk pazarındaki işlenmiş gıdalara ilaveten geleneksel Türk gıdalarında özellikle de tatlılarda akrilamid içeriği araştırılmıştır. Toplamda 311 örnek analiz edilmiş, akrilamid içeriği bakımından değişik gıda grupları ile işlenmiş gıdalar arasında büyük bir çeşitlilik gözlenmiştir.

Gıdalarda yapılan akrilamid taramalarında, patatesin kızartılması sonucu patatesteki çok yüksek miktarda (3600 µg/kg) akrilamid tespit edilmiştir. Ekmeğin kabuk kısmında 50 µg/kg akrilamide rastlanılmışken, iç kısmında akrilamid tespit edilememiştir (Karagöz 2009).

Çizelge 2.4. Bazı gıdalarda bulunan akrilamid seviyeleri ($\mu\text{g}/\text{kg}$) (Ölmez ve ark.2008)

Gıda Grubu	Ortalama ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Medyan ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	Aralık Açıklığı	Örnek Sayısı
Bisküvi	198	82	<10-648	16
Kraker	247	213	26-587	18
Bebe Bisküvisi	152	98	32-613	24
Ekmek	38	43	<10-85	22
Patates Cipsi	834	818	59-2336	8
Kavrulmuş Badem	260	260	207-313	2
Kavrulmuş Fındık	128	42	<10-421	5
Kavrulmuş Fıstık	66	68	<10-120	5
Kavrulmuş Leblebi	12	<10	<10-33	4
Pekmez	95	42	<10-297	4
Türk kahvesi	266	264	200-336	4
Tulumba	241	50	<10-701	5
Kadayıf	<10	<10	<10-23	4
Kemalpaşa tatlısı	512	512	445-578	2
Tahin	69	61	<10-145	5
Helva	93	86	<10-229	7
Pilav	<10	<10		4
Pide	<10	12	<10-16	6
Fındık ezmesi	53	35	<10-141	4
Fıstık ezmesi	54	54	45-63	2
Poğaç	120	19	<10-441	4
Çikolata	75	78	37-100	5
Mısır Gevreği	122	67	35-478	7

Birçok araştırmacı akrilamid oluşumunu etkileyen faktörleri bulmak için belirli gıda matrikslerini içeren patates, tahıl, ekmeke, kahve ve badem gibi gıdaları kapsayan çalışmalar yapmışlardır (Zhang ve Zhang 2007).

2.4.1. Patates

Patatesin kızartılması sırasında akrilamid oluşum miktarına sıcaklık ve zaman faktörlerinin önemli etkisi bulunmaktadır. Çiğ patatesin akrilamid içermediği fakat akrilamid

oluşumundan sorumlu prekürsörleri yüksek oranda içerdiği bildirilmektedir (Gökmen ve ark. 2006). Patatesten serbest asparajin içeriği 2010-4250 mg/kg, indirgen şeker oranı ise 97-2550 mg/kg olduğu Mulla ve ark. (2011) tarafından bildirilmiştir. Akriamid konsantrasyonu prekürsörlerin konsantrasyonuna ve proses koşullarına bağlıdır. Akriamidin oluştuğu yüksek sıcaklık ve düşük nemde kaynatma işlemi yapıldığında oluşum olmadığı bildirilmiştir (Gökmen ve ark. 2006).

Gökmen ve ark. (2006) patates kızartmalarında yüzey ve merkez bölgelerde sıcaklık-zaman ile akriamid oluşumu arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Patates çubuklarının yüzey ve merkez sıcaklıkları kızartma sırasında izlenmiş ve bu işlem 150, 170 ve 190°C'lerde yapılmıştır. Merkez sıcaklığı kızartma sıcaklıklarında ne olursa olsun kızartmanın 9 dakikası içinde 103-104°C'yi aşmamışken yüzeyde daha yüksek sıcaklık değerlerine ulaşılmıştır. Sonuçların gösterdiğine göre yüzey ve merkez bölgelerindeki akriamid konsantrasyonu arasında büyük bir fark bulunmaktadır. Yüzeyde 9 dakika kızartma sonrasında 150, 170 ve 190°C'lerdeki akriamid içeriği sırası ile 72, 2447, 6476 ng/g olarak bulunmuştur. Diğer taraftan patatesin iç kısımlarında 150 ve 170°C'de 9 dakika kızartma sonrasında akriamid oluşumunun gözlenmediği, sadece 190°C'de kızartılan patatesin iç kısmında 376 ng/g akriamide rastlandığı bildirilmiştir.

Kotsiou ve ark. (2013) az yağda pişirilmiş patates ürünlerinde yağ tipi ve pişirme koşullarının renk gelişimine etkisi sonucunda akriamid oluşumunu araştırmışlardır. Yağ çeşidi olarak ayçiçek yağı, soya fasulyesi yağı ve zeytinyağı kullanılmış; ayçiçek yağı farklı oksidasyon durumlarını gözlemek için termal olarak okside edilmiştir. 180°C'de farklı sürelerde hazırlanan ince patates diskleri pişirildikten sonra akriamid konsantrasyonu, nem içeriği ve yüzeyin rengi ölçülmüştür. Kahverengileşme oranının %0-45 arasında olduğu değerler ile akriamid oluşumu arasında lineer bir korelasyon gözlenmiştir. Buna göre kahverengileşme oranının akriamid konsantrasyonunu belirlemede güvenilir bir indikatör olabileceği düşünülmektedir.

Mulla ve ark. (2011) ise patates unu ile irmiği 30:70 ve 70:30 oranlarında karıştırarak atıştırmalıklar hazırlamış ve bu atıştırmalıklardaki en yüksek akriamid 70:30 (patates unu: irmik) karışımında gözlenmiştir. 30:70 patates unu: irmik karışımındaki akriamid oranı 221 µg/kg olarak bulunmuşken; 70:30 oranındaki patates unu: irmik karışımında akriamid konsantrasyonu 607 µg/kg olarak gözlenmiştir.

Becalski ve ark. (2010) patates cipslerinde ve kahvaltılık tahıllarda beş marka seçerek 5 yılın üzerindeki bir periyotta akriamid konsantrasyonunu ölçmüşlerdir. Ürünlerin çoğu Kanada'daki yerel marketlerden satın alınmıştır. Örnekler izotop dilüsyon akriamid metodu

ile LC-MS/MS'te analiz edilmiştir. Patates cipslerindeki akrilamid konsantrasyonu 106-4630 ng/g arasında değişirken; tahıllardaki değerler ise 50-347 ng/g arasında değişiklik göstermektedir. Markalar arasında, markalar içinde zamanla ve aynı markalar arasında akrilamid konsantrasyonu bakımından büyük farklılıklar gözlenmiştir. *İn vitro* antioksidan aktivite için patates cipsleri analiz edilmiştir. Patates cipslerinin antioksidatif kapasitesi ile akrilamid içeriği arasında ilişki bulunamadığı bildirilmiştir.

2.4.2. Tahıl

Tahıl bazlı gıdalar ısıtılardan sonra akrilamid oluşumunda diğer anahtar kaynak haline gelmiştir. Springer ve ark. (2003) serbest asparajin seviyelerinin çeşitli çavdar tanelerinde farklılık gösterdiğini; en düşük miktarın endospermde, en yüksek miktarın ise kepekte olduğunu bulmuşlardır (Zhang ve Zhang 2007).

Rufian- Henares ve ark. (2006)'nın bildirdiğine göre batı ülkelerinde gıda kaynaklı akrilamidin günlük tüketimine kahvaltılık tahılların etkisi fazladır. İspanya'daki marketlerden alınan 60 çeşit kahvaltılık tahıllarda < 62-803 µg/kg aralığında akrilamid belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmalar sonucunda ortalama akrilamid miktarının 292 µg/kg, günlük kişi başı kahvaltılık gevrekler ile akrilamid alımının ise 2,68 µg/kg olduğu bildirilmiştir.

Granvogl ve Schiberle (2007) yaptıkları bir çalışmada kakao kitesi, kahve tanesi, kahve ve tahıl ürünlerinde 3-APA (3-Aminopropionamid) bileşiğinin akrilamid oluşumunda etkili bir prekürsör olduğunu LC-MS/MS cihazı ile belirlemişlerdir. Tahıl ürünleri içerisinde özellikle patlatmalık mısırdaki analizler sonucunda 3-APA bileşiği oldukça yüksek miktarlarda belirlenmiş olup bu durumun da akrilamid konsantrasyonu ile iyi bir korelasyon gösterdiği açıklanmıştır.

Taeymans ve ark. (2004) buğdayı çeşitli tarif ve prosesler ile pişirerek çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmada buğdaydan üretilmiş kahvaltılık tahıl bisküvisi, fırından çıkarıldıktan sonra hızlıca termal izleme kamerasının önüne bırakılıp termal görüntüsü elde edilmiştir. Fırın sıcaklığı 220°C olup bisküvi yüzeyinin sıcaklığı 120°C'yi, bisküvi merkezinin sıcaklığı da 80°C'yi hiçbir zaman geçmemiştir. Bu sıcaklıklarda bisküvinin her iki bölgesinde de akrilamide rastlanmış olup yüzeydeki oran 270 µg/kg, merkezdeki oran ise 128 µg/kg ölçülmüştür.

2.4.3. Ekmek

Yüksek akrilamid miktarının diğer olası kaynağının zencefilli çörek olduğu bazı Avrupa ülkelerinde kanıtlanmıştır. Zencefilli çörek Hollanda'da tüm yıl boyunca sıklıkla

tüketilmekte olup Hollanda toplam nüfusunun %16'sının akrilamide maruz kalmasında bu ürünlerin tüketilmesinin pay sahibi olabileceği tahmin edilmektedir. Zencefilli çörek taze ağırlığının kg'ında 1000 µg'a kadar akrilamid içerebilmektedir. Zencefilli çörekte akrilamid miktarındaki önemli azalma; pişirme ajanı olarak hidrojen karbonat kullanımıyla, serbest asparajinin minimize edilmesiyle ve uzatılmış pişirmenin önlenmesi ile olacağı sonucuna ulaşılmıştır (Zhang ve Zhang 2007).

Capuano ve ark. (2009) ekmeğin kızartılması süresince model sistemlerde un tipinin akrilamid oluşumuna ve Maillard reaksiyonuna etkisini araştırmış ve akrilamid azalma stratejileri bulmuşlardır. Yapılan çalışmada un tipinin (buğday, çavdar ve tam buğday unları) ve proses koşullarının etkisi model ekmek sistemlerinde araştırılmıştır. Farklı sıcaklıklar ve farklı zamanlarda ekmekler pişirilmiştir. Araştırmanın ikinci aşamasında ise glisin, asparajinaz, antioksidan ekstraktı gibi çeşitli katkıları eklenmiş ve bu katkıların Maillard reaksiyonunda oluşabilecek olası zararlı bileşikler olan HMF ve akrilamid azaltıcı etkisi incelenmiştir.

Çavdar model sistemlerinde tüm sıcaklık derecelerinde HMF ve akrilamid oluşumu tam buğday ve buğday sistemlerine göre daha fazla olarak tespit edilmiştir. Tam buğday sistemlerinde daha az HMF oluşmuştur. Glisin eklenmesi akrilamid oluşumunu azaltıcı bir etki göstermiş, kahverengileşmenin gelişmesini, antioksidan aktiviteyi ve HMF oluşumunu artırdığı belirlenmiştir. Asparajinaz, akrilamid oluşumunu %88'e kadar düşürmüş, kahverengileşmenin gelişmesine ve antioksidan aktiviteye etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Capuano ve ark. 2009).

Ahrné ve ark. (2007) ise beyaz ekmeğin pişirilmesi sırasında oluşan akrilamide kabuk sıcaklığının ve su içeriğinin etkisini araştırmışlardır. Her pişirme sıcaklığında pişirme süresi 5 ve 10 dakika artırılmış; buharda pişirme ve düşük sıcaklıkta pişirme ile ek araştırmalar yapılmıştır. Pişirme sonrasında kabuk hızlıca iç ve dış kabuk olmak üzere fraksiyonlara ayrılmış; su içeriği ile akrilamid konsantrasyonu her iki fraksiyonda da ölçülmüştür. Dış kabuktaki su içeriği önemli miktarda düşük iken akrilamid konsantrasyonu iç kabuğa göre daha yüksek tespit edilmiştir. Kabuk sıcaklığının su içeriği ile kombinasyonu akrilamid oluşumunda önemli bir etki oluşturmuş; daha yüksek sıcaklıklarda daha yüksek konsantrasyonda akrilamid bulunmuştur. Ancak çok yüksek sıcaklıklarda ve düşük su içeriğinde akrilamid konsantrasyonunun azaldığı gözlenmiş, ekmeğin rengi ise tüketilemeyecek duruma gelmiştir. En düşük akrilamid değerleri ve kabul edilebilir kabuk rengi ise buharda pişirme ile elde edilmiştir.

Boyacı Gündüz ve Cengiz (2015) yaptıkları çalışmada Türk pazarındaki farklı ekmek örneklerindeki akrilamid miktarını belirlemişlerdir. Örneklerin akrilamid içerikleri GC-MS ile belirlenmiştir. Örnekler yaygın olarak tüketilen farklı tipteki ekmekleri içermekte olup bu ekmek çeşitleri beyaz buğday ekmeği, taş fırın buğday ekmeği, kepekli buğday ekmeği, çavdar ekmeği, tam tahıl ekmeği ve tam buğday ekmeğidir. Sonuçlara göre farklı tip ekmeklerde ve ayrıca aynı çeşit ekmekler arasında akrilamid içerikleri önemli farklılıklar göstermiştir. Ayrıca örneklerin kırıntı-kabuk oranları da deneyler sırasında gözlenmiştir. Ekmeklerdeki akrilamid içerikleri 695 µg/kg'ın aşığıında bulunmuş olup ortalama değeri 225 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Akrilamid açısından en yüksek ortalamaya tam buğday ekmeğinde rastlanmıştır.

2.4.4. Kahve

Kahve tipik olarak 220°C'den 250°C'ye varan aralıklarda kavrulur, aroma ve lezzet gibi duysal özellikler üzerinde kavurma hızı ve zamanının önemli bir etkisi vardır. Kahve taneleri diğer gıdalara göre nispeten daha yüksek sıcaklıklarda kavruğundan dolayı akrilamid oluşum yollarından birden fazlasını içermesi beklenebilir. Amerika'da yapılan bir araştırmaya göre kavrulmuş ve öğütölmüş kahveler ile instant kahvelerdeki akrilamid seviyeleri karşılaştırılmış; bu değerler sırası ile 45-374 µg/kg ve 169-539 µg/kg olarak ölçölmüştür. İki araştırma grubunun yapmış olduğı bir çalışmada ticari olarak satılan ve orijinal kutusunda depolanan kahvelerdeki akrilamidin dayanıklı olmadığı, oda sıcaklığında depolanan öğütölmüş kahvelerdeki akrilamid miktarında %40'tan %60'a dek azalma olduğı bildirilmiştir (Stadler ve Scholz 2004).

Taeymans ve ark. (2004)'nın bildirdiğıine göre öğütölmüş ve kavrulmuş kahve diğer kızartılmış ya da fırınlanmış ya da kavrulmuş gıdalara göre daha düşük konsantrasyonlarda (170-351 µg/kg) akrilamid içerir. Taeymans ve ark. (2004) tarafından farklı sıcaklık derecelerinde kavruan kahvelerdeki akrilamid oluşumunu tipik bir profil ile göstermişlerdir. Kavurmanın başlangıcında ölçölen akrilamid miktarı katlanarak arttığı, görünür bir şekilde maksimuma ulaştığı ve sonradan hızlıca azaldığı belirtilmiştir.

2.4.5. Badem

Amrein ve ark. (2005) kavrulmuş bademde, badem içeren fırıncılık ürünlerinde, çiğ bademde ve badem ezmesinde akrilamid araştırması yapmışlardır. En yüksek akrilamid konsantrasyonlarının koyu kavrulmuş bademde olduğunu belirlemişlerdir. Kavurma sırasında

indirgen şekerler hızlı bir şekilde azalmış, depolama sırasında da akrilamid miktarının azaldığı gözlenmiştir.

Bademin akrilamid prekürsörlerinin her ikisini de fark edilir seviyelerde içerdiği beyan edilmiştir. Bademdeki serbest asparajin içeriğinin 2000-3000 mg/kg, glikoz ve fruktoz içeriklerin 500- 1300 mg/kg ve sükroz içeriğinin de 2500-5300 mg/kg aralığında değiştiği bildirilmiştir. Bunun bir sonucu olarak da bademdeki akrilamid konsantrasyonunun 260- 1530 µg/kg olarak belirlenmesinin şaşırtıcı bir sonuç olmadığı belirtilmektedir. Isıtma süresince akrilamid oluşum konsantrasyonuna bademin fiziksel formu (tam tane ile kesilmiş yüzey) da etki etmektedir (Amrein ve ark. 2005).

Kavrulmuş bademlerde yapılan çalışmada bazı örnekler kapalı kaplarda tutularak 100 gün boyunca oda sıcaklığında bekletildikten sonra tekrar analizleri yapılmıştır. Tüm örneklerdeki akrilamid içeriğinde %20-57 aralığında değişen bir azalma gözlenmiştir (Amrein ve ark. 2005).

2.5. Akrilamidin Sağlık Üzerinde Oluşturduğu Etkiler

İsviçre’de bir tünel inşaatındaki kazadan sonra akrilamidin insanlar için kanserojenliği hakkındaki araştırmalar önem kazanmıştır. “Rhoca Gil” akrilamid kaynaklı derz dolgu maddesi olup bu madde tünelde oluşabilecek sızıntıları önlemek için kullanılmış, sonradan tünel inşaatının yakınındaki dere ve kuyularda yüksek konsantrasyonda akrilamid bulunmuştur. Tünel drenaj suyu dereye karıştıktan sonra derenin akıntı yönünde bulunan gölette ölü balıklar görülmüş; ayrıca dere çevresinde otlatılan inekler felce uğramış ve tünel çalışanlarında da nörotoksik semptomlar gözlenmiştir. Bunun üzerine yerel yetkililer olağanüstü hal ilan etmişlerdir (Beserantinia ve Pfeifer 2007).

Kazadan etkilenen ineklerin ve inşaat çalışanlarının kanlarında akrilamid- hemoglobin eklentilerinin yüksek olması bu felaket zinciri ile alakalı olabileceğini akla getirmiştir. İlginç olarak maruziyet yaşamayan kontrol bireylerinin de kanlarında hemoglobine bağlı akrilamid seviyeleri önemli miktarlarda yüksek çıkmıştır. Kontrol popülasyonlarında akrilamidin bulunmasının diyet kaynakları ile artacağına şüphe çekilmiştir. Bu teori farelerin kızartılmış yiyecekler ile beslenmesi sonucunda önemli seviyelerde akrilamid- hemoglobin eklentilerinin kanıtlanması ile doğrulanmıştır. Kimyasal analizlerin sonucuna göre akrilamid kızartılmış yiyeceklerde önemli seviyelerde bulunurken kızartılmamış yiyeceklerde bu miktarın önemsiz seviyelerde tespit edildiği doğrulanmıştır (Beserantinia ve Pfeifer 2007).

Nisan 2002’de İsveç Ulusal Gıda İdaresi ve Stockholm Üniversite’nin ortaklaşa duyurduğu bir bildiriye yüksek sıcaklıklarda ısıtma işlem görmüş ya da işlenmiş gıdaların yüksek

oranlarda akrilamid içerdiği bildirilmiştir. Akrilamide maruz kalmanın sonucunda insan ve hayvan sisteminin zarar gördüğü; memelilerde *in vitro* ve *in vivo* sistemleri ile yapılan deneyler sonucunda akrilamidin üreme toksini olabileceği bildirilmiştir (Taeymans ve ark. 2004).

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (1994) tarafından akrilamid “insanlar için muhtemel kanserojen” olarak sınıflandırarak Grup 2 A’ya dahil etmiştir (IARC 1994). Bunun üzerine İsveç bulguları internet bildirimleri aracılığı ile bir takım devlet kuruluşları tarafından hızlıca kabul edilmiş ve gıdalardaki akrilamidin potansiyel sağlık riski Gıda Bilimsel Komitesi tarafından göz önünde bulundurulmuştur (Taeymans ve ark. 2004).

Xu ve ark. (2014) tarafından bildirildiğine göre akrilamid için tehlike tanımlanması; bu bileşiğe maruz kalındığında sağlığa karşı zıt etkilerinin tanımlanması prosesidir. Bu amaçla akrilamidin önlenmesi ya da hafifletilmesi için akrilamid risk yönetimi ve risk değerlendirmesi planları yapılır. Akrilamidin birikimi hakkındaki endişeler onun toksisitesine daha fazla dikkat çekmektedir. Bugüne kadar birçok toksisite çalışmaları akrilamidin sebep olduğu nörotoksosite, genotoksosite ve kanserojenite üzerine yoğunlaşmıştır.

2.5.1. Kanserijenite

Virk-Baker ve ark. (2014) tarafından bildirildiğine göre erkek ve dişi kemirgen modellerinin her ikisinde de akrilamid çoklu organ kanserojenidir. Fare ve sıçan hayvan modellerinde akrilamidin kanserojenliği belirlenmiştir ancak çalışmalarda kullanılan dozlar; insanların diyet yolu ile kilo bazında maruz kaldıkları miktarlardan 1000-100000 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Rice (2005) akrilamid deney hayvanlarına (fare ve sıçan) içme suyu ya da diğer yollar ile her iki türe verildiğinde çoklu organ tümörlerinin oluştuğu ve kanserojen yapıcı etkisinin olduğunu bildirmiştir. Farelere uygulanan akrilamid akciğer kanseri oranını artırmış ve dermal maruziyetten sonra deri tümörlerini başlatmıştır. Farelerle yapılan biyoanalizlerde akrilamid içme sularına sürekli eklenmiş, bunun sonucunda tiroid foliküler hücre tümörleri, göğüs bezi tümörleri, beyin tümörlerinin oluşumu indüklenmiştir.

Hogervorst ve ark. (2009)’nın bildirdiğine göre epidemiyolojik çalışmalarda diyet yolu ile akrilamid alındığında endometriyal, yumurtalık, östrojen, göğüs ve böbrek hücreleri kanserleri arasında pozitif bir birliktelik gözlenmiştir. Akciğer kanser riski ile diyetel akrilamid alımı arasındaki ilişki bilinmemektedir.

Von Tungeln ve ark. (2012) akrilamid ve metaboliti olan glisidamidi yenidoğan fare biyoanalizlerinde kullanarak tümör oluşturma etkisini araştırmışlardır. Dişi farelerin karın içi

zarına doğum sonrası 1., 8. ve 15. günlerde vücut ağırlığı başına 0, 0,14 ve 0,70 mmol akrilamid ya da glisidamid her gün enjekte edilmiş ve bir yıl sonra da tümör oluşturma etkisi belirlenmiştir. Her grubun hayatta kalma oranı %87'den fazla olmuş, gruplar içindeki vücut ağırlıklarında farklılıklar olmamış ve sadece tedaviye bağlı olarak karaciğeri tümör sarmıştır. Kontrol gruplarında (0 mmol) karaciğer adenom (iyi huylu tümör) ve karsinom (kötü huylu tümör) oluşma etkisi %3,8; vücut ağırlığı kg başına 0,14 mmol akrilamid ve glisidamid verilen gruplardaki oran %4,2, 0,70 mmol glisidamid verilen gruplardaki oran ise %71,4 olarak belirlenmiştir. Vücut ağırlığı kg başına 0,70 mmol glisidamid uygulanan farelerdeki karaciğer tümörlerinin analizleri sonucunda A-G ve A-T mutasyonlarının belirli kodonlarda indüklendiği gözlenmiştir.

Mucci ve ark. (2003) yaptıkları çalışmada İsviçre'de nüfus bazlı vaka kontrol çalışmasında diyet ile akrilamid alımının kalın barsak, mesane ve böbrek kanseri oluşturma etkilerini araştırmışlardır. Akrilamid içeriği bakımından 14 farklı gıda maddesi yüksek oranlarda (300-1200 µg/kg) ya da ılımlı oranlarda (30-299 µg/kg) akrilamid içerenler tüketiciler tarafından yüksek miktarlarda alındığında böbrek, mesane ya da barsak kanseri bakımından tatmin edici bir sonuç bulunamadığı bildirilmiştir. Aynı şekilde diyetteki akrilamid miktarı belirli gıdalarla beslenen gruplar analiz edildiğinde mesane ya da böbrek kanseri ile ilgili bir ilişki bulunamadığı bildirilmiştir.

Şimdiye dek insanlarda kanser ve diyetsel akrilamide maruz kalma arasındaki bağlantıyı bulmak için birçok epidemiyolojik çalışmalar yapılmıştır. Ancak diyetsel akrilamid alımı ve herhangi kanser tipinin gelişmesi arasında hiçbir ilişki bulunamamıştır. Bu gözlemsel çalışmalardaki pozitif sonuçların eksikliği akrilamidin insanlar için kanserojen olmadığına kanıtı şeklinde yorumlanmamalıdır (Besarantinia ve Pfeifer 2007).

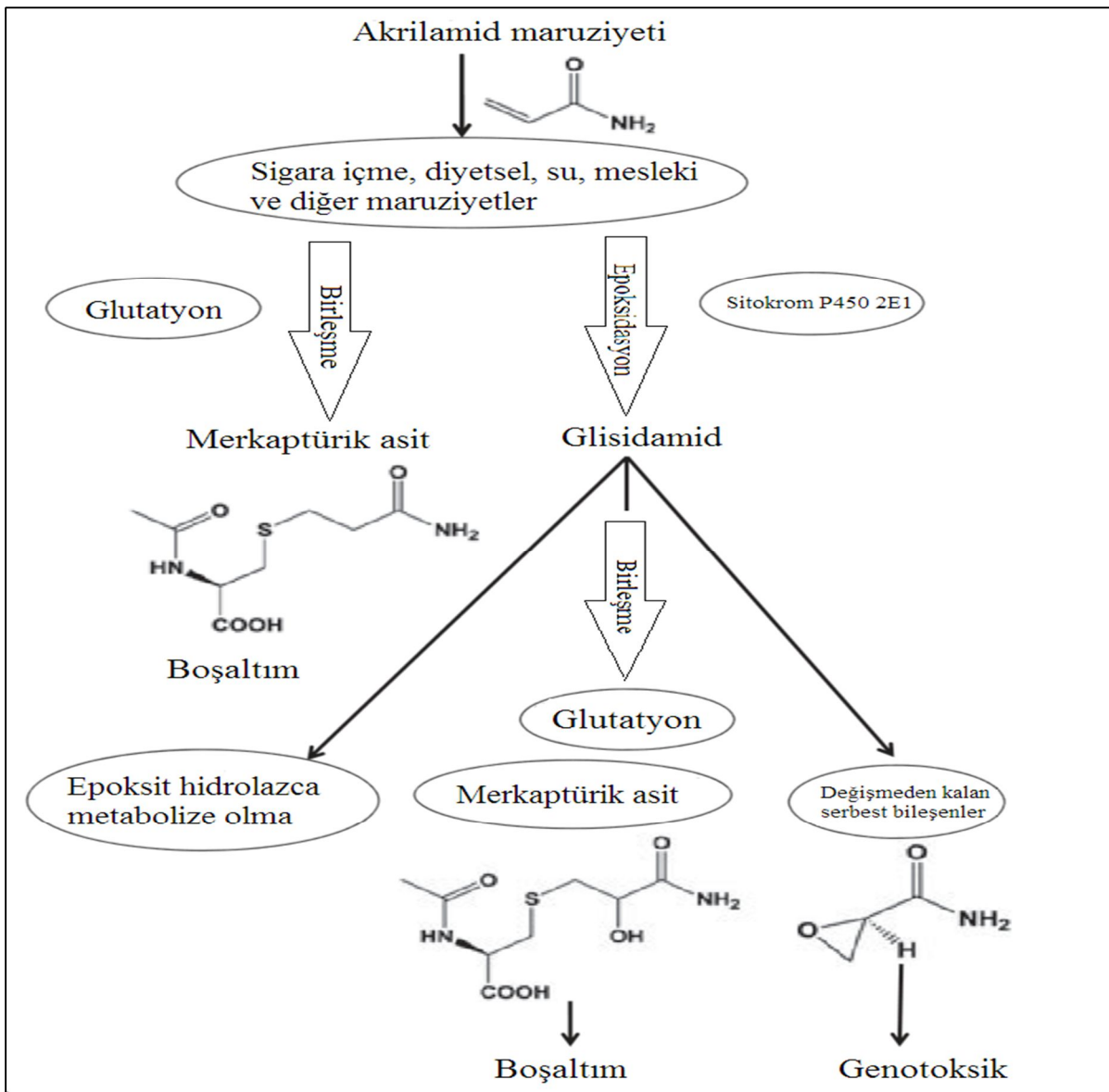
2.5.2. Genotoksisite

Kimyasal reaktif ve genotoksik epoksit olan glisidamid; akrilamidin önemli bir fraksiyonu olup hem insan hem de deney hayvanlarında mideye alındıktan sonra metabolik yollar ile akrilamidden dönüşerek oluşur (Rice 2005). Akrilamidin glisidamide epoksidasyonu sitokrom P450 2E1 yolu ile olduğu da ayrıca bildirilmiştir (Ao ve Cao 2012, Virk- Baker ve ark. 2014).

Bireylerin akrilamide maruz kalmaları diyet, sigara içme, içme suyu, mesleki kaynaklar, banyo malzemeleri ve ev eşyalarının kombine etkisini yansıtmaktadır. Dermal yol ile akrilamidin emilimi daha az olmaktadır çünkü deri akrilamid alımını önlemek için bariyer görevi görür. Yarılanma ömrü 3,1-3,5 saat olan akrilamid oral yol ile alındıktan sonra hızlıca

absorbe edilir ve idrarla vücuttan uzaklaştırılır (Virk- Baker ve ark. 2014). Yapılan hayvan denemeleri sonucunda akrilamidin tüm dokulara dağılabildiği, hamile hayvanlarda fetüse geçebildiği, anne sütünde bile bulunabildiği bildirilmiştir (FAO/ WHO 2010).

Akrilamidin üriner metabolit olarak vücuttan atılmasına yardımcı olmada glutatyon ile birleşme yolu önemli bir rol oynar. Akrilamid ayrıca sitokrom P450 2E1 aktivitesi aracılığı ile genotoksik metabolit olan glisidamidi oluşturmak için epoksidasyona uğrayabilir. Allil ve diallil sülfid gibi bileşenlerin insanlarda sitokrom P450 2E1 yolu ile glisidamid oluşumunu baskılayabildiği bildirilmiştir. Şekil 2.5'te akrilamidin metabolizması gösterilmektedir (Virk- Baker ve ark. 2014).



Şekil 2.5. Akrilamidin metabolizması (Virk- Baker ve ark. 2014)

Akrilamid ve glisidamidin genotoksik etkileri yaygın olarak değerlendirilmiştir. Ancak memelilerdeki gen mutasyon test sonuçları tutarsız olup genotoksik etkiler bazı genleri (HPRT-hipoksantin guanin fosforibozil transferaz ve TK- timidin kinaz) özellikle daha çok etkilemektedirler. Akrilamid ve glisidamid ile yapılan *in vivo* ve *in vitro* testlerde akrilamidin direk olarak klastojen bir etki gösterdiği ve HPRT geni üzerinde zayıf bir mutajenik etki oluşturduğu kabul edilmiştir. Diğer taraftan glisidamid DNA ile yüksek reaktivite gösterdiğinden güçlü bir mutajen olduğu, ağırlıklı olarak da nokta mutasyonlarını indüklediği bildirilmiştir (Ao ve Cao 2012). Nokta mutasyonlarında ise adeninin guanine; guaninin de sitozine sırası ile dönüştüğü bildirilmiştir (Claus ve ark. 2008).

Glisidamid; kromozomal sapmaların başlatılması (kırılmalar ve açıklıklar), mitoz indeksinin azalması ve spesifik glisidamid-DNA (GA-DNA) eklentilerinin oluşumundan sorumludur. Bu eklentiler N7-(2-karbomil-2-hidroksietil)-guanin (N7-GA-Gua) ve N3-(2-karbomil-2-hidroksietil)-adenin (N3-GA-Ade) olarak adlandırılır (Xu ve ark. 2014). N7-GA-Gua eklentisi N3-GA-Ade eklentisine göre karaciğer, akciğer ve böbrek gibi test edilmiş organlarda yaklaşık olarak 100 kat daha fazla oluştuğu bildirilmiştir (Besarantinia ve Pfeifer 2007).

2.5.3. Nörotoksisite

Pennisi ve ark. (2013) tarafından bildirildiğine göre akrilamid monomeri insanlar ve laboratuvar hayvanları için nörotoksiktir. Bu kimyasala subkronik olarak maruz kalma sonucunda nöropatilere, el ve ayaklarda uyuşmalara, yürümede anormalliklere, kas güçsüzlüğüne, ataksiye, ciltte ve bazı durumlarda serebellar (beyincik ile ilgili) değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. Akrilamidin nörotoksisitesi daha çok periferiktir (omurilik dışında kalan bölüm) ama sinir ucu aracılığı ile zar birleşme mekanizmalarının ve tübülovesikular değişikliklerin zarar görmesi sonucunda merkezi sinir sistemini de kapsayabilir. Bazı toksikolojik çalışmalar akrilamid buharının deride ve gözlerde irritasyon oluşturduğunu, omurilikte felce neden olduğunu göstermektedir. Laboratuvar hayvanlarında bu kimyasal günlük olarak tekrarlı verilmesi sonucunda (0,5-50 mg/kg her gün) insanlarda gözlenen nörotoksisite çeşidine benzer nörolojik belirtilerin oluşumuna öncülük ettiği bildirilmiştir.

LoPachin ve Gavin (2012)'in bildirdiğine göre *in vivo* proteomik ve *in chemico* çalışmaları ile presinaptik proteinlerin aktif bölgeleri içinde yer alan nükleofilik sistein tiyolat grupları ile akrilamidin kovalent eklentiler oluşturduğu kanıtlanmıştır. Bu yerleşimin sonucu olarak sinir ucu prosesinde protein inaktivasyonunun bozulduğu ve sinir iletiminin zarar gördüğü bildirilmiştir.

2.6. Akrilamid Azaltma Yolları

Asparajin ve karbonhidrat model sistemlerinde ya da birçok farklı gıda matrislerinde akrilamid oluşum mekanizmaları çeşitli çalışmalar ile kanıtlanmıştır. Mevcut bilgilere göre akrilamid oluşumu aşağıdaki durumlar ile azaltılabileceği bildirilmiştir:

- ❖ Reaksiyon koşullarının değişimi altında bazı anahtar rolündeki ara maddelerin oluşumunun engellenmesi,
- ❖ Akrilamid haricindeki diğer vinilli bileşenlerin oluşturulması,
- ❖ Schiff bazı, Strecker tipi bozunma, *N*- glikozid yolu ve dekarboksile Amadori bileşenlerinin β - eliminasyon reaksiyonları gibi bazı oluşum yollarının bloke edilmesi (Zhang ve Zhang 2007).

Akrilamid oluşum çalışmalarının geliştirilmesi ile birçok araştırmacı bu kontaminantı azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Bu maddenin oluşumunun azaltılması için çeşitli etkili yollar bulunmuş olup bu yollara örnek olarak; gıda maddelerindeki prekürsörlerin değişimi, gıda maddelerinde ısı işlem metotlarının değişimi, uygun kültür ve depolama sıcaklığında optimizasyon sağlanması, fermantasyon v.b. verilebilir. Ayrıca gıda matrislerinde indirgen şeker oranının düşürülmesi, proses koşullarının modifikasyonu, ısı işlem metotlarının değişimi gibi koşullar çiğ gıda materyallerini etkiler. Çeşitli kimyasalların kullanımı ile akrilamidin azaltılabileceği bildirilmiştir. Ancak eklenecek kimyasalların aşağıdaki özellikleri taşıması gerekir:

- Kimyasal ilavelerin eklenme düzeyleri gıda kriterlerine göre uygun olarak kontrol edilmelidir.
- Toksikite testleri ile toksik etkili olmadığı kanıtlanmış katkı maddeleri seçilmelidir.
- Eklenecek katkıları işlenen gıdaların doğal ve duyuşsal karakteristiklerini etkilememelidir (Zhang ve Zhang 2007).

Gıdalarda oluşan akrilamidi azaltmak için yapılan çalışmalar aşağıda belirtilmiştir:

Gökmen ve Şenyuva (2007b) yaptıkları bir çalışmada Maillard reaksiyonu sırasında iki değerli katyonların kullanımı ile akrilamid oluşumunu önlemişlerdir. Bir ve iki değerli katyonların akrilamid oluşumundaki etkisi araştırılmış; bu araştırma fruktoz-asparajin model sistemlerde 150 ve 180°C'lerde yapılmıştır. Asparajin ve fruktozun eşit miktarlarda olduğu bu sisteme Ca^{+2} gibi iki değerli katyonlar eklenerek akrilamid oluşumunun tamamen önlediği; Na^{+1} gibi tek değerli katyonların ise akrilamid oluşumunu yaklaşık olarak yarı yarıya azalttığı bulunmuştur. Asparajinden Schiff bazı oluşturan ve akrilamid oluşumuna öncülük eden anahtar rolündeki pirolizatların oluşumunun katyonlar ile önlediği sonucu kütle

spektrometrik analizler ile doğrulanmıştır. Bu arada reaksiyon kahverengi renkli ürünlerin oluşumuna dek devam etmiş olup; patateslerin kalsiyum klorid çözeltisine batırılması ile kızartma sırasında akrilamid oluşumu %95'e kadar inhibe edilmiştir.

Pedreschi ve ark. (2007) patates kızartmalarına ön işlemler uygulayarak farklı koşullar altında akrilamidi azaltmak için çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalara göre patates çubukları nem içeriği ~40 g su/ 100 g olana dek 150, 170 ve 190°C'lerde kızartılmışlardır. Kızartma öncesinde patates çubuklarına aşağıdaki işlemler uygulanmıştır:

- i. 0 dakika (kontrol), 60 dakika ve 120 dakika saf suya batırılmış,
- ii. 10 g/L'lik sitrik asit çözeltisine 1 saatliğine batırılmış,
- iii. 10 g/L'lik sodyum pirofosfat çözeltisine 1 saat daldırılıp bekletilmiş,
- iv. Sıcak suda 6 farklı sıcaklık- zaman kombinasyonları ile haşlanmıştır (50°C'de 40 ve 80 dakika, 70°C'de 10 ve 45 dakika, 90°C'de 3 ve 10 dakika).

Patates kızartmalarında akrilamid içeriği belirlenirken, kızartma öncesinde patates çubuklarındaki asparajin ve glikoz içerikleri de belirlenmiştir. Saf suya batırılmış çubuklar 120 dakika bekletildiğinde akrilamid oluşumundaki azalma kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında 150, 170 ve 190°C'lerde sırası ile %33, %21 ve %27 oranında olduğu gözlenmiştir. 50°C'de 80 dakika haşlanan patates çubukları diğer farklı koşullarda haşlanan ve aynı sıcaklıkta kızartılan patates çubukları (150, 170 ve 190°C'deki miktarlar sırası ile 135, 327 ve 564 µg/kg) ile karşılaştırıldığında en düşük akrilamid içeriğine sahip olduğu gözlenmiştir. Kızartma sonrasında akrilamid oluşumundaki azalma 10 g/L'lik sitrik asit solüsyonuna daldırılan patates çubuklarında %53 iken bu oranın 10 g /L'lik sodyum pirofosfat solüsyonuna daldırılan çubuklarda %17 olduğu bildirilmiştir. Kızartma sıcaklığının 190°C'den 150°C'ye düşürülmesi ile akrilamid oluşumunun önemli derecede azaldığı da bildirilmiştir.

Zhang ve Zhang (2008) düşük nem koşullarında asparajin-glikoz model sistemlerinde doğal antioksidanların akrilamid oluşum kinetiğine etkilerini araştırmışlardır. Bambu yapraklarının antioksidanlığı ve yeşil çay ekstraktı gibi doğal antioksidanlar eşit molarlı asparajin-glikoz model sistemlerinde değerlendirilmiş; bu substratlar düşük nem koşulları altında 180°C'de fırılandıktan sonra ürünlerdeki akrilamid içeriği UPLC-MS/MS ile belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre doğal antioksidanların her ikisinin de akrilamid içeriğini etkin bir şekilde düşürdüğü ve maksimum azaltma oranının 10^{-4} mg substratlar ortama eklendiğinde bambu yapraklarında %74,4, yeşil çay ekstraktında ise %74,3 olduğu bildirilmiştir.

Gül Akıllıoğlu ve Gökmen (2014) maya fermentasyonu ile instant kahvede akrilamid ve HMF azaltılmasını incelemişlerdir. İntant kahve (%20 w/v), sükröz (%0-10 w/v) ve ekmek mayası (*Saccharomyces cerevisiae* %1-2 w/v) ile sıkıca kapatılmış cam kaptaki karıştırılmıştır. Karışım 30°C'de 48 saat fermente edilmiş, akrilamid ve HMF azalma kinetikleri araştırılmıştır. HMF ve akrilamid içerikleri, fermentasyon ortamı ve zamanına bağlı olarak üssel değişen oranlarda azalmıştır. 24 saat sonunda fermentasyon ortamında hiç (0), %1, %5 ve %10 sükröz bulunması ile HMF konsantrasyonu %61,2, %75,7, %93,6 ve %99,2'ye dek azaldığı bildirilmiştir. 48 saat sonra akrilamid konsantrasyonu yaklaşık %70 oranında azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar instant kahvede HMF ve akrilamid azaltılması için maya fermentasyonunun umut verici olduğunu gözler önüne sermektedir.

Wang ve ark. (2013) ise fitik asitin Maillard reaksiyonuna ve akrilamid oluşumuna etkilerini araştırmışlardır. Fitik asit ve fosfatın her ikisi de glikoz/ β - alanin sisteminde kahverengileşmeyi artırmışlar fakat fitik asitin fosfata göre daha az etkili olduğu bildirilmiştir. Reaksiyona kalsiyum ve magnezyum iyonlarının eklenmesi ile kahverengileşmenin önlediği ancak pH 8'de glikoz / β - alanin solüsyonunda fitik asit ve demir iyonları için bir katkı etkisi gözlenmiştir. Fitik asit ve fosfatın her ikisi de reaksiyon ara ürünlerinin polimerizasyonunu önlediği belirlenmiştir. Akrilamid oluşumunda fitik asitin fosfattan daha az etkili olduğu, sodyum fitat ve kalsiyum klorid ile ard arda muameleye tutulduğunda akrilamid oluşumunu büyük ölçüde önlediği bildirilmiştir.

Çetinkaya Açar ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada kalsiyum klorid ve kalsiyum laktatın bisküvilerdeki akrilamid ve HMF seviyelerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca kalsiyum türevlerinin bisküvilerdeki duyuşal özellikleri de araştırılmıştır. Bisküvilerdeki kalsiyum miktarı ile akrilamid oluşumu arasında direkt bir ilişki belirlenmiştir. %1 oranında Puracal Act 100 (kalsiyum bazlı ürün) eklenmesi ile bisküvilerdeki akrilamid oluşumu 128 ± 10 ng/g'dan 24 ± 4 ng/g'a düşürülmüştür. Aynı zamanda HMF konsantrasyonu $2,0 \pm 0,19$ mg/kg'dan $3,3 \pm 0,24$ mg/kg'a yükselmiştir. Kalsiyum türevlerinin bisküvi çapına ve kalınlığına etkisi olmamış fakat yüzey renklerinde değişim gözlenmiştir. Kalsiyum kullanımı açıklık (L^*) parametresini önemli derecede artırmış fakat kızarıklık (a^*) parametresini düşürmüştür. %0,5'e kadar olan dozlarda kalsiyum türevlerinin eklenmesi bisküvilerde duyuşal özellik terimleri olan tatlılık, tuzluluk ve sertliği önemli derecede etkilenmediği bildirilmiştir.

Bartkiene ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada yer elmasına (*Helianthus tuberosus* L.) farklı laktobasiller (*Lactobacillus sakei*, *Pediococcus acidilactici* ve *Pediococcus pentosaceus*) ekleyerek yer elmasını daldırmalı ve katı-durum fermentasyonuna

tabi tuttuktan sonra bisküvi formülasyonlarına belirli oranlarda fermente yer elmasından eklemişler ve bunun sonucunda bisküvilerdeki akrilamid içeriğini araştırmışlardır. Daldırılarak fermente edilen yer elması yumruları ile katı-durum fermentasyonu karşılaştırıldığında; daldırmalı yöntemde pH önemli ölçüde düşük, toplam titre edilebilir asitlik daha yüksek, proteaz aktivitesi 1,2-1,3 kat fazla ve alfa amilaz aktivitesi de 1,2-2,0 kez daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Yer elmasının daldırmalı fermentasyonu ile yapılan tüm bisküvi örneklerindeki akrilamid içeriği 10 µg/kg'dan daha az bulunmuştur. Seçilmiş laktobasiller ile yer elmasının daldırmalı fermentasyonu sonucunda ürünlerde spesifik karakteristikler sağlanmıştır. Bu ürünlerde asparajin azaltma etkisi oluşmuş ve böylece yer elması ile zenginleştirilen bisküvilerdeki akrilamid içeriğinin azaldığı bildirilmiştir.

Yuan ve ark. (2011) asparajin/şeker Maillard model sistemlerinde seçilmiş katkıların akrilamid oluşumuna etkisini araştırmışlardır. NaCl, NaHSO₃, askorbik asit, sistein ve allicin gibi seçilmiş katkıları asparajin/ fruktoz ve asparajin/glikoz sistemlerinde mikrodalga prosesi ile akrilamid oluşumuna bakılmıştır. NaHSO₃ ve sisteinin akrilamid oluşumunu en iyi şekilde azalttığı fakat bu katkıların eklenmesi ile kahverengileşmenin etkilendiği bildirilmiştir. Askorbik asitin de her iki model sistemde akrilamid oluşumunu inhibe edici olduğu bulunmuş ancak yüksek konsantrasyonlardaki askorbik asitin kahverengileşmeyi etkilediği gözlenmiştir. Allicin de etkili bir şekilde akrilamid oluşumunu azaltmış, asparajin/fruktoz model sisteminde %0,0375 konsantrasyonda kullanım ile %50'den fazla maksimum azaltma oranına ulaşılmıştır. Fakat asparajin/glikoz model sisteminde allicin kullanımı ile iyi bir azalma oranı gözlenmemiştir. Asparajin/fruktoz model sistemine allicin ilavesi ile en düşük akrilamid içeriği 0,181 µg/ml ve asparajin glikoz model sistemine askorbik asit eklenmesi ile oluşan en düşük akrilamid içeriği 0,029 µg/ml olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Li ve ark. (2012) bisküvilerde akrilamid oluşumunu azaltmak için 5 çeşit antioksidan kullanmışlardır. Bu antioksidanlar bambu yaprakları, sodyum eritorbat, çay polifenoller, vitamin E ve tersinir bütül hidrokinon (TBHQ) olup bisküvi reçetelerine ayrı ayrı eklenmiş ve akrilamid içeriği LC-MS/MS cihazı ile belirlenmiştir. Maksimum oranda akrilamid önleyici olarak 0,2 g/kg oranında eklenen bambu yaprakları olmuştur. Bambu yaprakları (0,2 g/kg), çay polifenoller (0,1 g/kg), vitamin E (0,1 g/kg), sodyum eritorbat (0,1 g/kg) ve TBHQ (0,2 g/kg) eklenmesi ile akrilamid oluşumundaki azalma oranları sırası ile %63,9, %43, %71,2, %49,6 ve %54,1 olduğu gözlenmiştir. Bambu yaprakları (0,2 g/kg) ve vitamin E (0,1 g/kg)'nin bisküvilere eklenmesi sadece akrilamid miktarını etkin bir şekilde azaltmakla kalmadığı ayrıca bisküvilerde kabul edilebilir duyu özellikleri de muhafaza ettiği bildirilmiştir.

Mestdagh ve ark. (2008) kızartılmış patateslerde akrilamidi azaltmak için haşlama prosesinin optimizasyonunu araştırmışlardır. Patates dilimleri ve çubuklarından indirgen şeker ekstraksiyonu için haşlama süresi ve sıcaklığının etkisi incelenmiştir. Patates kızartmasına göre patates cipslerindeki akrilamid daha etkili bir şekilde düşürülmüş olup bu durum haşlama sırasında patates dilimlerinden şeker ekstraksiyonunun daha belirgin olmasına bağlanmıştır. Her iki üründe de haşlama sıcaklığı şeker ekstraksiyonunu ve bunu takiben akrilamid azalmasını etkileyen ana faktördür. Düşük sıcaklıklardaki haşlama ile 70°C'lerdeki haşlama sıcaklığı (yaklaşık 10 dakika) karşılaştırıldığında etkili haşlamanın 70°C'ler olduğu bildirilmiştir.

Anese ve ark. (2014) kahve tanelerinde akrilamid oluşumu ve azaltılmasına vakum altında kavurmanın etkisini araştırmışlardır. Arabica kahve tohumları fırında 200°C'de zamanı artırmak için 0,15 kPa vakum altında kavrulmuştur. Daha sonra örnekler renk, ağırlık kaybı, akrilamid konsantrasyonu ve duyuşal özellikler bakımından analiz edilmiştir. Elde edilen veriler; atmosferik basınçta (konvansiyonel kavurma) kavruan kahve ile karşılaştırılmıştır. Vakum altında kavruan kahveler orta kavurma derecesinde olup konvansiyonel kavrulmuş kahvelere karşılık yaklaşık olarak %50 daha az akrilamid oluştuğu gözlenmiştir. Vakum altında işlem gören kahvelerdeki duyuşal özelliklerin konvansiyonel yolla kavruan kahvelerle benzer özellikte olduğu bildirilmiştir.

2.7. Günlük Akrilamid Alımı ve Yasal Uygulamalar

Akrilamid alımına en yüksek katkısı olan gıdalar ülkeden ülkeye göre çeşitlilik gösterir. Bu çeşitlilik gıdaların hazırlanmasındaki ulusal model ve metotlara bağlıdır. Genellikle patates ürünleri, kahve ve fırıncılık ürünleri en önemli kaynaklardır. Örneğin, Almanya'da akrilamid alımının yaklaşık olarak %25'i hemen hemen günde 240 gram ekmek ve küçük yuvarlak ekmeklerin tüketilmesine bağlıdır (Claus ve ark. 2008).

İçme sularında yapılan analizler sonucu Codex Alimentarius ve Türk Gıda Kodeksi'ne göre; belirlenen yasal sınır değeri 0,1 µg/l parametrik değeri (Madde 98/83/EC) olarak belirlenmiştir. Parametrik değeri ise suyla temas eden polimerden kaynaklanan sudaki monomer kalıntı konsantrasyonu olarak belirtilmiştir (Anonim 2013a).

Spesifik migrasyon limiti (SML), gıdalara temas eden plastik madde veya malzemelerden gıdaya geçebilen akrilamidin en yüksek yasal seviyesi olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarla temas eden plastik madde ve malzemeler tebliğine göre; akrilamidin Spesifik Migrasyon Limiti (SML),TED (Tespit Edilemeyen Düzey) olarak

belirlenmiştir. Yani akrilamidin TED’de migrasyonunun olmaması istenmektedir (Anonim 2013b).

Gıda Standartları Ajansı tarafından bildirildiğine göre gıdalardaki akrilamid için düzenleyici maksimum bir sınır bulunmamaktadır. Ancak Avrupa Komisyonu (EC)’nun tüketiciler için diyetel olarak akrilamide maruz kaldıkları gıda grupları arasında gösterge değerlerin ortaya konulduğu bildirilmiştir (Anonim 2015a).

2.8. Yer Fıstığı

Baklagiller familyasından yazlık tek yıllık bir bitki olan yer fıstığı (*Arachis hypogaea*) meyvelerini toprak altında oluşturduğundan dolayı diğer bitkilerden farklılık gösterir. Ana ve yan ürünlerinin çok değişik kullanım alanları olan yer fıstığının büyük bir kısmı çerezlik olarak tüketilmektedir. B vitamini bakımından zengin olan yer fıstığının bileşiminde ortalama %46 yağ, %25 protein, %16 karbonhidrat ve %15 mineral madde bulunduğu ve meyvelerinin fosforca zengin amino asitler içerdiği bildirilmektedir (Taşkaya 2007).

2.9. Badem İçi

Gülgiller familyasından ve anayurdu Asya’nın güneybatısı olan bir ağaç ve bu ağacın tohumları olarak badem (*Prunus dulcis*), tanımlanmaktadır. Çerez olarak yenebilen tatlı badem tohumları, çeşitli yiyeceklerin hazırlanmasında, badem yağı ve badem unu yapımında da kullanılmaktadır. Kozmetik sanayinde katkı maddesi ve kokulandırıcı olarak acı bademlerin kullanıldığı bildirilmiştir (Özsu 2003). Ayaz (2008) tarafından bildirildiğine göre badem içinin bileşiminde % 19,5 karbonhidrat, %18,6 protein ve %54,2 yağ bulunmaktadır.

2.10. Ayçiçeği Çekirdeği

Dünyada ve Türkiye’de yemeklik yağ ihtiyacının karşılanması için yetiştirilen önemli bir bitki olan ayçiçeği çekirdeği (*Helianthus annuus*); fındık, yer fıstığı, nohut (leblebi yapımında), mısır ve patates gibi çerezlik olarak da yetiştirilmektedir. Çerezlik olarak uzun zamandan beri kullanılagelen ayçiçeği çekirdeği; ekmek, pasta, dondurma, çikolata, kurabiye gibi gıdalarda iç ayçiçeği çekirdeği taneleri de kullanılmaktadır (Day 2011). Ayçiçeği çekirdeğinin yağ oranının % 47,3, karbonhidrat oranının % 19,9, protein oranının ise %24 olduğu bildirilmiştir (Ayaz 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırma materyali olarak; her kuruyemiş çeşidi için 1 adedi çiğ ve 3 adedi farklı sıcaklıklarda kavrulmasıyla elde edilmiş 4 adet ayçiçeği çekirdeği, 4 adet badem içi ve 4 adet yer fıstığı olmak üzere toplamda 12 örnek kullanılmıştır. Araştırma materyalleri Nurdan Gıda Pazarlama Ltd. Şti. Malkara/Tekirdağ'dan temin edilmiş olup çiğ örnekler kontrollü atmosferde paketlenen sonra laboratuvar ortamına getirilmiş ve daha sonra analizleri yapılmıştır.

Analizler sırasında kullanılan kimyasal maddeler: sodyum hidroksit, etil alkol, magnezyum sülfat anhidrus, metanol, akrilamid standardı ve formik asit Sigma Aldrich (UK) firmasından; sülfirik asit (%95-98), Kjeldahl tablet, sodyum klorid, alüminyum oksit ve *n*- hegzan Merck (Darmstadt, Germany) firmasından; borik asit, asetonitril ve bromkresol yeşili Panreac (Barcelona, İspanya) firmasından; metil red Alfa Aesar (USA), petrol eter ise Grup Deltalar firmasından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

Her kuruyemiş örneği için optimum pişirme süre ve sıcaklıkları ön denemelerle belirlendikten sonra sıcaklık değerleri kademeli olarak artırılmış ve her örnek için 3 farklı sıcaklık derecesinde kavurma işlemi yapılmıştır. İlk kavurma sıcaklığı ticari olarak aynı özellikleri sağlayan kavurma koşullarına göre baz alınmıştır. Çizelge 3.1'de kuruyemiş çeşitlerinin kavrukları sıcaklık değerleri ve süreleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Kuruyemiş çeşitlerinin kavurma sıcaklıkları ve süreleri

Kuruyemiş çeşidi	Kavurma süresi (dk)	1. kavurma sıcaklığı (°C)	2. kavurma sıcaklığı (°C)	3. kavurma sıcaklığı (°C)
Ayçiçeği çekirdeği	23	160	165	170
Badem içi	23	140	145	150
Fıstık içi	40	150	155	160

İlk kavurma sıcaklıklarının ticari kavurma koşullarına göre daha yüksek sıcaklıklar olmasının nedeni; laboratuvar ortamında fırın işlevi gören kurutma kabındaki ısı iletiminin konveksiyon yolu ile olduğundan kaynaklanmaktadır. Kavurma öncesi örnekler herhangi bir

işlem (su, tuz, vb. ilavesi) ile muamele edilmemiştir. Her kavurmada ayçiçeği çekirdeği örneklerinden 200 gram, badem içi ve yer fıstığı örneklerinden ise 75'er gram kullanılmıştır.

Kavrulan her farklı sıcaklıktaki örneklerin % kuru madde, % protein, % kül, % yağ, pH, renk (L^*a^*b), akrilamid (ng/ml) ve duyusal analizleri 3 tekerrürlü 2 paralelli olarak yapılmıştır. Son olarak da tüm analizlerdeki verilerin istatistiksel analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. Kuru Madde Analizi

Sabit tartıma getirilmiş petri kaplarına 4 gram örnek konularak kurutma dolabında (Ertick Drying Oven) 130°C'de 3 saat kurutulması sağlanmış ve son tartımlar alınarak % kuru madde miktarları hesaplanmıştır (Elgün ve ark. 2002).

3.2.2. Kül Analizi

Sabit tartıma getirilen porselen krozeler içerisine 3 g kuruyemiş örneklerinden tartılmış ve 3-4 ml etil alkol damlatılarak ön yakma işlemi yapılmıştır. Ardından kül fırını kademeli olarak 900°C'ye dek artırılarak krozeler içindeki numuneler beyaz renk alana dek (6 saat) yakılmıştır. Meydana gelen ağırlık kaybından yola çıkılarak % kül miktarı hesaplanmıştır (Elgün ve ark. 2002).

3.2.3. pH Analizi

Kuruyemiş örneklerinin pH değerlerini belirlemek için öğütülüp homojen hale getirilmiş her örnekten 1 gr tartılıp üzerine 9 ml saf su eklenerek 3 paralel ile pH metrede (Hanna Instruments pH 211) ölçümleri yapılmıştır (Arıcı ve ark. 2003).

3.2.4. Protein Analizi

Protein analizi için 0,5 g kuruyemiş numunesi Kjeldahl tüplerine konulduktan sonra üzerine 20 ml H_2SO_4 ve 2 adet Kjeldahl tableti eklenmiştir. Sonra yakma ünitesinde 400°C'de 30 dakika yakılmış ve soğuduktan sonra üzerine 90 ml saf su ilave edilmiştir. Destilasyon cihazına numuneler yerleştirilmiş ve destilasyon için %2'lik borik asit çözeltisine 3 damla metil red kırmızısı ile bromkresol yeşilinden oluşturulan indikatör eklenerek bu işlem yapılmıştır. Destilasyon sonrası 0,1 N H_2SO_4 çözeltisi ile titrasyon yapılmış ve harcanan miktar belirlenerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır (Yetim ve Kesmen 2008).

3.2.5. Yağ Analizi

Örneklerin % yağ miktarını belirlemek için Soxhlet ekstraksiyon yöntemi esas alınarak 3 paralel ile çalışılmıştır. Homojenize edilmiş 5 g kuruyemiş örneği tartılıp kartuşlar içerisine konulduktan sonra kartuşlar cihaza tutturulmuştur. Daha sonra kartuşlar içerisinde 80 ml petrol eter bulunan kaplara daldırılıp yağ çözüldürme işlemi yapılmıştır. Çözünen yağ ile birlikte bulunan çözücü uzaklaştırılarak ham yağ elde edilmiş ve ağırlık kaybından hesaplamalar yapılmıştır (Yetim ve Kesmen 2008).

3.2.6. Renk Analizi

Kuruyemiş örneklerinde renk analizi L^*a^*b değerleri açısından değerlendirilerek Hunter Lab (Model D-25 LT) her örnekten 6 ayrı noktada ölçüm sağlanmıştır. L^* (Lightness) değeri rengin parlaklığını, a^* değeri kırmızı-yeşil rengi, b^* değeri ise sarı-mavi rengi temsil ettiği bildirilmiştir (Yetim ve Kesmen 2008).

3.2.7. Duyusal Analiz

Kuruyemiş örneklerinde duyusal analiz için her çeşit kendi arasında hedonik tip skalaya göre değerlendirilmiştir (Yetim ve Kesmen 2008, Altuğ Onuğur ve Elmacı 2011). Ayçiçeği çekirdeği 160, 165 ve 170°C'lerde 23 dakika; badem içi 140, 145°C'lerde 23 dakika ve fıstık içi 150, 155, 160'lerde 40 dakika kavrulduktan sonra 12 panelistin katılımı ile EK 1, EK 2 ve EK 3'teki çizelgelere göre duyusal değerlendirmesi yapılmıştır. Her örneğin çiğ formu da duyusal değerlendirmeye dahil edilmiştir.

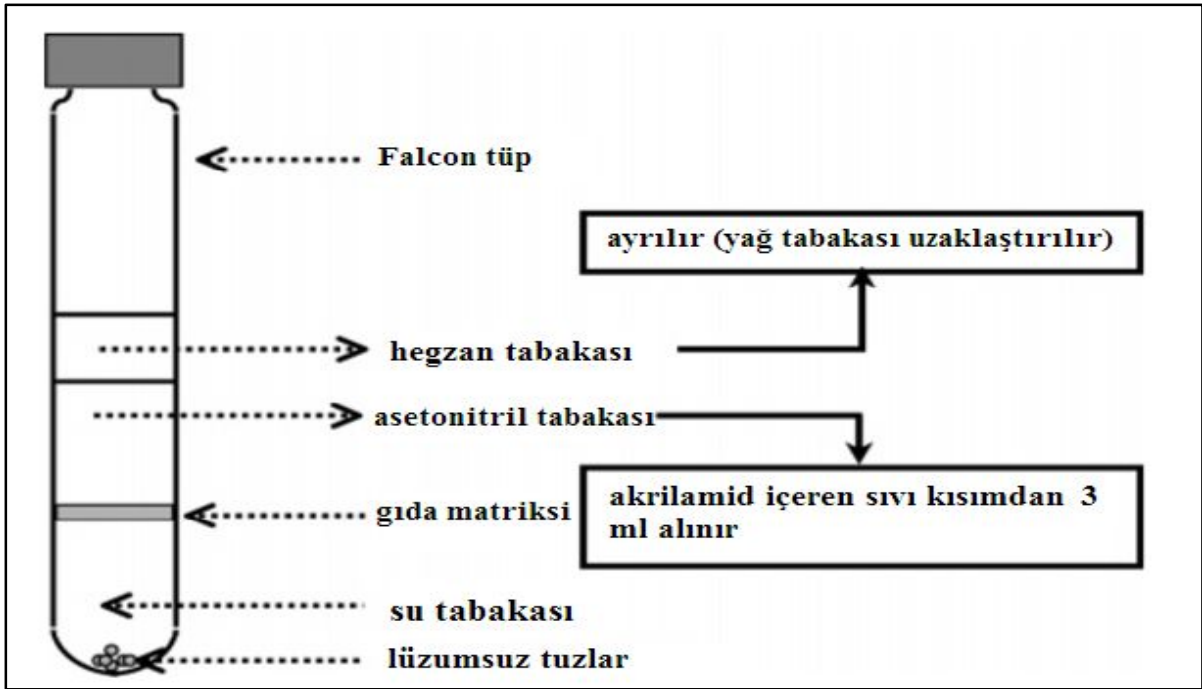
3.2.8. Akrlamid Analizi

3.2.8.1. Akrlamid analizi için örnek hazırlama

Akrlamid analizi için örnek hazırlamada Ali Omar ve ark. (2015)'nin uygulamış olduğu metotta bir takım modifikasyonlar yapılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Homojenize edilmiş kuruyemiş örneklerinden 1 gram tartılarak 50 ml'lik santrifüj tüpüne konulmuştur. Yağı ayırmak için üzerine 5 ml *n-hegzan* eklenmiş ve vorteks (Heidolph Reax Top) ile 1 dakika boyunca çalkalanmıştır. Daha sonra tüp içine 10 ml ultra saf su, 10 ml asetonitril, 5 g susuz magnezyum sülfat ve 1 g sodyum klorid karışımı eklenmiştir. Tuzlar eklendikten sonra kristalizasyonu önlemek için tüpler yine 1 dakikalığına vorteks ile karıştırılmıştır. Karışımı tamamlanan tüpler 4500 rpm 'de 6 dakika santrifüj edilip tabakalara ayrılması sağlanmıştır.

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi santrifüj sonrasında üst tarafta toplanan *n*-hegzan tabakası alınarak atılmıştır.

Akrilamid içeren orta bölmeden 3 ml’lik sıvı kısım, içerisinde 150 mg alüminyum oksit bulunan 10 ml’lik küçük santrifüj tüplerine transfer edilmiştir. Karışım 30 saniye vorteks ile karıştırıldıktan sonra 4500 rpm’de 3 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası üstte kalan sıvıdan 1 ml enjektör ile çekilip, 0,45 µm’lik Macherey- Nagel (Chromafil AO 45/25) filtrelerden geçirilerek cam tüplere aktarılmış ve nitrojen gazı altında hafif akım ile kuruluğu sağlamak için evapore edilmiştir. Kuruyan cam tüplere 200 µl ultra saf su eklenerek kalıntı sulandırılmış ve 1 dakika vorteks ile karıştırılmıştır. Buradan mini santrifüj viallerine alınan örnekler 10000 rpm’de 8 dakika santrifüj edilmiş ve bu viallerden içerisine cam insert yerleştirilmiş viallere aktarım yapılmıştır. Bundan sonra da UHPLC-MS/MS (AB Sciex, 3200 Qtrap) cihazına numuneler verilerek akrilamid miktarı ng/ml olarak ölçülmüştür (Ali Omar ve ark. 2015).



Şekil 3.2. Santrifüj sonrası gıda ekstraktının Falcon tüpte çözücü tabakalarının sıralanmasını gösteren şematik resim (Mastovska ve Lehotay 2006)

3.2.8.2. Akrilamid analizi için kalibrasyon eğrisinin hazırlanması

Akrilamid analizinde geri kazanım değerlerinin belirlenmesi amacıyla 0,1, 5, 10, 25, 50, 75 ve 100 ppb konsantrasyonlarda standart çözeltiler hazırlanmıştır. Bu

konsantrasyonlardaki standart çözeltilere göre cihazda kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve bu eğrinin doğrusallığı gözlenmiştir.

3.2.8.3. Kromatografik koşullar

Akrilamidin ayrılması UHPLC AB Sciex 3200 QTrap LC-MS/MS sisteminde uygulanmıştır. UHPLC- MS/MS cihazında aşağıdaki koşullara göre çalışmalar yapılmıştır:

Kromatografik koşullar

Enjeksiyon hacmi	: 20 µl
Kolon	: Venusil AQ C18 3 µm 100 Å (2,1 mm x 50 mm)
Dedektör	: MS/MS Dedektör
Mobil Faz A	: %0,1'lik formik asit içeren ultra saf su (%90 oranında)
Mobil Faz B	: %0,1'lik formik asit içeren asetonytril (%10 oranında)
Akış hızı	: 0,4 ml mobil faz/ dakika
Pompa	: Turbo pompa
Kolon sıcaklığı	: 40°C

Source parametreleri

Gaz sıcaklığı	: 550°C
İyonlaşma türü	: Turbo iyon sprej pozitif polarite
Kapiler voltaj	: 5000 V
CUR	: 20 psi
Nebulizer basıncı 1 (GS 1)	: 40 psi
Nebulizer basıncı 2 (GS 2)	: 60 psi
İhe	: On

3.2.8.4. Akrilamid analizi için geri kazanım değerlerinin belirlenmesi

Uygulanan metotta geri kazanım değerlerinin belirlenmesi için içerisinde hiç akrilamid bulunmayan ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığının çiğ örneklerinde çalışılmıştır. 1 gram örneğin üzerine *n-hegzan* eklenerek yağın ayrılması işleminden sonra 100 ppm'lik stok akrilamid standart çözeltisinden 500 µl eklenmiştir. Daha sonra ekstraksiyona devam edilmiştir. Bu işlem sonucu elde edilen ekstrakt mobil faz ile seyreltilerek kalibrasyon eğrisi için gerekli olan standartlar hazırlanmıştır. Bu standartlara göre okutulması gerçekleştirilen örneklerin LOD değeri 0,33 ng/ml, LOQ değeri 1 ng/ml; ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığının geri kazanım değerleri ise sırası ile %112,6, %108,2 ve %105 olarak tespit edilmiştir.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Araştırma sonuçlarına göre oluşturulan veriler SPSS 18.0 paket programı kullanılarak istatistiksel analize tabi tutulmuştur. %95 güven aralığı ($p < 0,05$) baz alınıp örnekler arasındaki farklılıklar Duncan testi ile belirlenerek çizelgelere aktarılmış; parametreler arasındaki korelasyonu belirlemek için ise Pearson testi uygulanmıştır. Korelasyon test sonuçları ise %95 ve %99 güven seviyelerine ($p < 0,05$; $p < 0,01$) göre değerlendirilmiş; parametreler arası etkileşimler çeşitli eklerde (EK 4, EK 5, EK 6) gösterilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tekirdağ'ın Malkara ilçesindeki bir işletmeden temin edilen ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı örnekleri optimum kavurma sıcaklıkları ve süreleri belirlendikten sonra her kuruyemiş çeşidinde süre sabit tutularak kavurma sıcaklıkları kademeli olarak arttırılmıştır. Çizelge 3.1'deki koşullarda işlem gören kuruyemişlerin akrilamid oluşum miktarları ile diğer parametreleri 3 tekerrürlü ve 2 paralelli olarak analiz edilmiş ve sonuçları ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuştur (n=6).

4.1. Kuruyemiş Örneklerinde Kuru Madde Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.1.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde miktarı

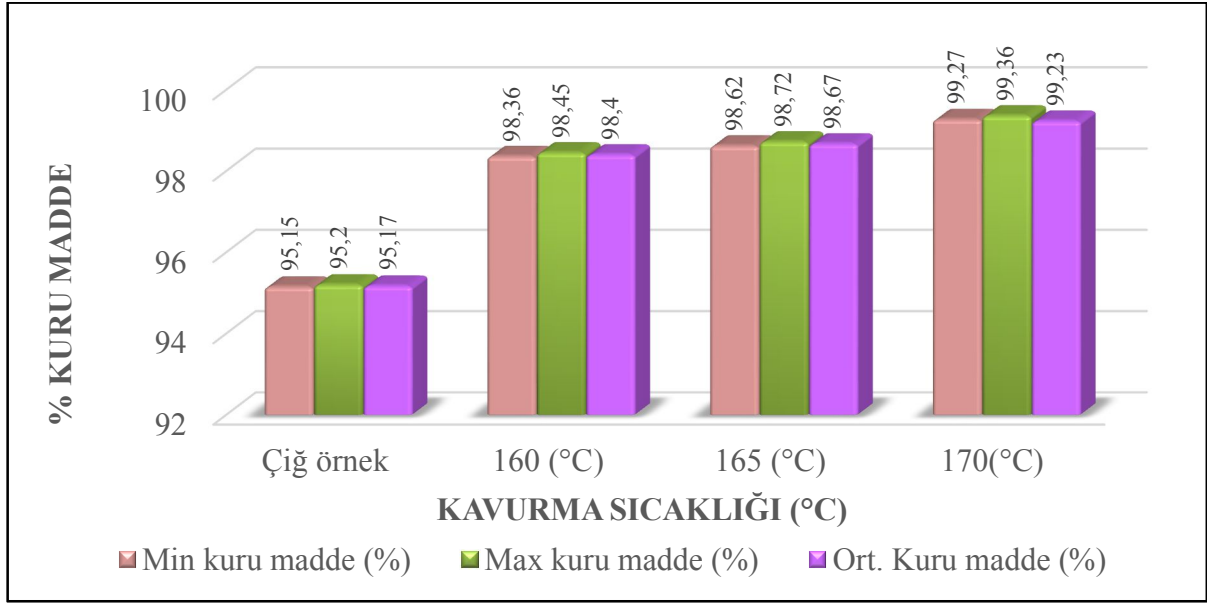
Ayçiçeği çekirdeklerinin kuru madde miktarları hem ısı işleminden önce örnekler çiğ iken hem de 160, 165 ve 170°C'lerde 23 dakikalık ısı işlem uygulamalarından sonra belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Çiğ ayçiçeği çekirdeğinin kuru madde oranları minimum %95,15, maksimum %95,20 iken ortalama kuru madde miktarı da %95,17±0,18 olarak bulunmuştur. 160°C ısı işlem uygulanarak kavru lan ayçiçeği çekirdeklerinin kuru madde miktarları %98,36-98,45 arasında değişirken ortalama %98,40±0,35 kuru maddeye sahip olduğu bulunmuştur. 165°C'deki değerler ise %98,62-98,72 arasında değişiklik gösterirken en yüksek kavurma derecesinde bu oranlar %99,27-99,36 arasında değişkenlik göstermiştir.

Çiğ ve farklı sıcaklıklarda kavru lmuş ayçiçeği çekirdeklerinin kuru madde miktarları ise %95,15-99,36 değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve ortalama %97,89±1,63 oranında kuru maddeye sahip olduğu belirlenmiştir. Farklı kavurma sıcaklıklarının etkisiyle ayçiçeği çekirdeğinde ortaya çıkan kuru madde değişimleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kuru madde (%)	Max kuru madde (%)	Ort. Kuru madde (%)
Çiğ örnek	95,15	95,20	95,17±0,18
160	98,36	98,45	98,40±0,35
165	98,62	98,72	98,67±0,39
170	99,27	99,36	99,32±0,34

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi çiğ örnekler ile ısıl işlem görmüş örnekler arasında belirgin bir fark olmasına karşın farklı sıcaklıkların ayçiçeği çekirdeklerine etkisi belirgin değildir. Buna rağmen ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde miktarları istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örneklerin birbiri arasındaki farklılığı anlamlı ($p<0,05$) bulunmuştur. Sıcaklık gruplarının birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Buna göre her grup arasındaki farklılığın $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu tüm grupların farklı olmasıyla belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklıklara göre kuru madde miktarındaki değişim grafiği

Yapılan diğer çalışmalarda ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde oranları Ayaz (2008)’a göre %93,5; Ergen ve Sağlam (2005)’a göre %92; Anonim (2015b)’e göre %99,2 oranında iken yaptığımız çalışmada bu değer tüm örneklerde $97,89\pm 1,63$ olarak tespit edilmiş olduğundan sonuçlarımız diğer araştırmalarla uyum içerisindedir. Aradaki ufak farkların ürünün tohum cinsi, yetiştirme koşulları, hasat zamanı gibi faktörlerin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.2. Ayçiçeği çekirdeğinin % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kuru Madde (%)*
Çiğ örnek	95,17±0,18 ^a
160	98,40±0,35 ^b
165	98,67±0,39 ^c
170	99,32±0,34 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

4.1.2. Badem içinin % kuru madde miktarı

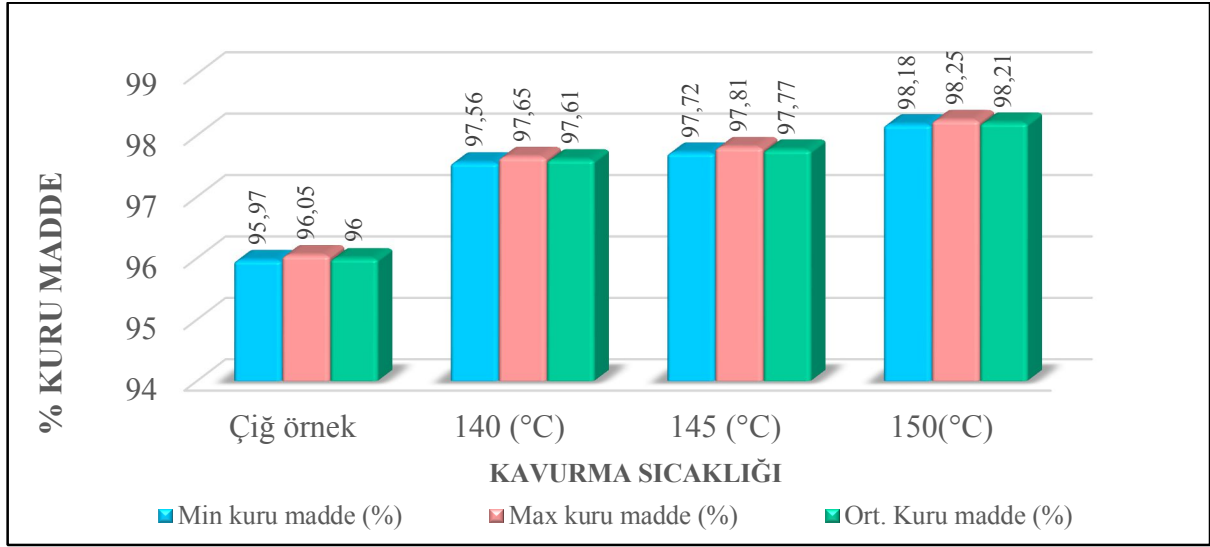
Badem içinin kuru madde miktarları çiğ örnek ile 140, 145 ve 150°C’de 23 dakikalık ısıtım işlem uygulamalarından sonra belirlenmiştir. Buna göre badem içinin % kuru madde miktarları incelendiğinde çiğ badem içindeki değerlerin %95,97-96,05 arasında değişiklik gösterdiği ve ortalama %96,00±0,28 oranında kuru maddeye sahip olduğu gözlemlenmiştir. 140°C’de ısıtım işlem gören badem örneklerinin kuru madde miktarları %97,56-97,65 aralığında ortalama ise %97,61±0,30 değerinde olduğu bulunmuştur. Badem içinin diğer kavurma sıcaklıklarında belirlenen % kuru madde miktarları Çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Badem içinin % kuru madde miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kuru madde (%)	Max kuru madde (%)	Ort. Kuru madde (%)
Çiğ örnek	95,97	96,05	96,00±0,28
140	97,56	97,65	97,61±0,30
145	97,72	97,81	97,77±0,33
150	98,18	98,25	98,21±0,27

Badem içi örneklerinin kavurulmuş ve kavurulmamış örneklerindeki % kuru madde miktarları %95,97-98,25 arasında değişirken ortalama kuru madde miktarı da %97,40±0,85 olarak belirlenmiştir. Her sıcaklık artışında badem örneği içerisinde bulunan su miktarı daha da azaldığından buna paralel olarak sıcaklık artışı ile kuru madde miktarında da artış

gözlenmiştir. Kavurma sıcaklıklarının değişmesine bağlı olarak badem içinin % kuru madde miktarlarındaki değişimi Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Badem içinin sıcaklıklara göre % kuru madde miktarındaki değişim grafiği

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere çiğ örnekler ile farklı sıcaklıklarda kavurma işlemine tabi tutulan badem içi örneklerinin % kuru madde miktarlarındaki değişim oldukça belirgin iken uygulanan diğer sıcaklıklar badem içi örneklerinin % kuru madde miktarlarını çiğ örneklerdeki kadar etkilemediği gözlenmiştir. Fakat badem içinin % kuru madde miktarları istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde tüm örnekler arasındaki farklılığın anlamlı bulunduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.4. Badem içinin % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kuru Madde (%)*
Çiğ örnek	96,00±0,28 ^a
140	97,61±0,30 ^b
145	97,77±0,33 ^c
150	98,21±0,27 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

Sıcaklık gruplarının birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testinin sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre her grup arasındaki farklılık $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğundan tüm gruplar farklı harfler ile gösterilmiştir.

Ayaz (2008)'a göre badem içinin kuru madde içeriği %94,14 olarak belirtilmişken tüm badem içi örneklerinde bulduğumuz ortalama değer %97,40±0,85'tir. Schlörmann ve ark. (2015) çiğ badem içinin kuru madde içeriğini %94,90 olarak bildirmişler ve çalışmamızdaki çiğ badem içinin minimum kuru madde miktarı olan %95,97 ile uyumlu bulunmuştur. Badem içinin kuru madde içeriği Anonim (2015c) tarafından %96,21; De Olivera Sousa ve ark. (2011) %96,51 olarak bildirilmişken; çalışmamızda çiğ badem içinin maksimum değeri %96,05 olarak bulunmuştur.

4.1.3. Yer fıstığının % kuru madde miktarı

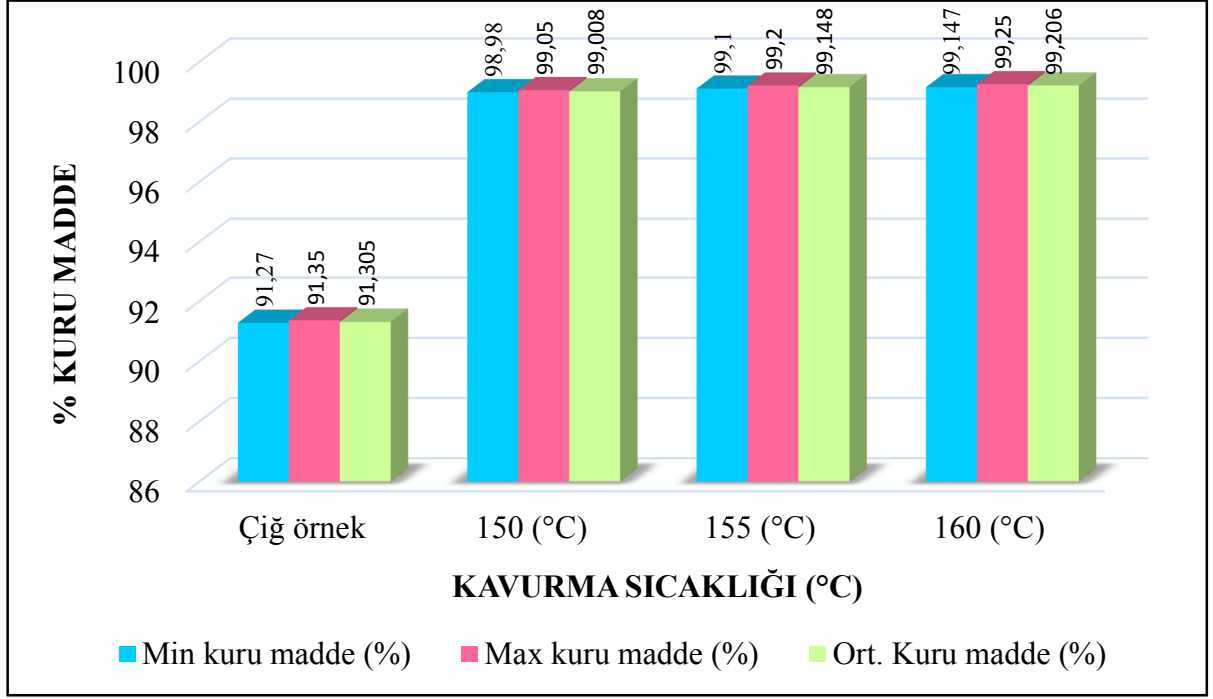
Yer fıstığının % kuru madde miktarları örnekler çiğ iken ve aynı zamanda 150, 155 ve 160°C'de 40 dakikalık kavurma işlemi yapıldıktan sonra belirlenerek bu değerler Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. En yüksek kuru madde miktarı 160°C'de kavruan yer fıstıklarında belirlenmişken bu miktar ortalama %99,20±0,02 olarak bulunmuştur. Çiğ yer fıstığındaki oranlar %91,27-91,35 arasında değişkenlik gösterirken ortalama %91,30±0,02 kuru madde içeriği tespit edilmiştir. 155°C'de kavruan yer fıstığında oranlar %99,10-99,20 aralığında değer almışken ortalama kuru madde içeriği %99,14±0,03 olarak gözlenmiştir. Tüm yer fıstığı örneklerinin kuru madde içerikleri % 91,27-99,25 aralığında değişmiş ortalama %97,16±3,45 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Yer fıstığının % kuru madde miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kuru madde (%)	Max kuru madde (%)	Ort. Kuru madde (%)
Çiğ örnek	91,27	91,35	91,30±0,02
150	98,98	99,05	99,00±0,03
155	99,1	99,2	99,14±0,03
160	99,17	99,25	99,20±0,02

Şekil 4.3'te çiğ yer fıstığı ile 3 farklı kavurma sıcaklığında ısıl işleme maruz kalmış yer fıstıklarının % kuru maddelerindeki değişimi gösterilmiştir. Şekil 4.3'te ayçiçeği ve badem içi

örneklerinde olduğu gibi yer fıstıklarında da çiğ örneklerin kuru madde miktarlarının sıcaklığın etkisi ile daha çok arttığı görülmektedir. Diğer kavurma sıcaklıklarındaki artışlar çiğ örneklere göre daha az olsa da örnekler arası yapılan istatistiksel analiz sonucunda aradaki farklılıkların önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Her sıcaklık grubundaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 4.6'da belirtilmiştir. Buna göre sıcaklık grupları arasındaki farklılık $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.3. Yer fıstığının sıcaklıklara göre % kuru madde miktarındaki değişim grafiği

Yer fıstığının kuru madde miktarını Taşkaya (2007) %92; Ayaz (2008) %96,86; Anonim (2015d) %94,24; De Olivera Sousa ve ark. (2011) %96,47; Özdemir ve ark. (2003) %96,16-96,29 olarak bildirmişken çalışmamızda bu oran ortalama $97,16\pm 3,45$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Yer fıstığının % kuru madde değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kuru Madde (%)*
Çiğ örnek	91,30±0,02 ^a
150	99,00±0,03 ^b
155	99,14±0,03 ^c
160	99,20±0,02 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

Kuruyemişlerde ham üründen kavrulmuş ürünlere geçişte % kuru madde miktarındaki artışın en fazla gözleendiği ürün yer fıstığı olmuştur. Bu artış miktarlarının ortalama değerleri yer fıstığında %7,9, ayçiçeği çekirdeğinde %4,15 ve badem içinde ise %2,00 oranında olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Kuruyemiş Örneklerinde Kül Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

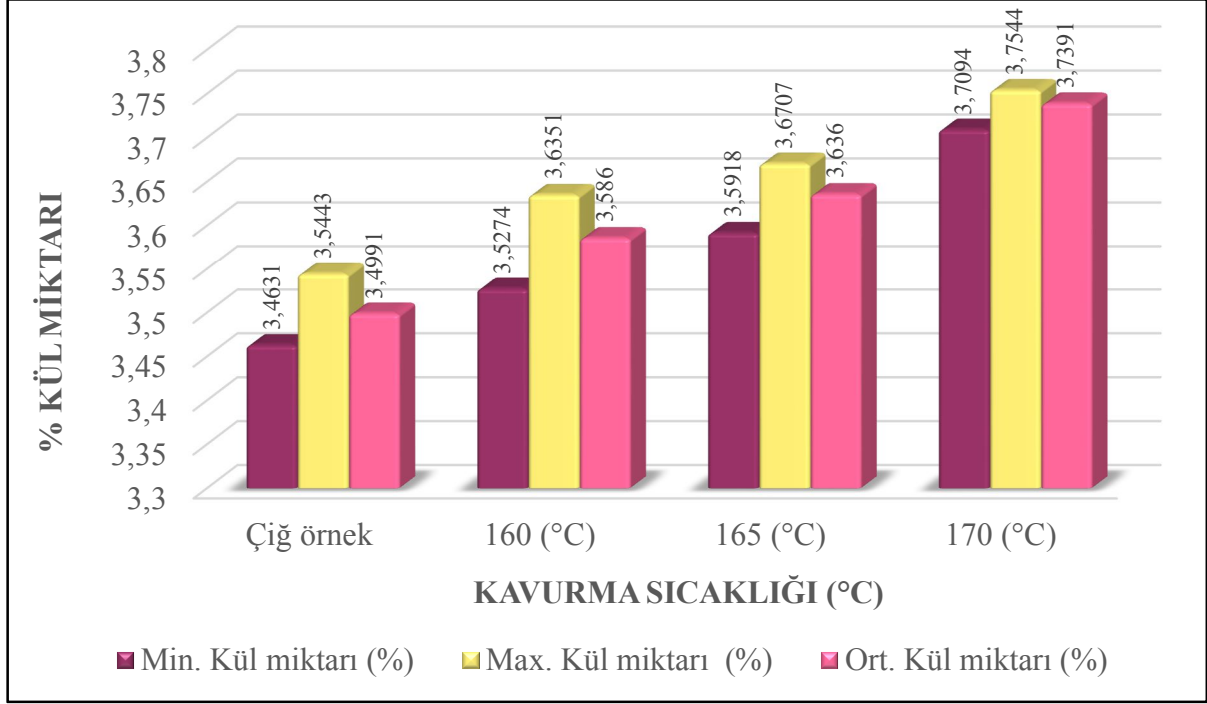
4.2.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarı

Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarları incelendiğinde en yüksek kül içeriğinin 170°C’de kavranan örneklerde olduğu gözlenmiştir. Bu sıcaklıktaki değerler %3,7094- 3,7544 arasında değişirken ortalama kül miktarı da %3,7391±0,25 olarak tespit edilmiştir. En düşük kül miktarına sahip örnek ise %3,4991±0,29 ortalama ile çiğ ayçiçeği çekirdeği olmuştur. Farklı sıcaklıklarda kavrulmuş ayçiçeği çekirdeklerinin kül miktarları Çizelge 4.7’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7. Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kül miktarları (%)	Max kül miktarları (%)	Ort. Kül miktarları (%)
Çiğ örnek	3,4631	3,5443	3,4991±0,29
160	3,5274	3,6351	3,5860±0,42
165	3,5918	3,6707	3,6360±0,31
170	3,7094	3,7544	3,7391±0,25

Tüm ayçiçeği çekirdeği örneklerinin kül miktarları %3,4631-3,7544 aralığında değişmiş, ortalama %3,6150±0,93 olarak bulunmuştur. Uygulanan ısıl işlem sıcaklığının farklı olmasına bağlı olarak ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarlarındaki değişim Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4'te de görüldüğü gibi uygulanan sıcaklığın derecesinde artış olması ile ayçiçeği çekirdeğinin kül oranında da artış olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 4.4. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre kül miktarındaki değişim grafiği

Ayçiçeği çekirdeğinin kül miktarları istatistiksel analize tabi tutulduğunda tüm örneklerin birbirleri arasındaki farklılıkları anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının ayçiçeği çekirdeğinde kül miktarını farklı biçimde etkilediğini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları da Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Buna göre sıcaklık gruplarının farklı olduğu $p < 0,05$ düzeyinde incelenmiş ve her sıcaklık grubu değişik harfler ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Ayçiçeği çekirdeğinin % kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kül Miktarı (%)*
Çiğ örnek	3,4991±0,29 ^a
160	3,5860±0,42 ^b
165	3,6360±0,31 ^c
170	3,7391±0,25 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

Ayçiçeği çekirdeğinin kül miktarı Ergen ve Sağlam (2005) tarafından %4; Ayaz (2008) tarafından %2,36, Anonim (2015b) tarafından %3,53 olarak bildirilmişken; çalışmamızda ortalama %3,6150±0,93 olarak tespit edilmiştir. Bulduğumuz değerler en çok Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2015b)'ndaki değerler ile uyum sağlamakta olup Ayaz (2008)'e göre yüksek; Ergen ve Sağlam (2005)'e göre de daha düşüktür.

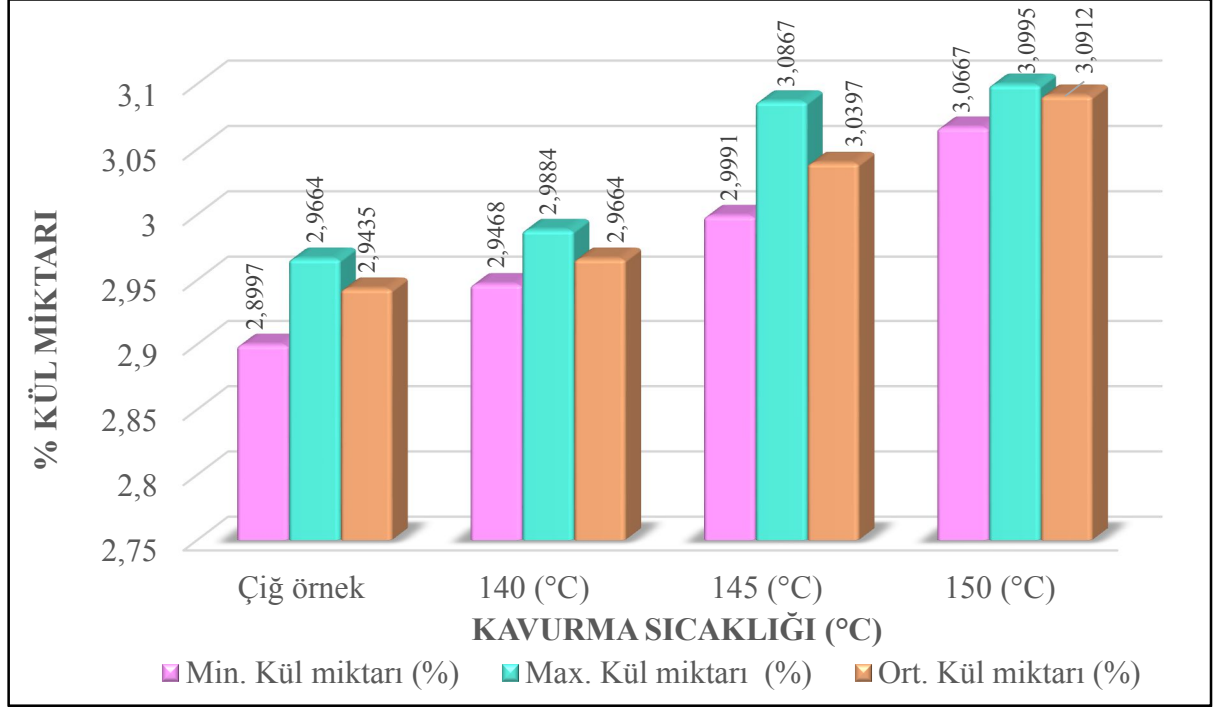
4.2.2. Badem içinin % kül miktarı

Yapılan çalışma sonucunda çiğ badem içinin kül miktarı %2,8997-3,0995 arasında tespit edilmişken; ortalama kül miktarı da %2,9435±0,25 olarak bulunmuştur. En düşük ortalamaya sahip örnek %2,9435±0,25 ile çiğ badem içi iken; en yüksek kül ortalamasına da 3,0912±0,12 ile 150°C'de kavruan badem içinde rastlanmıştır. Tüm badem içi örneklerinin kül miktarlarındaki değişim aralığı %2,8997-3,0995 olmuş ortalama %3,0102±0,063 olarak bulunmuştur. Çizelge 4.9'da farklı sıcaklıklarda kavruan badem içi örneklerinin % kül miktarlarındaki değişim gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Badem içinin % kül miktarı (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kül miktarları (%)	Max kül miktarları (%)	Ort. Kül miktarları (%)
Çiğ örnek	2,8997	2,9664	2,9435±0,25
140	2,9468	2,9884	2,9664±0,16
145	2,9991	3,0867	3,0397±0,34
150	3,0667	3,0995	3,0912±0,12

Şekil 4.5'te badem içi örneklerine farklı sıcaklık uygulanması sonucu gerek çiğ badem içinin gerekse farklı sıcaklıklarda işlem gören badem içinin kül miktarlarındaki artışları gösterilmiştir. Şekil 4.5 incelendiğinde uygulanan sıcaklık derecesinin artması ile kül miktarında göze çarpan bir artış gözlenmiştir. Kül miktarları arasında en fazla fark bulunan örnekler çiğ badem içi ve en yüksek sıcaklık (150°C) uygulanan badem içi örneği olmuştur.



Şekil 4.5. Badem içinin sıcaklığa göre % kül miktarındaki değişim grafiği

Badem içi örneklerinin kül miktarlarındaki değişimi istatistiksel olarak incelendiğinde sıcaklık değişimine bağlı olarak örnekler arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının farklılığını belirlemek amacıyla uygulanan Duncan çoklu karşılaştırma testinin sonuçları ise Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Buna göre her grup arasındaki farklılığın $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu tüm grupların farklı olmasıyla belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Badem içinin % kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kül Miktarı (%)*
Çiğ örnek	2,9435±0,25 ^a
140	2,9664±0,16 ^b
145	3,0397±0,34 ^c
150	3,0912±0,12 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

Badem içinin kül miktarını De Olivera Sousa ve ark. (2011) %3,18; Anonim (2015c) %3,06; Ayaz (2008) ise %1,84 olarak bildirmişken çalışmamızda ortalama kül miktarı %3,0102±0,063 olarak tespit edilmiştir. Bulduğumuz değerler Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (Anonim 2015c) ile yakın bir benzerlik göstermekte olup De Olivera Sousa ve ark. (2011)'nin değerinde az miktarda düşük olduğu gözlenmiştir. Ayaz (2008)'a göre değerlerimiz daha yüksek olarak bulunmuştur.

4.2.3. Yer fıstığının % kül miktarı

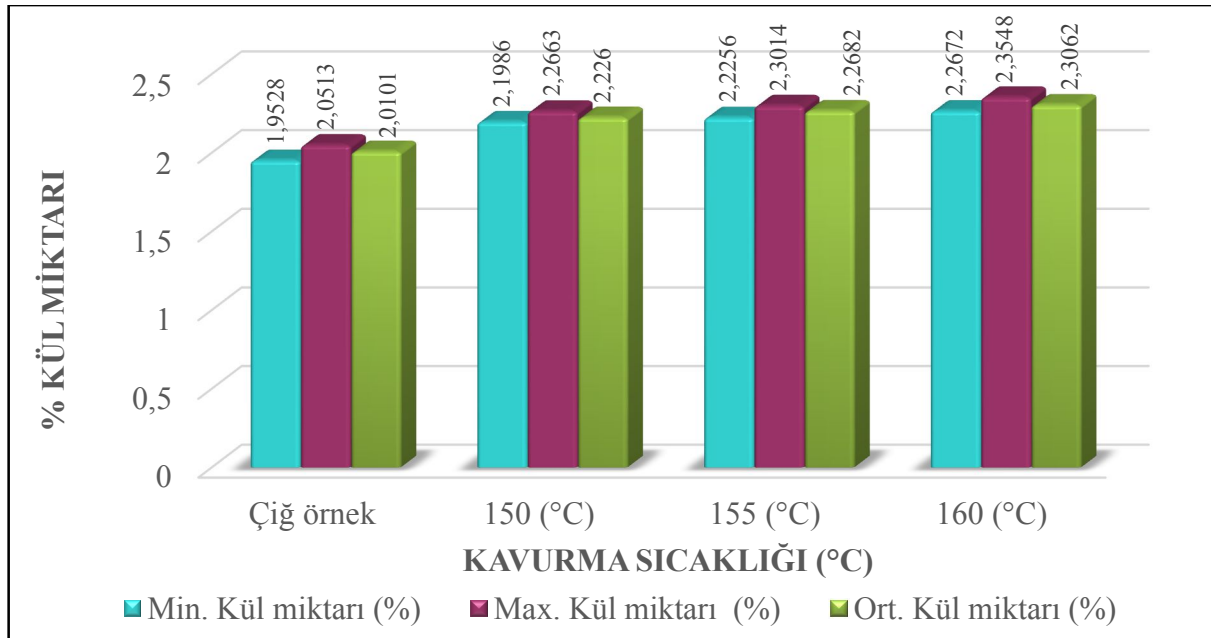
Yer fıstığı incelendiğinde çiğ yer fıstığının kül miktarları %1,9528-2,0513 aralığında değişmiş, ortalaması da %2,0101±0,38 olarak bulunmuştur. Ayçiçeği çekirdeği ve badem içi örneğinde olduğu gibi en düşük kül ortalamasının çiğ örnekte olduğu belirlenmiştir. En yüksek kül miktarı ise %2,2672-2,3548 değerleri ve %2,3062±0,03 ortalaması ile en yüksek kavurma sıcaklığı olan 160°C'de gözlenmiştir. Yer fıstığının % kül miktarları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Tüm yer fıstığı örneklerinin ortalama kül miktarı da %2,2026±0,12 olarak saptanmıştır.

Farklı kavurma sıcaklıkları ile işlem görmüş yer fıstığı örneklerinin % kül miktarındaki değişimleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Şekil 4.6'ya göre yer fıstığı örneklerinin % kül miktarındaki artış en çok çiğ örnekten diğer sıcaklıklara geçişte görülmektedir. Diğer kavurma sıcaklıklarının kül miktarındaki değişime etkisi çok belirgin olarak gözükmesine de yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm yer fıstığı örneklerinin % kül miktarı arasında önemli farklılıklar saptanmıştır (p<0,05).

Çizelge 4.11. Yer fıstığının % kül miktarı (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min kül miktarları (%)	Max kül miktarları (%)	Ort. Kül miktarları (%)
Çiğ örnek	1,9528	2,0513	2,0101±0,38
150	2,1986	2,2663	2,2260±0,29
155	2,2256	2,3014	2,2682±0,03
160	2,2672	2,3548	2,3062±0,03

Yer fıstığının kül miktarlarını Anonim (2015d) %2,29; Ayaz (2008) %1,37; Taşkaya (2007) %5; De Olivera Sousa ve ark. (2011) ise %2,27; Özdemir ve ark. (2003) %2,12-2,14 olarak bildirmişlerdir. Yer fıstığının ortalama kül miktarı çalışmamızda ise ortalama %2,20 olarak bulunmuş olup Anonim (2015d) ve De Olivera Sousa ve ark. (2011) ile uyumluluk göstermektedir. Bulgularımız Taşkaya (2007)'dan düşük, Ayaz (2008)'dan yüksek olarak gözlenmiştir. Bu farklılıkların ürün cinsi, iklim özelliği, yetiştirilen toprağın cinsi gibi faktörlerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.6. Yer fıstığının sıcaklığa göre % kül miktarındaki değişim grafiği

Değişik sıcaklık gruplarının kül miktarına etkisini incelemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçlarına göre elde edilen veriler Çizelge 4.12'de verilmiştir. Bu test sonuçlarına göre çiğ yer fıstığı örneği ile 150 ve 155°C'lerde kavruan yer fıstığı örnekleri arasındaki

farklılıklar istatistiksel açıdan önemli iken ($p<0,05$), 155 ve 160°C’de kavruan yer fıstığı örnekleri arasındaki farklar önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.12. Yer fıstığının % kül miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	Kül Miktarı (%)*
Çiğ örnek	2,0101±0,38 ^a
150	2,2260±0,29 ^b
155	2,2682±0,03 ^c
160	2,3062±0,03 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$); aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

4.3. Kuruyemiş Örneklerinde pH Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

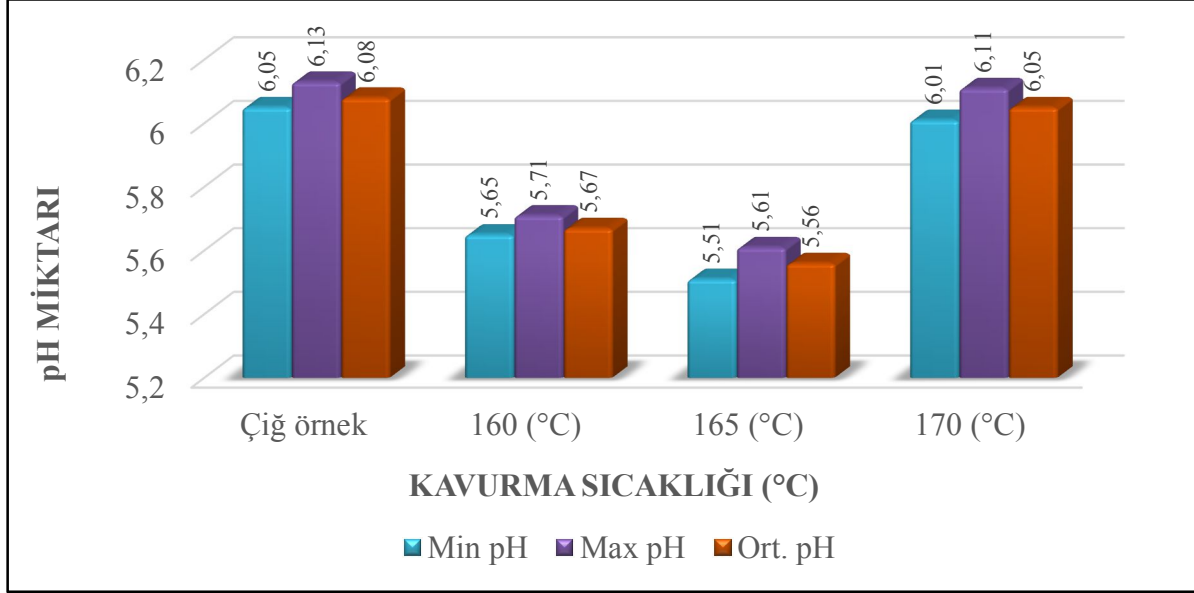
4.3.1. Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerleri

Yapılan analizler sonucunda ayçiçeği çekirdeğinin pH değerleri 5,51- 6,13 değerleri arasında değişkenlik göstermiş olup ortalama pH değeri ise 5,84±0,23 olarak bulunmuştur. Ortalama en yüksek pH değeri (6,13) çiğ ayçiçeği çekirdeğinde gözlenirken minimum pH değeri (5,56) ise 165°C’de işlem gören ayçiçeği çekirdeğinde tespit edilmiştir. Çizelge 4.14’te ayçiçeği çekirdeğinin pH değerlerindeki değişim gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min pH değerleri	Max pH değerleri	Ort. pH değerleri
Çiğ örnek	6,05	6,13	6,08±0,27
160	5,65	5,71	5,67±0,21
165	5,51	5,61	5,56±0,36
170	6,01	6,11	6,05±0,35

Çiğ ayçiçeği çekirdeği ile 170°C’de kavruan ayçiçeği çekirdeğinin ortalama pH değerleri arasındaki fark daha az belirgin olup; çiğ, 160 ve 165°C’lerdeki çekirdekler arasında daha belirgin bir fark gözlenmiştir (Şekil 4.7). İstatistiksel olarak değerlendirme yapıldığında ise pH değerleri arasındaki farklılık önemli olarak bulunmuş ($p<0,05$) ve farklılığa göre yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları da Çizelge 4.14’te gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği

Çizelge 4.14’e göre çiğ ayçiçeği çekirdeği ile 170°C’de kavrulmuş örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz ($p>0,05$) diğer sıcaklıklarda kavruan örnekler arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Literatürde ayçiçeği çekirdeğinin pH değerlerini saptamaya yönelik çalışmaya rastlanmamıştır.

Çizelge 4.14. Ayçiçeği çekirdeğinin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma Sıcaklığı (°C)	pH Değerleri*
Çiğ örnek	6,08±0,27 ^c
160	5,67±0,21 ^b
165	5,56±0,36 ^a
170	6,05±0,35 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$); aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

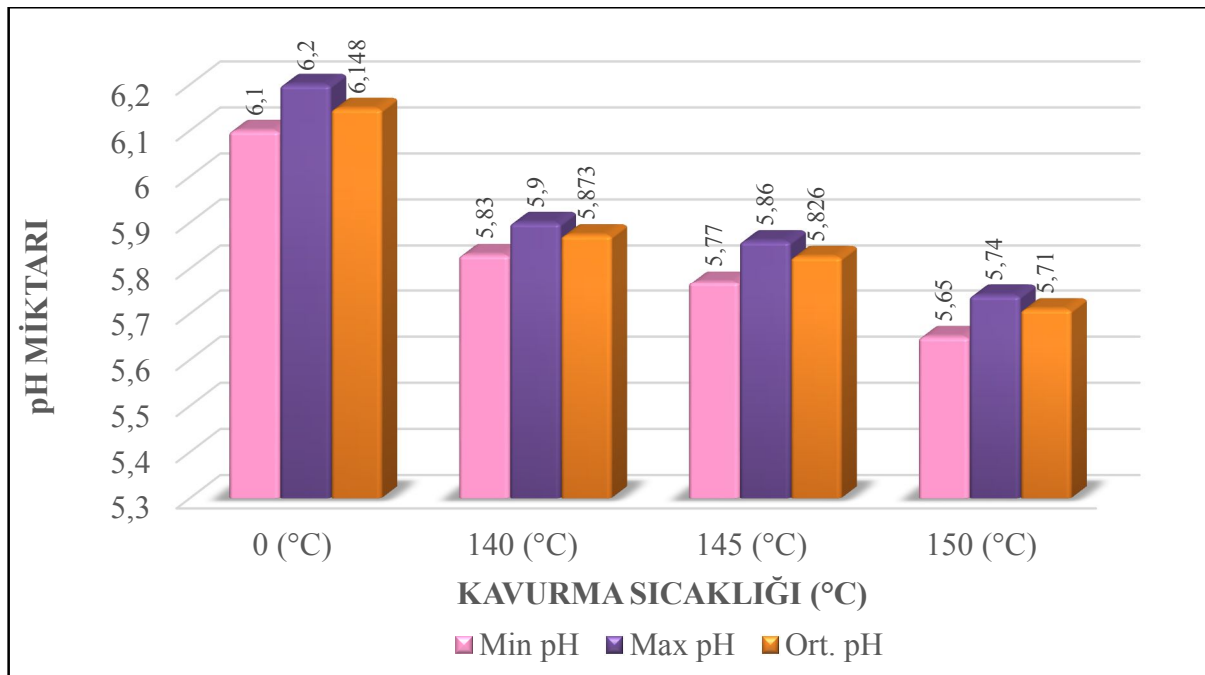
4.3.2. Badem içinin pH değerleri

Badem içinin pH değerleri incelendiğinde, çiğ badem içinden en fazla kavrulmuş ürüne doğru gidildikçe bu değerlerde azalma gözlenmiştir. pH değerleri badem içinde 5,65-6,20 değerleri arasında değişkenlik göstermiş ve ortalama $5,88\pm 0,16$ olarak bulunmuştur. Sıcaklıklara göre badem içinin pH değerlerindeki değişim Çizelge 4.15'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.15. Badem içinin pH değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min pH değerleri	Max pH değerleri	Ort. pH değerleri
Çiğ örnek	6,1	6,2	6,148±0,03
140	5,83	5,9	5,873±0,02
145	5,77	5,86	5,826±0,03
150	5,65	5,74	5,71±0,03

Farklı kavurma sıcaklıklarına maruz kalan badem içi örneklerinin pH değerlerindeki değişim miktarları Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Bu şekle göre badem içinde 6,2 ortalama ile başlayan pH değerlerinin kavurma işleminin etkisi ile gittikçe azaldığı ve 5,74'e dek düştüğü gözlenmiştir.



Şekil 4.8. Badem içinin sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği

Badem içinin pH değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örnekler arasında önemli bir farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Yine sıcaklık gruplarının birbirinden farklı etkide bulunduğunu belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testinin sonuçları da Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Badem içinin pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	pH Değerleri*
Çiğ örnek	6,148±0,03 ^d
140	5,873±0,02 ^c
145	5,826±0,03 ^b
150	5,71±0,03 ^a

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

Badem içinin pH değerlerini saptamaya yönelik literatür taramasına rastlanmamıştır.

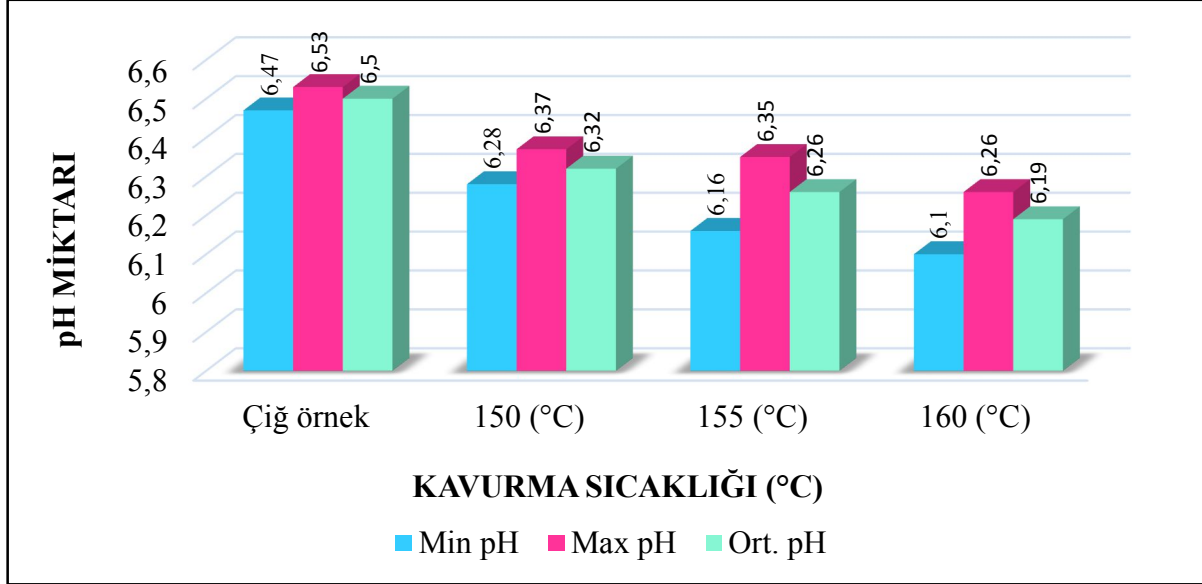
4.3.3. Yer fıstığının pH değerleri

Tüm yer fıstığı örneklerindeki pH değerleri 6,10-6,53 arasında değişmiş, ortalaması da 6,32±0,12 olarak tespit edilmiştir. En düşük pH ortalamasının belirlendiği değerler 6,10-6,26 arasında 160°C’de işlem gören yer fıstığı örneklerinde bulunurken; en yüksek ortalamaya sahip değerler ise 6,47-6,53 olarak çiğ yer fıstığı örneklerinde saptanmıştır. Değişik sıcaklıklarda işlem gören yer fıstığının pH değerleri Çizelge 4.17’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.17. Yer fıstığının pH değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min pH değerleri	Max pH değerleri	Ort. pH değerleri
Çiğ örnek	6,47	6,53	6,5±0,02
150	6,28	6,37	6,32±0,03
155	6,16	6,35	6,26±0,07
160	6,1	6,26	6,19±0,06

Yer fıstığı örneklerinin pH değerlerinin sıcaklık uygulamalarına bağlı değişim grafiği Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Badem içi örneğinde olduğu gibi sıcaklık uygulamasının artması ile pH değerlerinde çiğ örnekten en kavrulmuş örneğe doğru gittikçe azalma olduğu gözle çarpılmaktadır.



Şekil 4.9. Yer fıstığının sıcaklığa göre pH değerlerindeki değişim grafiği

Yer fıstığı örneklerinin istatistiksel analize tabi tutulması sonucunda tüm örneklerin arasındaki farklılıklar önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının etkisini belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları ise Çizelge 4.18'de gösterilmiştir. Çizelge 4.18'e göre çiğ örnek, 150 ve 160°C'de kavru lan yer fıstığı örneklerinin pH değerleri arasındaki farklılıklar önemli ($p < 0,05$) olarak bulunmuşken; 150 ve 155°C'lerdeki örnekler arasındaki farklılık önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Yer fıstığının pH değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	pH Değerleri*
Çiğ örnek	6,5±0,02 ^c
150	6,32±0,03 ^b
155	6,26±0,07 ^b
160	6,19±0,06 ^a

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$), aynı harfler önemsizdir ($p > 0,05$)

Yer fıstığının pH değerini belirlemeye yönelik literatür taramasına rastlanmadığından bulduğumuz değerler başka veriler ile karşılaştırılamamıştır.

4.4. Kuruyemiş Örneklerinde Protein Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.4.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarları

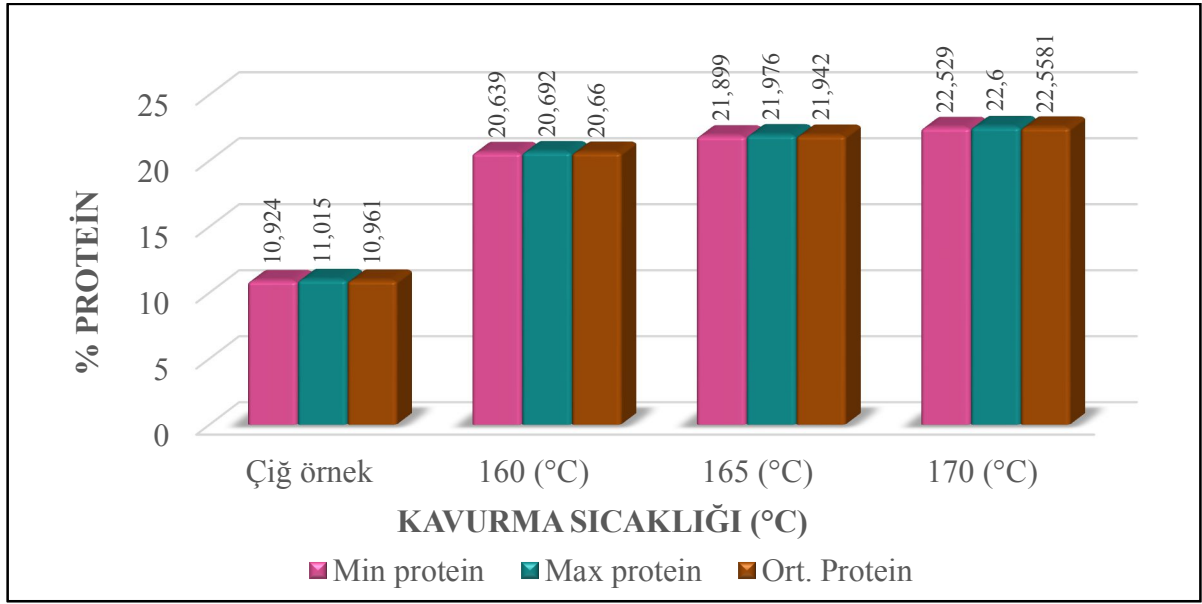
Çiğ ayçiçeği çekirdeği ile farklı sıcaklıklarda işlem görmüş ayçiçeği çekirdeğinin % protein değerleri %10,924-22,6 arasında değişmiş olup ortalama protein değeri ise %19,03±4,81 olarak belirlenmiştir. En düşük protein içeriği ortalama %10,961±0,31 ile çiğ ayçiçeği çekirdeğinde, en yüksek protein içeriği ortalama %22,55±0,25 ile 170°C’de kavruan ayçiçeği çekirdeğinde gözlenmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinin protein ortalamaları, standart sapmaları ve sıcaklığa göre bulunan değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % protein	Max % protein	Ort. % protein
Çiğ örnek	10,924	11,015	10,961±0,31
160	20,639	20,692	20,66±0,01
165	21,899	21,976	21,942±0,28
170	22,529	22,6	22,5581±0,25

Ürünün kavurma sıcaklığının artması ile % protein miktarındaki artışın paralel olduğu Şekil 4.10’da gösterilmiştir. Protein miktarındaki en fazla artışın (%9 oranında) çiğ ayçiçeği çekirdeğinden 160°C’ye geçerken olduğu gözlenmiştir.

Şekil 4.10’da görüldüğü gibi çiğ örnekler ile ısıl işlem uygulanan örneklerin % protein miktarları arasında belirgin bir fark görülmesine karşın farklı sıcaklık uygulamalarının ayçiçeği çekirdeği örnekleri üzerine etkisi belirgin değildir.



Şekil 4.10. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği

Ayçiçeği çekirdeğinin % protein değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde örnekler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının etkisi Duncan testi ile araştırılmış ve test sonuçları da Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Ayçiçeği çekirdeğinin % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Protein Miktarları*
Çiğ örnek	10,961±0,31 ^a
160	20,66±0,01 ^b
165	21,942±0,28 ^c
170	22,5581±0,25 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Ayçiçeği çekirdeğinin protein miktarları Ayaz (2008) tarafından %24; Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (Anonim 2015b) tarafından %24,75; Ergen ve Sağlam (2005) tarafından %17; Katar ve ark. (2012) tarafından %30 olarak bildirilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre ayçiçeği çekirdeğinin protein miktarlarının ortalaması %19,02’dir. 170°C’de kavurulmuş ayçiçeği çekirdeği örneğinin protein değeri ortalaması %22,55 olup bu değer Ayaz (2008) ve Anonim (2015b) ile uyumluluk göstermektedir.

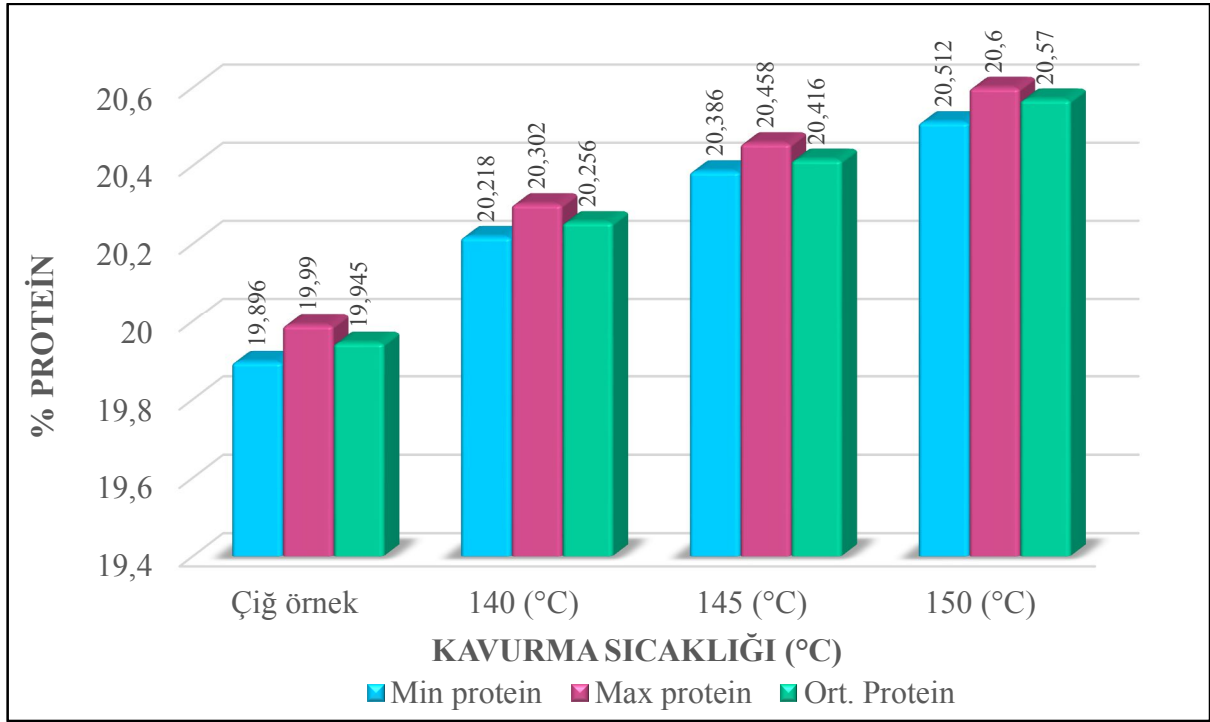
4.4.2. Badem içinin % protein miktarları

Protein miktarları badem içi örneklerinde %19,89-20,6 değerleri arasında değişkenlik göstermiş olup tüm örneklerin protein ortalaması %20,29±0,23 olarak bulunmuştur. Minimum protein içeriği çiğ badem içinde ortalama %19,94±0,35 iken maksimum protein içeriği ise 150°C’de kavru lan badem içinde ortalama %20,57±0,33’tür. Çiğ badem içinin ve farklı sıcaklık uygulamalarının badem içinin protein değerlerine etkisini gösteren tablo Çizelge 4.21’de belirlenmiştir.

Çizelge 4.21. Badem içinin % protein miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % protein	Max % protein	Ort. % protein
Çiğ örnek	19,896	19,99	19,945±0,35
140	20,218	20,302	20,256±0,35
145	20,386	20,458	20,416±0,27
150	20,512	20,6	20,57±0,33

Badem içi örneklerinin farklı kavurma sıcaklıklarında % protein miktarlarının değişimi ise Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Şekil 4.11’e bakıldığında gerek çiğ örneklerin gerekse farklı kavurma işlemi uygulanan örneklerin % protein değerlerindeki farklar belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.11. Badem içinin sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği

Badem içinin % protein değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örnekler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testinin sonuçları da Çizelge 4.22’de gösterilmiştir. Buna göre her grup arasındaki farklılık değişik harfler ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Badem içinin % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Protein Miktarları*
Çiğ örnek	19,945±0,35 ^a
140	20,256±0,35 ^b
145	20,416±0,27 ^c
150	20,57±0,33 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Yapılan farklı çalışmalarda badem içinin % protein değerleri şöyledir: De Oliveria Sousa ve ark. (2011)’na göre %22,7-29,9; Özcan ve ark.(2011)’na göre %12,7-16,3; Anonim (2015c)’e göre %20,57; Ayaz (2008)’a göre %18,6; Gülsoy ve Balta (2014)’ya göre %25,7-

32; Schlörmann ve ark.(2015)'na göre ise %29'dur. Çalışmamızda tüm badem içi örneklerinin protein değerlerinin ortalaması %20,29 olarak bulunmuş ve bulduğumuz değer en çok Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (2015c)'ndaki veriler ile uyumluluk sağlamıştır. Bulduğumuz değerler De Oliveria Sousa ve ark. (2011), Schlörmann ve ark. (2015) ile Gülsoy ve Balta (2014)'nın değerlerinden düşük; Özcan ve ark.(2011) ile Ayaz (2008)'dan yüksek olarak gözlenmiştir.

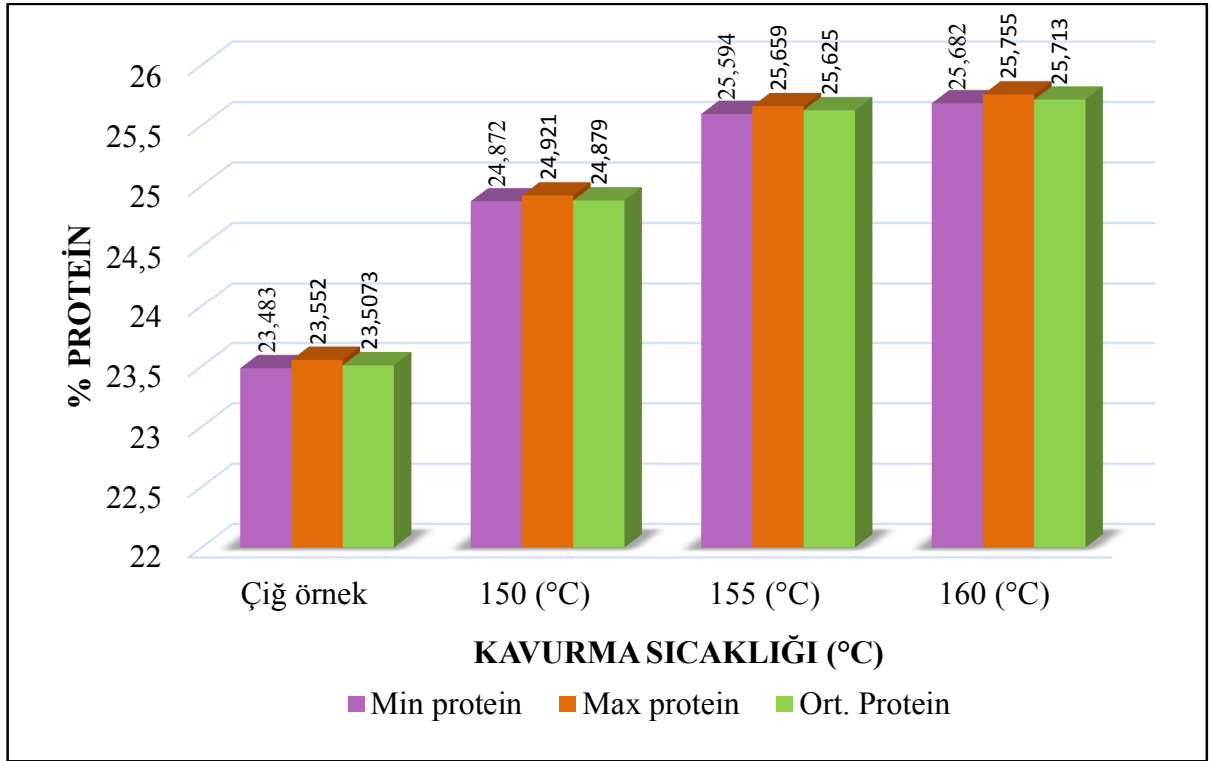
4.4.3. Yer fıstığının % protein miktarları

Yer fıstığının protein değerleri incelendiğinde %23,48-25,75 arasında değişkenlik gösterdiği ve ortalama $24,93 \pm 0,90$ oranında protein içerdiği gözlenmiştir. En düşük protein miktarı çiğ yer fıstıklarında $23,5 \pm 0,02$ ortalama ile en yüksek protein içeriği ise 160°C 'de kavrulmuş yer fıstıklarında $25,71 \pm 0,02$ ortalama ile bulunduğu gözlenmiştir. Yer fıstığının çiğ örneklerinde ve ısıtıl işlem uygulanması sonucunda gözlenen % protein miktarlarının yer aldığı tablo Çizelge 4. 23'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Yer fıstığının % protein miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % protein	Max % protein	Ort. % protein
Çiğ örnek	23,483	23,552	$23,507 \pm 0,02$
150	24,872	24,921	$24,879 \pm 0,03$
155	25,594	25,659	$25,625 \pm 0,02$
160	25,682	25,755	$25,713 \pm 0,02$

Şekil 4.12'de yer fıstığı örneklerinin % protein miktarlarında farklı kavurma sıcaklığına bağlı olarak değişikliği görülmektedir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi çiğ yer fıstığı ile kavurma işlemi uygulanmış yer fıstığı örneklerinin % protein değerlerinde belirgin bir fark gözlenmektedir.



Şekil 4.12. Yer fıstığının sıcaklığa göre % protein miktarlarındaki değişim grafiği

Yer fıstığı örneklerine yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm örnekler arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının farklılık derecelerini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçları ise Çizelge 4.24'te verilmiştir. Bu sonuçlara göre çiğ yer fıstığı ile 150 ve 155°C'lerde kavruan örnekler arasındaki farklar önemli ($p < 0,05$) iken 155 ve 160°C'lerde kavruan örnekler arasındaki farklılıklar önemsiz ($p > 0,05$) olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24. Yer fıstığının % protein miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Protein Miktarları*
Çiğ örnek	23,5073±0,02 ^a
150	24,879±0,03 ^b
155	25,625±0,02 ^c
160	25,713±0,02 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$), aynı harfler önemsizdir ($p > 0,05$)

Yer fıstığının protein değerleri Anonim (2015d)'e göre %23,51; Ayaz (2008)'a göre %26,2; De Oliveria Sousa ve ark. (2011)'na göre %29,59; Taşkaya (2007)'ya göre %25; Wang ve ark. (2014)'na göre %24-36; Özdemir ve ark. (2003)'na göre %27,25-29,29 olarak bildirilmiştir. %24,93±0,90 ortalamaya sahip bulduğumuz değerler en çok Taşkaya (2007) ve Wang ve ark. (2014) ile benzerlik göstermektedir. Değerlerimiz Anonim (2015d)'e göre yüksek; Ayaz (2008), De Oliveria Sousa ve ark. (2011)'na göre de bir miktar düşük olarak tespit edilmiştir.

4.5. Kuruyemiş Örneklerinde Yağ Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

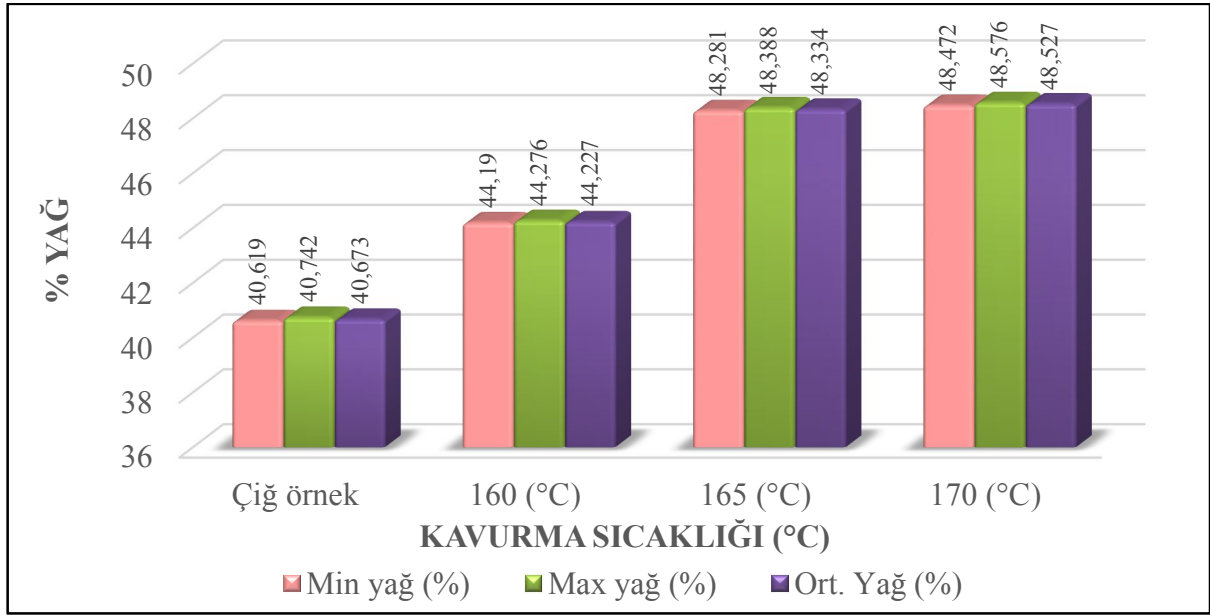
4.5.1. Ayçiçeği çekirdeğinin % yağ miktarı

Ayçiçeği çekirdeğinin çiğ örnekten son kavurma sıcaklığı olan 170°C'ye gelene dek diğer sıcaklıklardaki % yağ miktarları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinin yağ miktarları %40,61-48,57 arasında değişmekte olup ortalama %45,44±3,31 yağ içeriği tespit edilmiştir. En düşük yağ miktarı %40,61-40,74 değerlerinde çiğ örnekte görülürken en yüksek yağ miktarı da %48,47-48,57 arasında 170°C'de kavru lan örnekte bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Ayçiçeği çekirdeğinin % yağ miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % yağ miktarı	Max % yağ miktarı	Ort. % yağ miktarı
Çiğ örnek	40,619	40,742	40,673±0,55
160	44,19	44,276	44,227±0,34
165	48,281	48,388	48,334±0,42
170	48,472	48,576	48,527±0,39

Kavurma sıcaklığının artması ile ayçiçeği çekirdeğinin ortalama % yağ miktarlarında da artış gözlenmiş olup artışın en fazla olduğu kısım %4,1'lik bir oran ile 160°C'den 165°C'ye geçişte gözlenmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği

Şekil 4.13'te çiğ örnekler ile değişik sıcaklıklarda ısıl işlem uygulanan örneklerin % yağ miktarları arasında belirgin bir farklılık gözlenmektedir. % yağ miktarlarının değişkenliği istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örnekler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Değişik sıcaklık gruplarının % yağ miktarına etkisini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Buna göre her örnek arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.26. Ayçiçeği çekirdeğinin %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Yağ Miktarları*
Çiğ örnek	40,673±0,55 ^a
160	44,227±0,34 ^b
165	48,334±0,42 ^c
170	48,527±0,39 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Literatür taraması yapıldığında ayçiçeği çekirdeğinin % yağ oranı Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (Anonim 2015b)'na göre %52,02; Ergen ve Sağlam (2005)'a göre %36; Ayaz (2008)'a göre %47,3; Anonim (2015e)'e göre %39-45; Katar ve ark. (2012)'na

göre ise %22-55 olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda bulduğumuz ortalama yağ miktarı %45,44 olup bu değerler en çok Ayaz (2008) ve Anonim (2015e) ile uyum sağlamaktadır.

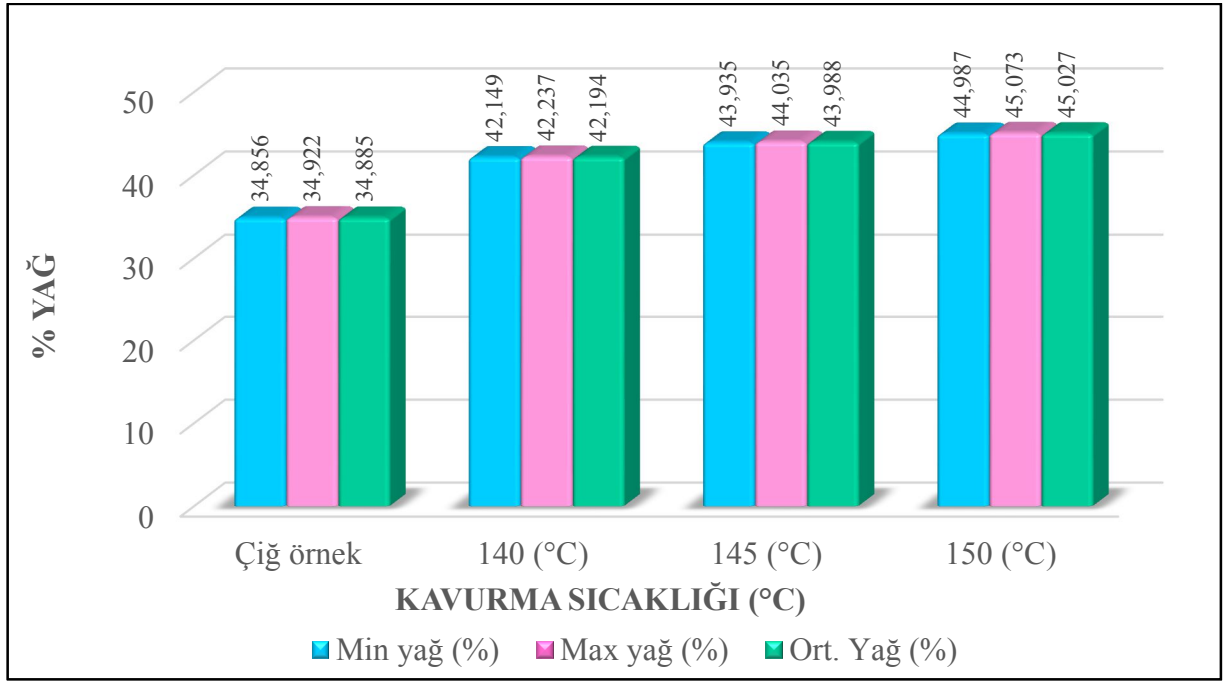
4.5.2. Badem içinin % yağ miktarları

Yapılan analizler sonucunda badem içinin yağ değerleri %38,85-45,07 arasında değişkenlik göstermiş olup ortalama %41,52±4,04 olarak bulunmuştur. Ayçiçeği çekirdeği örneğinde olduğu gibi en yüksek yağ miktarı en çok kavrulmuş üründe tespit edilmiştir. Badem içinin en düşük yağ ortalaması %34,88±0,02, en yüksek yağ ortalaması ise %45,02±0,03 olarak gözlenmiştir. Çizelge 4.27’de badem içinin farklı sıcaklık uygulamalarındaki minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma yağ değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.27. Badem içinin % yağ miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % yağ miktarı	Max % yağ miktarı	Ort. % yağ miktarı
Çiğ örnek	34,856	34,922	34,885±0,02
140	42,149	42,237	42,194±0,03
145	43,935	44,035	43,988±0,03
150	44,987	45,073	45,027±0,03

Çiğ ve kavurulmuş badem içi örneklerinin uygulanan sıcaklık derecesine bağlı olarak % yağ miktarlarındaki değişim grafiği de Şekil 4.14’te belirtilmiştir. Şekil 4.14 incelendiğinde çiğ örnekler ile ısı işlem görmüş örnekler arasında belirgin bir farklılık gözlenirken; 3 farklı kavurma sıcaklığındaki farkların çiğ örnekteki gibi belirgin olmadığı gözlenmiştir. Buna rağmen yapılan istatistiksel analiz sonucunda tüm sıcaklık grupları arasında önemli bir farklılığın olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca örneklerin birbiri içerisindeki farklılık derecesini belirlemek amacıyla yapılan Duncan test sonuçları da Çizelge 4.28’de verilmiştir. Buna göre tüm sıcaklık gruplarının farklılık derecesi $p<0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.14. Badem içinin sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği

Gülsoy ve Balta (2014) 10 farklı genotipte badem içi örneklerinin % yağ miktarlarını analiz etmişler ve bu oranları %48,1-63,1 aralığında belirlemişlerdir. Badem içinin yağ oranını Ayaz (2008) %54,2; Anonim (2015c) %50,22; Özcan ve ark. (2011) %48,8-55,7; De Oliveria Sousa ve ark. (2011) % 41,9-50; Schlörmann ve ark. (2015) ise %49,5 oranında bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada badem içinin yağ miktarının ortalaması %41,52±4,04 olup bulduğumuz sonuçlar en çok De Oliveria Sousa ve ark. (2011) ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.28. Badem içinin %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Yağ Miktarları*
Çiğ örnek	34,885±0,02 ^a
140	42,194±0,03 ^b
145	43,988±0,03 ^c
150	45,027±0,03 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

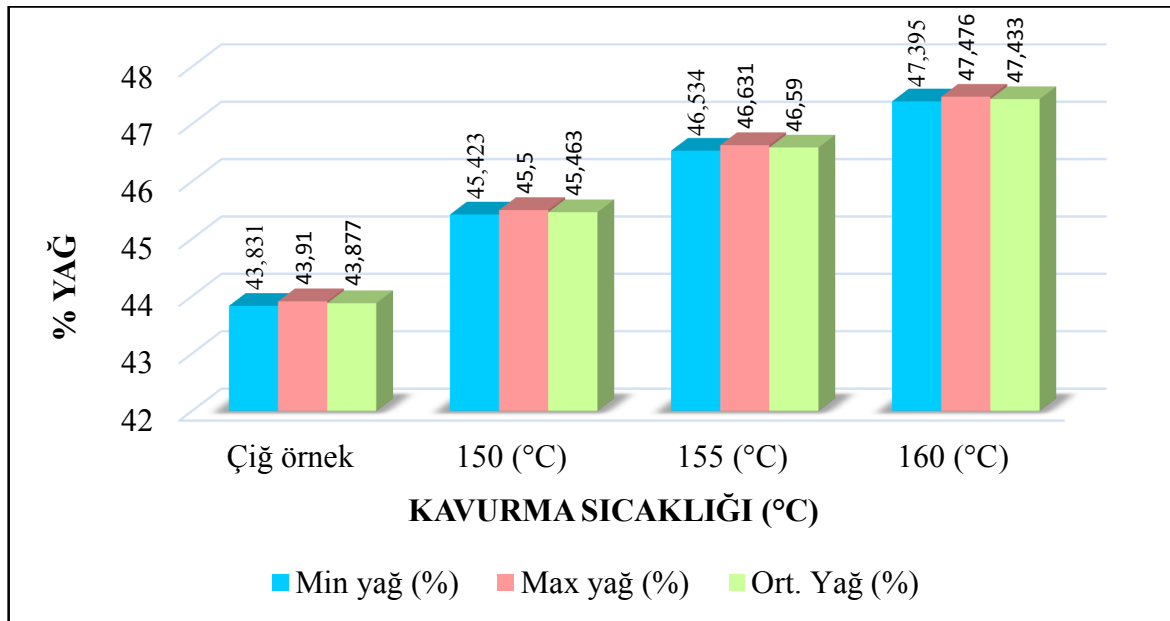
4.5.3. Yer fıstığının % yağ miktarları

Yer fıstığının yağ miktarları incelendiğinde oranların %43,83-47,47 arasında değiştiği, ortalama yağ içeriğinin ise %45,84±1,36 olduğu bulunmuştur. En düşük yağ içeriği çiğ yer fıstığında en yüksek yağ içeriği ise en çok kavrulmuş yer fıstığında tespit edilmiştir. Çizelge 4.29'da yer fıstığının farklı sıcaklık uygulamaları sonucunda değişen % yağ miktarlarındaki değişim gösterilmektedir.

Çizelge 4.29. Yer fıstığının % yağ miktarları (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min % yağ miktarı	Max % yağ miktarı	Ort. % yağ miktarı
Çiğ örnek	43,831	43,91	43,877±0,02
150	45,423	45,5	45,463±0,02
155	46,534	46,631	46,59±0,03
160	47,395	47,476	47,433±0,03

Yer fıstığı örneklerinin farklı kavurma sıcaklıklarına maruz kalması sonucunda % yağ miktarlarındaki değişimi Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Şekil 4.15'e göre sıcaklık değişimlerinin % yağ miktarları üzerindeki etkisi belirgin bir şekilde görülmekte olup sıcaklık uygulamasının artması ile % yağ miktarının da arttığı gözlenmektedir.



Şekil 4.15. Yer fıstığının sıcaklığa göre % yağ miktarlarındaki değişim grafiği

Yer fıstığı örneklerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda tüm örnekler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sıcaklık grupları arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.30'da verilmiştir. Buna göre tüm sıcaklık grupları arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.30. Yer fıstığının %yağ miktarı değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	% Yağ Miktarları*
Çiğ örnek	43,877±0,02 ^a
150	45,463±0,02 ^b
155	46,59±0,03 ^c
160	47,433±0,03 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

De Oliveria Sousa ve ark. (2011) yer fıstığının yağ miktarını %46,35; Ayaz (2008) %48,7; Taşkaya (2007) %40-60; Özdemir ve ark. (2003) %43,7-49,83; Anonim (2015d) %45,42 olarak bildirmiştir. Çalışmamızda yer fıstığının ortalama yağ değeri %45,84±1,36 olup literatürdeki veriler ile uyum sağlamaktadır.

4.6. Kuruyemiş Örneklerinde Renk Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kuruyemiş örneklerinin renk analizleri L^* , a^* , b^* parametrelerine göre yapılmış olup her kuruyemiş çeşidi kendi içinde aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

L^* parametresi rengin parlaklığını, a^* parametresi kırmızı-yeşil yönündeki değişimleri, b^* parametresi sarı-mavi yönündeki değişimleri ifade eder. a^* değerinin pozitif yönde artması ile kırmızı renkteki yoğunluğun arttığı; a^* parametresinin negatif yönde değer kazanması yeşil renkteki yoğunluğun arttığını göstermektedir. Aynı şekilde b^* değerinin pozitif olması sarı, negatif olması ise mavi rengin yoğunluğunun arttığını göstermektedir. (Yetim ve Kesmen 2008).

4.6.1. Ayçiçeği çekirdeğinin renk analizi parametrelerinin değerlendirilmesi

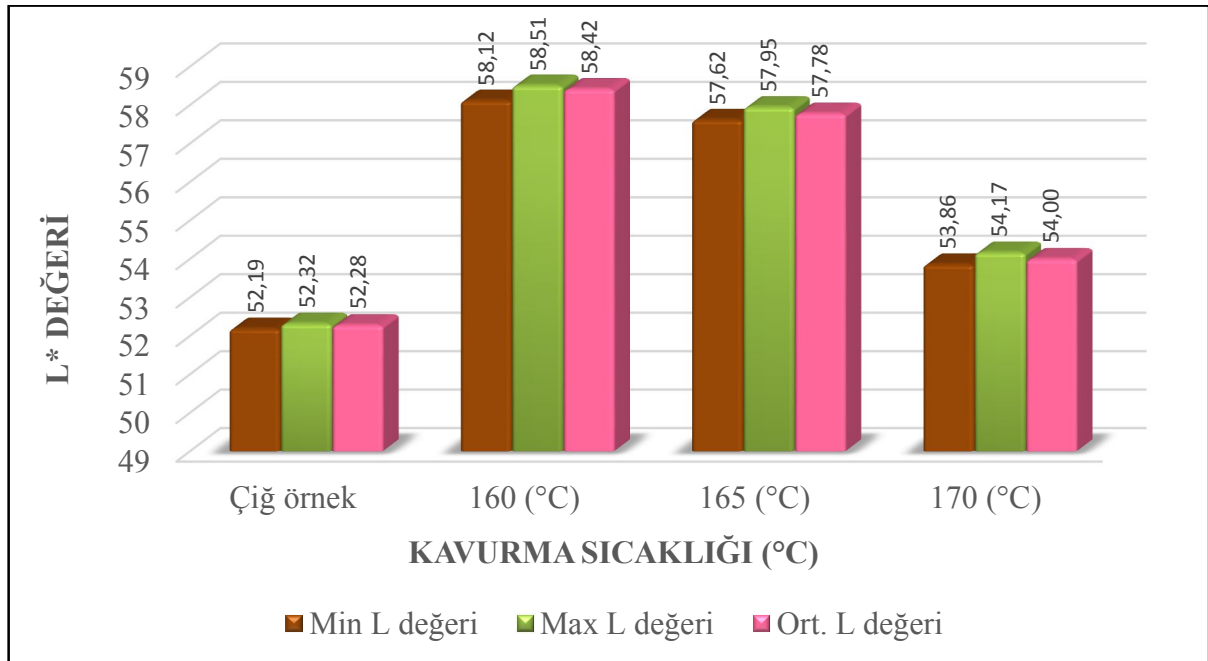
Ayçiçeği çekirdeğinin L^* değerleri 52,19-58,51 arasında bulunmuş olup ortalama L^* değeri 55,62±2,62 olarak tespit edilmiştir. L^* değeri en düşük 52,19 olarak çiğ ayçiçeği

çekirdeğinde gözlenmiş olup en yüksek değer ise 160°C'de 58,51 olarak belirlenmiştir. Sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak ayçiçeği çekirdeğinin L* değerlerindeki minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Çizelge 4.31'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.31. Ayçiçeği çekirdeğinin L* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min L* değeri	Max L* değeri	Ort. L* değeri
Çiğ örnek	52,19	52,32	52,28±0,04
160	58,12	58,51	58,42±0,15
165	57,62	57,95	57,78±0,13
170	53,86	54,17	54,00±0,14

Değişik sıcaklıklarda ısı işlem uygulamalarının ayçiçeği çekirdeğinde L* değerindeki değişimlerini gösteren grafik Şekil 4.16'da verilmiştir. Şekil 4.16'ya göre L* değerindeki en belirgin değişim çiğ örnekler ile 160°C'de kavru lan örnekler arasında gözlenmiştir. Daha sonraki kavurma sıcaklıklarında ise bu değerde belirgin bir şekilde düşüş gözlemlenmektedir. Ayçiçeği çekirdeğinin parlaklık derecesinin en yüksek gözlemlendiği yer ilk kavurma sıcaklığıdır. Kavurma derecesinin artması ile örneklerin parlaklığında azalma olmuştur.



Şekil 4.16. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre L* değerindeki değişim grafiği

Ayçiçeği örneklerinin L* değerindeki değişimler istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde örnekler arasında önemli bir fark olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarının L* değeri üzerindeki farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma testinin sonuçları da Çizelge 4.32’de verilmiştir. Buna göre farklı sıcaklık uygulamaları ayçiçeği çekirdeğinin L* değerlerini $p<0,05$ düzeyinde önemli derecede etkilediği gözlenmiştir.

Çizelge 4.32. Ayçiçeği çekirdeğinin L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	L* Değeri*
Çiğ örnek	52,28±0,04 ^a
160	58,42±0,15 ^d
165	57,78±0,13 ^c
170	54,00±0,14 ^b

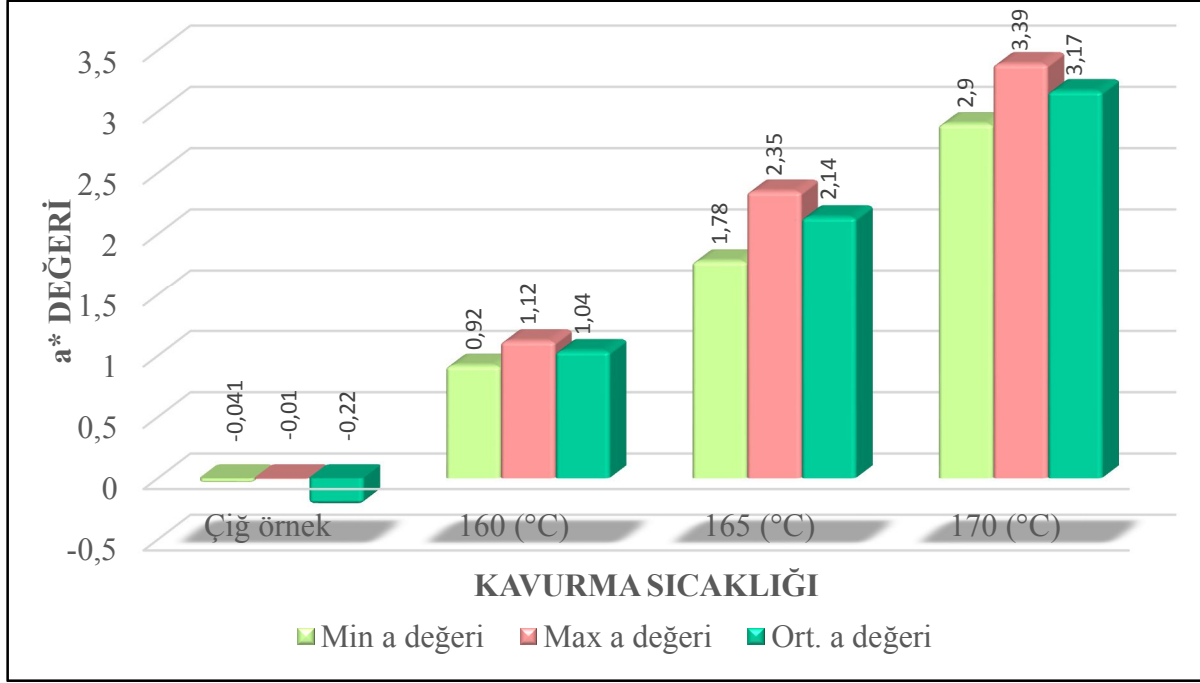
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

Ayçiçeği çekirdeğinin a* değerleri incelendiğinde minimum değer -0,041; maksimum değer 3,39; ortalama değerin ise 1,53±1,29 olduğu gözlenmiştir. En düşük a* değeri çiğ ayçiçeği çekirdeğinde, en yüksek a* değeri ise 170°C’de kavru lan örneklerde olduğu görülmüştür. Farklı sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak a* değerinin değişimleri Çizelge 4.33’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.33. Ayçiçeği çekirdeğinin a* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min a* değeri	Max a* değeri	Ort. a* değeri
Çiğ örnek	-0,041	-0,01	-0,22±0,14
160	0,92	1,12	1,04±0,08
165	1,78	2,35	2,14±0,20
170	2,9	3,39	3,17±0,19

Ayçiçeği çekirdeğinin kırmızılık derecesinin çiğ örneklerde ve değişik kavurma sıcaklıklarındaki değişimleri Şekil 4.17’de belirtilmiştir. Şekil 4.17’ye göre kırmızılık değerinin, kavurma sıcaklığının kademeli olarak artırılması ile yükseldiği gözlenmiştir.



Şekil 4.17. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre a* değerindeki değişim grafiği

a* değerleri istatistiksel açıdan incelendiğinde sıcaklık uygulamalarının örnekler arasında anlamlı bir farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının farklılık derecesine etkisini belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları da Çizelge 4.34’te gösterilmektedir. Çizelge 4.34’e göre kavurma gruplarının a* değerleri üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.34. Ayçiçeği çekirdeğinin a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	a* Değeri*
Çiğ örnek	-0,22±0,14 ^a
160	1,04±0,08 ^b
165	2,14±0,20 ^c
170	3,17±0,19 ^d

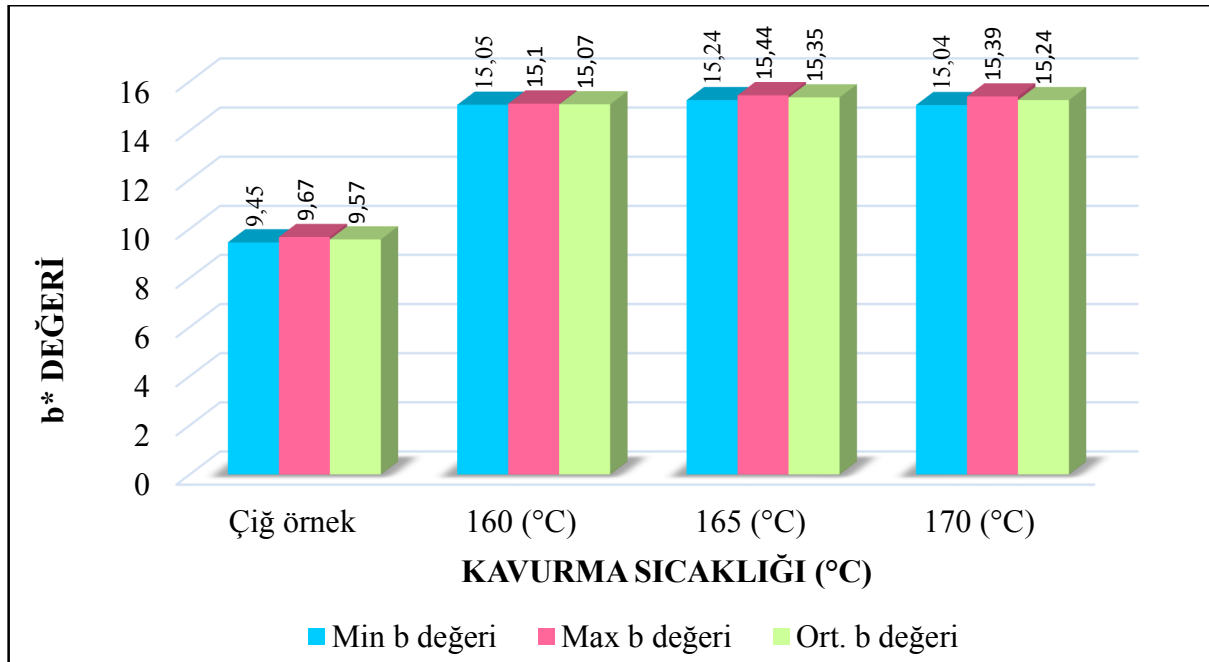
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Ayçiçeği çekirdeğinin b* değeri ise 9,45-15,44 arasında değişmiş olup ortalama b* değeri 13,81±2,50 olarak gözlenmiştir. Minimum değerler çiğ ayçiçeği çekirdeğinde ortalama 9,57±0,08, maksimum değer ise 165°C’de kavrulan örneklerde ortalama 15,35±0,20 olarak tespit edilmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinin çiğ ve kavrulmuş örneklerindeki b* değerinin değişimleri Çizelge 4.35’te verilmiştir.

Çizelge 4.35. Ayçiçeği çekirdeğinin b* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min b* değeri	Max b* değeri	Ort. b* değeri
Çiğ örnek	9,45	9,67	9,57±0,08
160	15,05	15,1	15,07±0,02
165	15,24	15,44	15,35±0,20
170	15,04	15,39	15,24±0,13

Şekil 4.18’de ayçiçeği çekirdeğinin b* değerinin sıcaklık uygulamasına göre değişimleri grafik halinde verilmektedir. Grafik incelendiğinde çiğ örnek ile ilk kavurma sıcaklığı olan 160°C’deki fark daha belirgin olup sarılık değerinin arttığı görülmektedir. Diğer kavurma sıcaklıklarının artış miktarları belirgin olarak gözükmesine de yapılan istatistiksel analiz sonucunda aradaki farklılıklar önemli bulunmuştur (p<0,05).



Şekil 4.18. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa göre b* değerindeki değişim grafiği

Değişik sıcaklık gruplarının b* değerine etkisini incelemek amacıyla yapılan Duncan test sonuçları da Çizelge 4.36'da görülmektedir. Çizelge 4.36'ya göre sıcaklık gruplarının değişimleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ($p<0,05$).

Çizelge 4.36. Ayçiçeği çekirdeğinin b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	b* Değeri*
Çiğ örnek	9,57±0,08 ^a
160	15,07±0,02 ^b
165	15,35±0,20 ^d
170	15,24±0,13 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

4.6.2. Badem içinin renk analizi parametrelerinin değerlendirilmesi

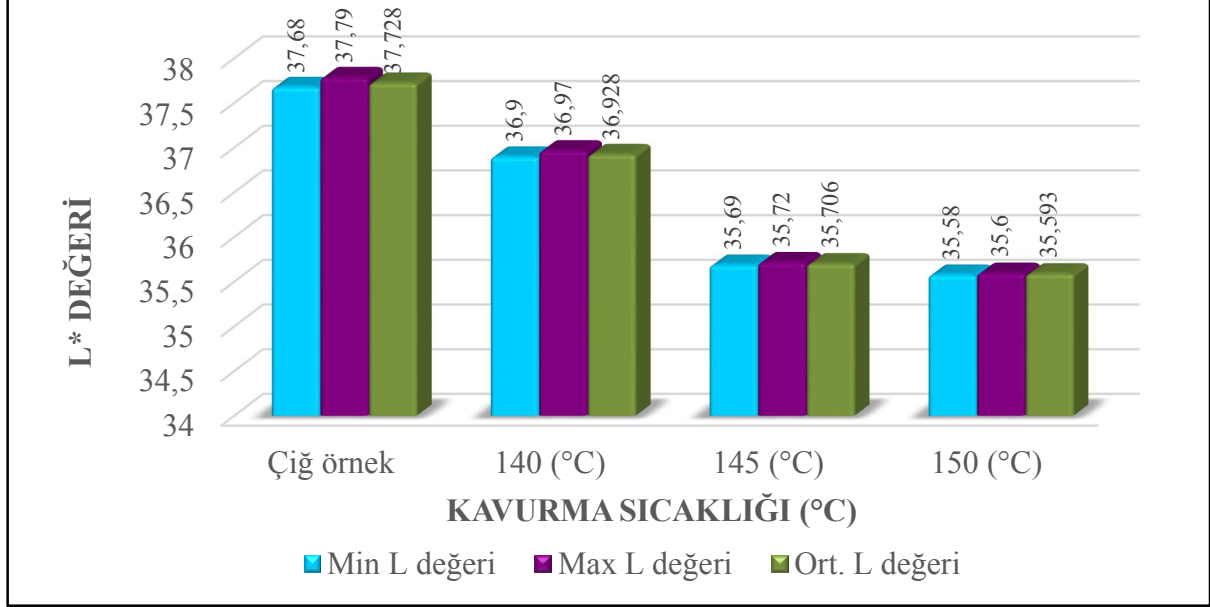
Badem içinin L* değerleri incelendiğinde bu değerlerin 35,58-37,79 aralığında yer aldığı, ortalama değerinin ise 36,48±0,90 olduğu tespit edilmiştir. Badem içinin parlaklık derecesi en fazla çiğ örnekte (ortalama 37,72±0,04) gözlenirken en düşük parlaklık derecesi de 35,59±0,01 ortalama ile kavurma sıcaklığı en yüksek badem içi örneklerinde gözlenmiştir. L* değerlerinin yer aldığı minimum, maksimum ve standart sapma değerleri Çizelge 4.37'de, gösterilmiştir.

Çizelge 4.37. Badem içinin L* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min L* değeri	Max L* değeri	Ort. L* değeri
Çiğ örnek	37,68	37,79	37,728±0,04
140	36,9	36,97	36,928±0,02
145	35,69	35,72	35,706±0,01
150	35,58	35,6	35,593±0,01

Badem içinin L* değerlerinde çiğ örnekten kavurma derecesi en çok olan örneğe doğru gidildikçe düşüş gözlenmektedir (Şekil 4.19). Kavurma sıcaklığının artması ile badem içinin parlaklığı arasında zıt bir ilişki görülmektedir. İstatistiksel açıdan badem içinin L*

değerleri analiz edildiğinde tüm örneklerin birbirleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarının birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.38’de verilmiştir.



Şekil 4.19. Badem içinin sıcaklığa bağlı L* değerlerindeki değişim grafiği

Çizelge 4.38’e göre her grup arasındaki farklılığın $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu tüm grupların farklı olması ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.38. Badem içinin L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	L* Değeri*
Çiğ örnek	37,728±0,04 ^d
140	36,928±0,02 ^c
145	35,706±0,01 ^b
150	35,593±0,01 ^a

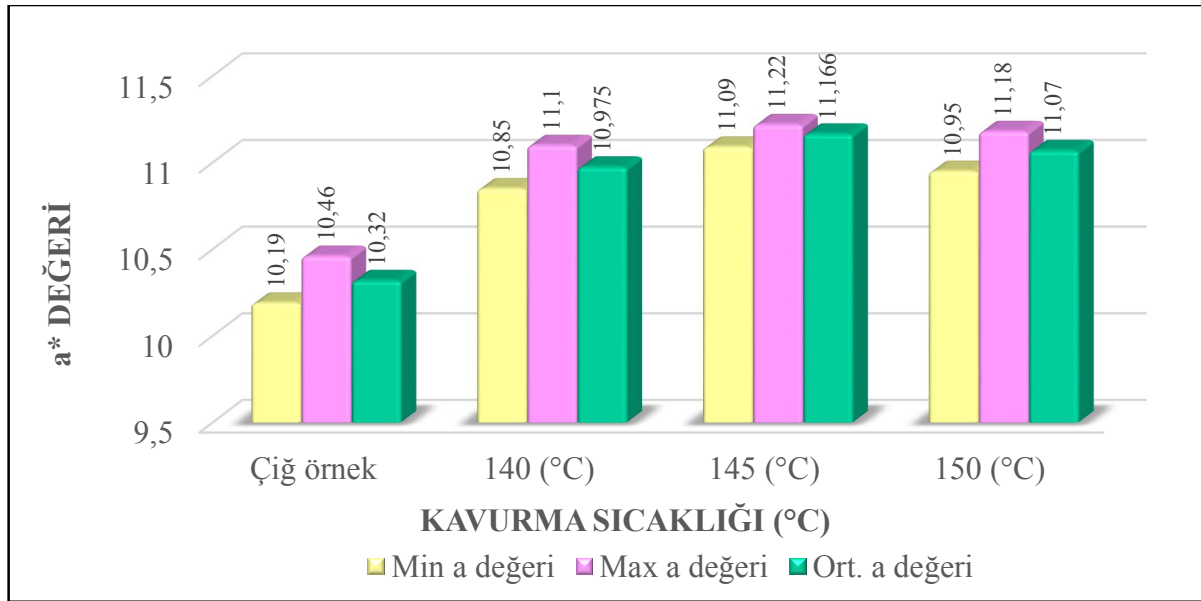
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

Badem içinin a* değerleri 10,19-11,22 arasında bulunmuş olup ortalama $10,88±0,34$ olarak tespit edilmiştir. En yüksek a* değerine sahip örnek $11,16±0,05$ ortalama ile 145°C ’de kavru lan örnek, en düşük a* değerine sahip örnek ise $10,32±0,09$ ortalama ile çiğ örnek olmuştur. Badem içinin a* değerlerinin yer aldığı tablo Çizelge 4.39’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.39. Badem içinin a* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min a* değeri	Max a* değeri	Ort. a* değeri
Çiğ örnek	10,19	10,46	10,32±0,09
140	10,85	11,1	10,975±0,10
145	11,09	11,22	11,166±0,05
150	10,95	11,18	11,07±0,08

Şekil 4.20’de çiğ ve farklı kavurma sıcaklığına maruz kalan badem içi örneklerindeki kırmızılık değerinin değişimi görülmektedir. Uygulanan sıcaklık derecesinin artması ile a* değerinde 150°C’ye gelenek dek artış gözlenmişken, bu kavurma sıcaklığından sonra kırmızılık değerinde bir miktar düşüş gözlenmiştir.



Şekil 4.20. Badem içinin sıcaklığa bağlı a* değerlerindeki değişim grafiği

Badem içi örneklerinin a* değerleri istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örneklerin birbirleri arasındaki farklılığı anlamlı olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarının birbirleri arasındaki farklılığı belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.40’ta gösterilmiştir. Çizelge 4.40’a göre çiğ ve ilk 2 kavurma sıcaklıkları arasında önemli bir farklılık ($p<0,05$) bulunmuşken, 150°C’de kavru lan örnek ile 140 ve 145°C’de kavru lan örnek arasındaki farklar önemsiz olarak tespit edilmiştir ($p>0,05$).

Çizelge 4.40. Badem içinin a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	a* Değeri*
Çiğ örnek	10,32±0,09 ^a
140	10,975±0,10 ^b
145	11,166±0,05 ^c
150	11,07±0,08 ^{b,c}

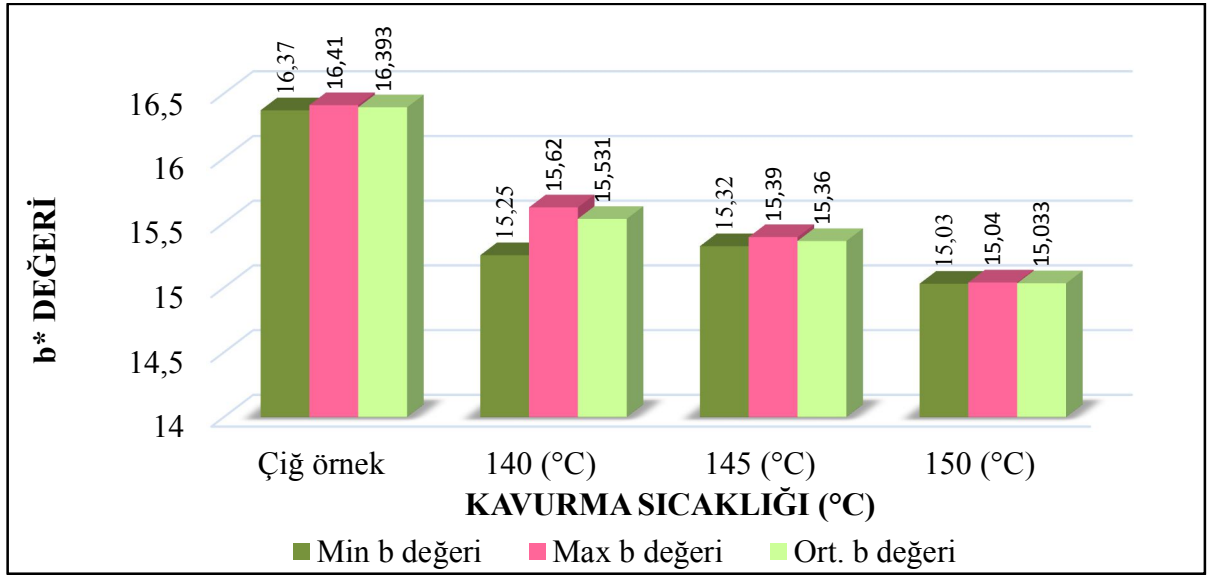
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$), aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

Badem içinin b* değerleri 15,03-16,41 arasında değişip ortalaması 15,57±0,51 olarak bulunmuştur. En düşük b* değeri en çok kavrulmuş üründe ortalama 15,03±0,005 oranında, en yüksek b* değeri ise çiğ badem içinde ortalama 16,39±0,01 oranında tespit edilmiştir. Çizelge 4.41’de b* değerlerinin değişim aralıkları verilmiştir.

Çizelge 4.41. Badem içinin b* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min b* değeri	Max b* değeri	Ort. b* değeri
Çiğ örnek	16,37	16,41	16,393±0,01
140	15,25	15,62	15,531±0,14
145	15,32	15,39	15,36±0,02
150	15,03	15,04	15,033±0,005

Badem içi örneklerinde b* değerlerinin çiğ örnekten en çok kavrulmuş örneğe doğru gidildikçe azaldığı gözlenmektedir (Şekil 4.21). En fazla azalmanın olduğu aralık çiğ badem içi örneği ile ilk kavurma sıcaklığı olan 140°C’de kavrulmuş örnek arasında olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Badem içinin sıcaklığa bağlı b* değerlerindeki değişim grafiği

Badem içi örnekleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde tüm örneklerin b* değerleri arasındaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarının b* değerindeki farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.42’de verilmiştir. Sıcaklık gruplarının tüm örneklerdeki b* değerlerine önemli bir etkisinin bulunduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.42. Badem içinin b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	b* Değeri*
Çiğ örnek	16,393±0,01 ^d
140	15,531±0,14 ^c
145	15,36±0,02 ^b
150	15,033±0,005 ^a

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0,05$)

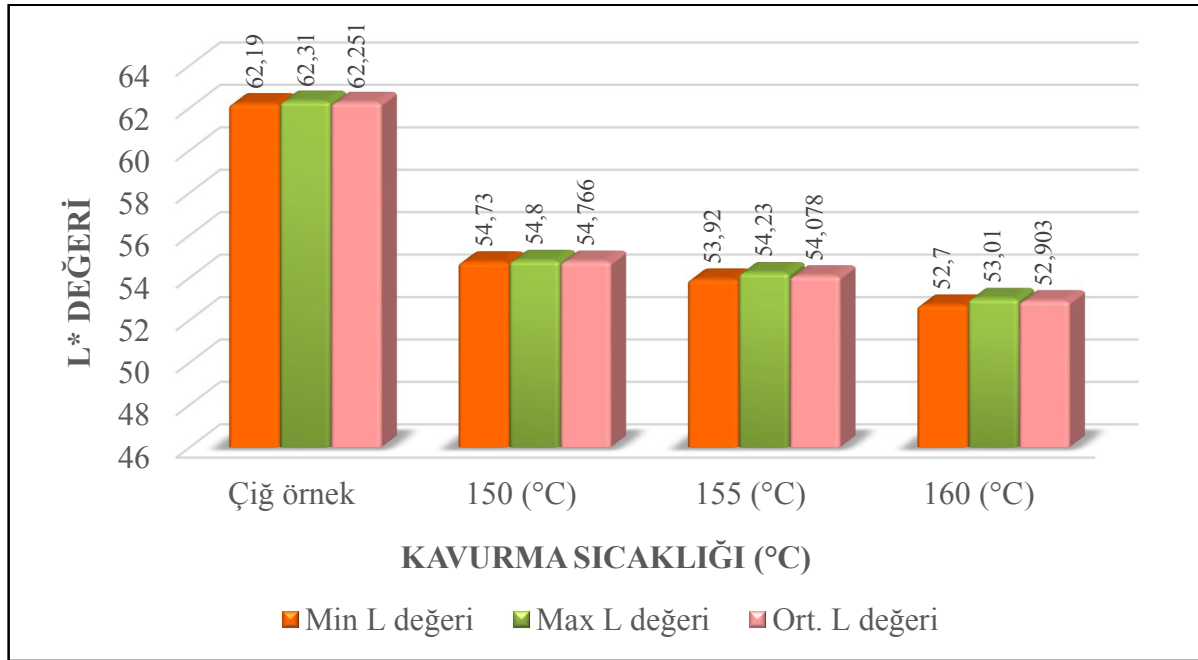
4.6.3. Yer fıstığının renk parametrelerinin değerlendirilmesi

Yer fıstığının L* değeri 52,7-62,31 aralığında olup ortalaması da 56,00±3,75 olarak tespit edilmiştir. En düşük L* değeri 160°C’de kavruyan yer fıstığında ortalama 52,9±0,11 oranında, en yüksek L* değeri de ortalama 62,25±0,04 ile çiğ yer fıstığında tespit edilmiştir. Çizelge 4.43’te yer fıstığının L* değerlerindeki değişim tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.43. Yer fıstığının L* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min L* değeri	Max L* değeri	Ort. L* değeri
Çiğ örnek	62,19	62,31	62,251±0,04
150	54,73	54,8	54,766±0,02
155	53,92	54,23	54,078±0,12
160	52,7	53,01	52,903±0,11

Yer fıstığı örneklerinde kavurma sıcaklığının artması ile L* değerinin azaldığı görülmektedir (Şekil 4.22). L* değerindeki en belirgin azalmanın çiğ örnekten kavurulmuş örneğe geçişte olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.22. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı L* değerlerindeki değişim grafiği

Farklı kavurma sıcaklıklarının L* değeri üzerindeki etkisi daha az belirgin olmasına rağmen yer fıstıkları istatistiksel açıdan analiz edildiğinde tüm örnekler arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan Duncan test sonuçları da Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. Yer fıstığının L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	L* Değeri*
Çiğ örnek	62,251±0,04 ^d
150	54,766±0,02 ^c
155	54,078±0,12 ^b
160	52,903±0,11 ^a

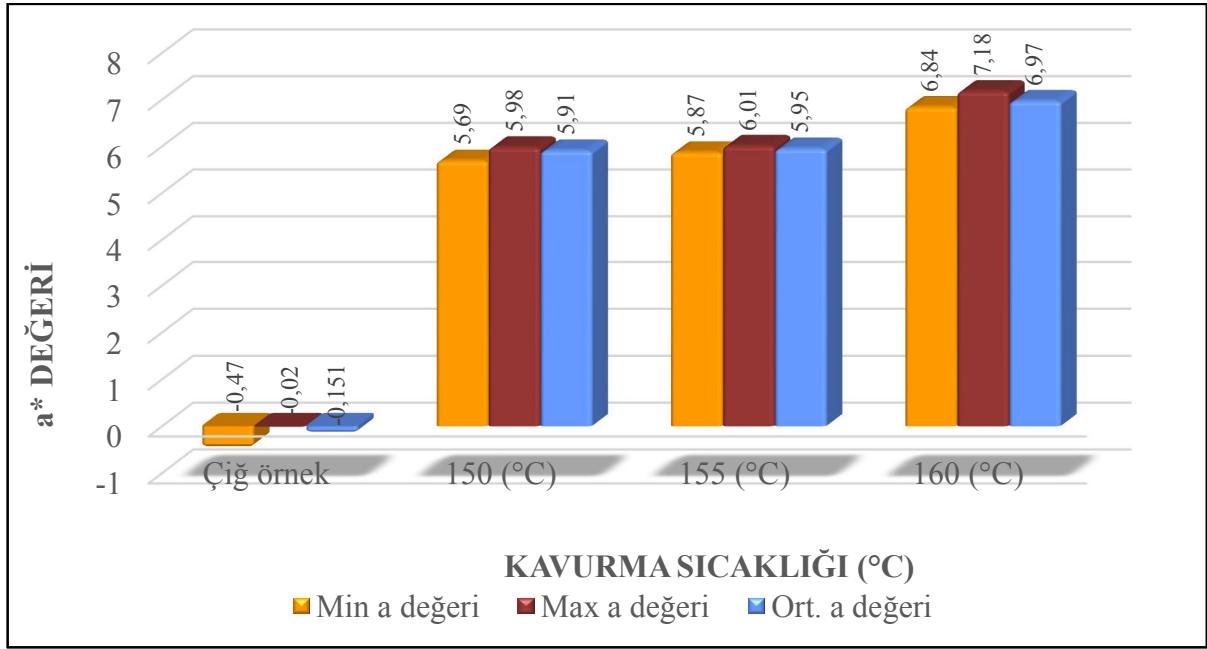
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

Yer fıstığının a* değerleri -0,47-7,18 değerleri arasında değişmiş olup ortalama 4,67±2,88 olarak tespit edilmiştir. En düşük a* değeri çiğ yer fıstığında, en yüksek a* değeri ise 160°C’de kavrulmuş yer fıstığında gözlenmiştir. L* değerinin aksine yer fıstığında a* değeri sıcaklığın etkisi ile gittikçe artan bir eğilim göstermiştir. Kırmızılık değerlerinin yer fıstığı örneklerindeki değişim aralıkları Çizelge 4.45’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.45. Yer fıstığının a* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min a* değeri	Max a* değeri	Ort. a* değeri
Çiğ örnek	-0,47	-0,02	-0,151±0,20
150	5,69	5,98	5,91±0,11
155	5,87	6,01	5,95±0,05
160	6,84	7,18	6,97±0,12

Şekil 4.23’te çiğ ve farklı sıcaklıklarda kavrulmuş yer fıstığı örneklerinin a* değerlerindeki değişim gösterilmektedir. Buna göre a* değerlerinin değişimi belirgin bir şekilde görülmektedir. Yer fıstığı örnekleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde tüm örnekler arasındaki farklılıklar anlamlı bulunmuştur (p<0,05).



Şekil 4.23. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı a* değerlerindeki değişim grafiği

Farklılıklara göre yapılan Duncan testinin sonuçları Çizelge 4.46’da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre 150 ve 155°C’lerde kavruan yer fıstığı örnekleri arasındaki farklılıklar önemsiz ($p>0,05$) olarak saptanmışken diğer kavurma sıcaklıkları arasındaki farklılıklar önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Yer fıstığının a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	a* Değeri*
Çiğ örnek	-0,151±0,20 ^a
150	5,91±0,11 ^b
155	5,95±0,05 ^b
160	6,97±0,12 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$), aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

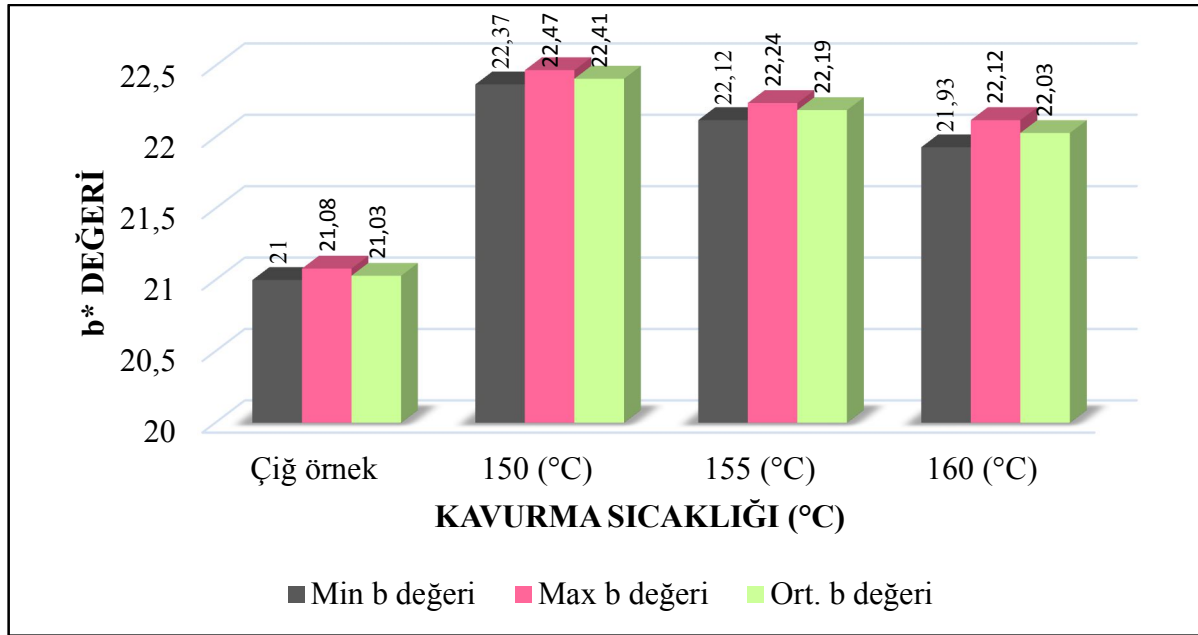
Yer fıstığının b* değerleri 21-22,47 arasında, ortalama değeri de 21,92±0,54 olarak bulunmuştur. En düşük b* değeri çiğ yer fıstığında en yüksek b* değeri de 150°C’de kavruan yer fıstığında tespit edilmiştir. b* değeri ilk kavurma sıcaklığında artmış, sonraki 2 kavurma derecesinde ise bir miktar azalma göstermiştir (Şekil 4.24). Çiğ örneğin durumuna göre b*

değeri değerlendirildiğinde artan bir eğilim gözlenmiştir. Yer fıstığının b* değerlerinin değişim aralıkları Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Yer fıstığının b* değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min b* değeri	Max b* değeri	Ort. b* değeri
Çiğ örnek	21	21,08	21,03±0,03
150	22,37	22,47	22,41±0,04
155	22,12	22,24	22,19±0,43
160	21,93	22,12	22,03±0,07

Farklı sıcaklıklarda işlem görmüş ve çiğ yer fıstığı örneklerinin b* değerlerindeki değişimleri Şekil 4.24’te gösterilmiştir. b* değerlerinin değişimleri incelendiğinde en belirgin değişim çiğ örnekten ilk kavurma sıcaklığı olan 150°C’ye geçişte gözlenmiştir. Daha sonraki sıcaklıklarda ise bir miktar azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.24. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı b* değerlerindeki değişim grafiği

Yer fıstığı örnekleri istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde tüm örnekler arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık gruplarındaki farklılıklar sonucunda yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.48’de gösterilmiş olup sıcaklık değişimleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.48. Yer fıstığının b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	b* Değeri*
Çiğ örnek	21,03±0,03 ^a
150	22,41±0,04 ^d
155	22,19±0,43 ^c
160	22,03±0,07 ^b

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir (p<0,05)

L* değeri 3 ayrı kuruyemiş örneğinde değerlendirilecek olunursa, badem içi ve yer fıstığı örneklerinde gittikçe azalan; ayçiçeği çekirdeğinde ise çiğ ürüne göre ilk önce yükselip daha sonra azalan bir eğilim gözlenmiştir. L* değerinin genel anlamda düşüş göstermesi sıcaklık etkisi ile ürünlerde koyulaşmaların olduğunu ortaya koymaktadır.

L* değerinin aksine a* değeri kavurma sıcaklığının artması ile her 3 kuruyemiş çeşidinde de belirgin bir artış göstermiştir. Maillard reaksiyonu ürünleri sıcaklığın yükselmesi ile artış gösterdiğinden dolayı, örneklerin kırmızılık değerlerindeki artışın bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

b* değeri ayçiçeği çekirdeği ve yer fıstığı örneklerinde artış gösterirken badem içinde ise gittikçe azalmıştır. a* değeri ve b* değeri ayçiçeği çekirdeği ile yer fıstığı örneklerinde beraber artış göstermişken; badem içi örneğinde ise L* değeri ile b* değeri birlikte azalma göstermiştir.

Şimşek (2004) tarafından yapılan bir çalışmada 3 çeşit fındık örneği farklı kavurma sıcaklıkları ve farklı sürelerde kavurma işlemine tabi tutulmuş, bu parametrelerin fındık çeşitleri üzerinde çeşitli biyokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Fındık örneklerinin renk analizi sonuçları değerlendirildiğinde L* değerinin kavurma etkisi ile belirgin bir şekilde azaldığı, a* ve b* değerinin ise arttığı bildirilmiştir.

Fındıkta kavurma sırasında meydana gelen iç kahverengileşmenin oluşumu ve bu oluşuma su aktivitesinin etkisi Özdemir ve ark. (2001) tarafından araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada su aktivitesinin fındıklardaki renk niteliklerini önemli derecede etkilediği bildirilmiştir. Su aktivitesinin artış göstermesi ile L* değerinin azaldığı, a* ve b* değerinin ise arttığı belirtilmiştir.

4.7. Kuruyemiş Örneklerinde Duyusal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kuruyemiş çeşitlerinin duyusal analizi tat, çıtırlık, koku, renk ve genel beğeni düzeyi parametreleri ile değerlendirilmiştir. Duyusal analiz 12 panelistin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Her kuruyemiş çeşidi çiğ ve 3 farklı kavurma sıcaklıklarında duyusal analize tabi tutularak değerlendirme sonuçları başlıklar halinde belirtilmiştir.

4.7.1. Ayçiçeği çekirdeğinin duyusal analiz sonuçları

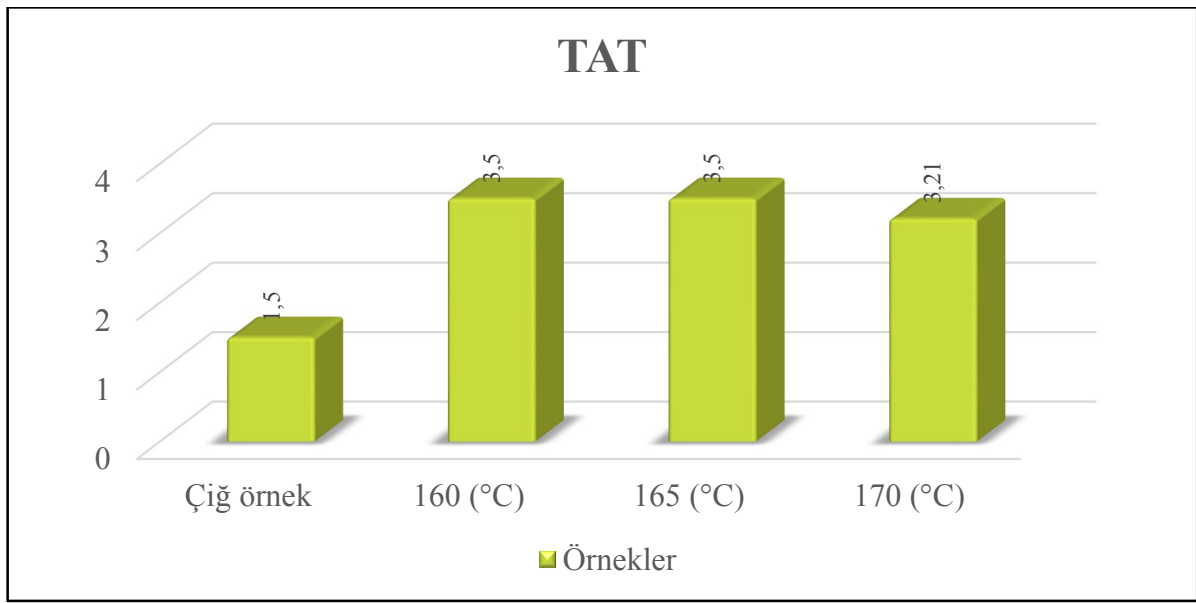
Ayçiçeği çekirdeğinin kavrulmuş olduğu sıcaklıklar olan 160, 165 ve 170°C'ler ile çiğ üründe duyusal analiz yapılarak EK 1'deki parametrelere göre değerlendirmesi yapılmıştır. Ayçiçeği çekirdeğinin almış olduğu minimum, maksimum ve ortalama puanları ile standart sapma değerleri Çizelge 4.49'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.49. Ayçiçeği çekirdeğinin duyusal analiz puanları*

KAVURMA SICAKLIĞI (°C)	TAT (4 Puan Üzerinden)	ÇITIRLIK (3 Puan Üzerinden)	KOKU (4 Puan Üzerinden)	RENK (3 Puan Üzerinden)	GENEL BEĞENİ (5 Puan Üzerinden)	
Çiğ örnek	Min	1	0,5	2	2	1
	Maks	3	2	4	3	5
	Ort	1,50±0,90 ^a	1,88±0,43 ^a	3,42±0,66 ^a	2,83±0,38 ^c	2,92±1,2 ^a
160	Min	3	2	2	1	2
	Maks	4	3	4	2	5
	Ort	3,50±0,52 ^b	2,58±0,51 ^a	3,25±0,86 ^a	2,04±0,54 ^{a,b}	4,17±0,93 ^b
165	Min	1	1	1	2	2
	Maks	4	3	4	3	5
	Ort	3,50±1,0 ^b	2,42±0,79 ^{a,b}	3,08±0,99 ^a	2,33±0,49 ^b	4,08±0,99 ^b
170	Min	2	1	1	1	2
	Maks	4	3	4	3	5
	Ort	3,21±0,78 ^b	2,13±0,95 ^{a,b}	2,75±1,0 ^a	1,63±0,82 ^a	3,50±1,2 ^{a,b}

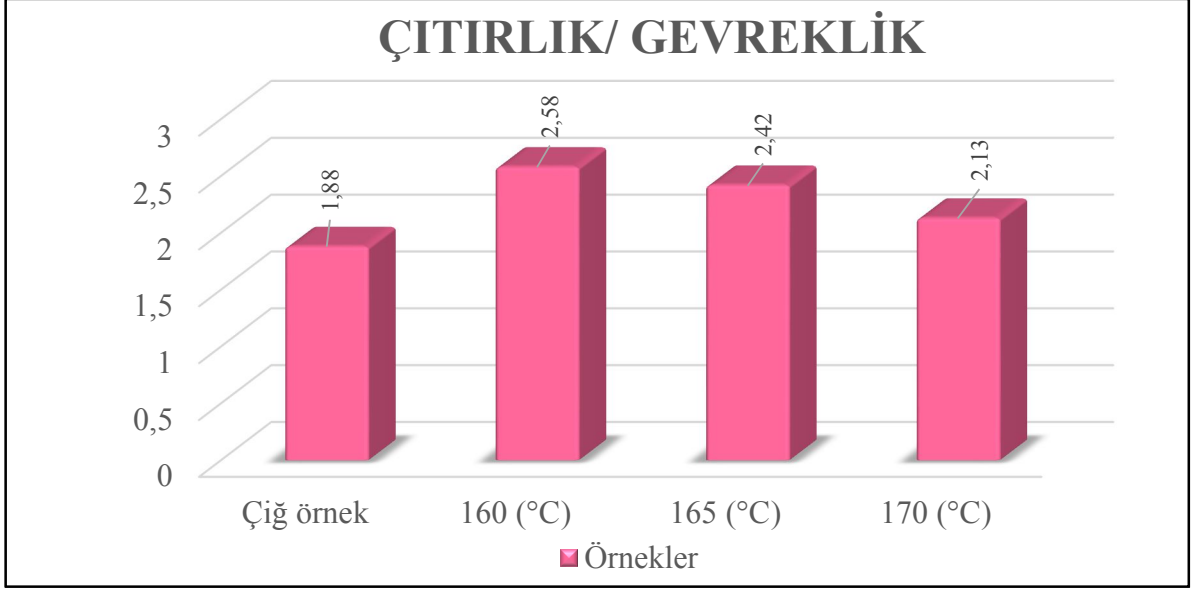
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$); aynı harfler ise önemsizdir ($p > 0,05$)

Ayçiçeği çekirdeğinin tat puanları değerlendirildiğinde en yüksek puana 160 ve 165°C’de kavrulmuş ürünlerde rastlanmakta iken en düşük puan çiğ ayçiçeği çekirdeğinde gözlenmektedir. 170°C’de kavrulmuş ürün diğer sıcaklıklara nazaran daha az beğeni almıştır. Bunun nedeni fazla kavrmanın etkisi ile örnekteki Maillard reaksiyonu ürünlerinin daha çok açığa çıkıp yanığa yakın tada neden olmasından dolayı daha çok hissedilmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayçiçeği çekirdeğinin tüm örnekler içinde ortalama tat puanı ise $2,92 \pm 1,15$ olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan tat değerleri ile sıcaklık değişimi arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$). Şekil 4.25’te tat puanlarının sıcaklık etkisi ile değişimi gösterilmektedir.



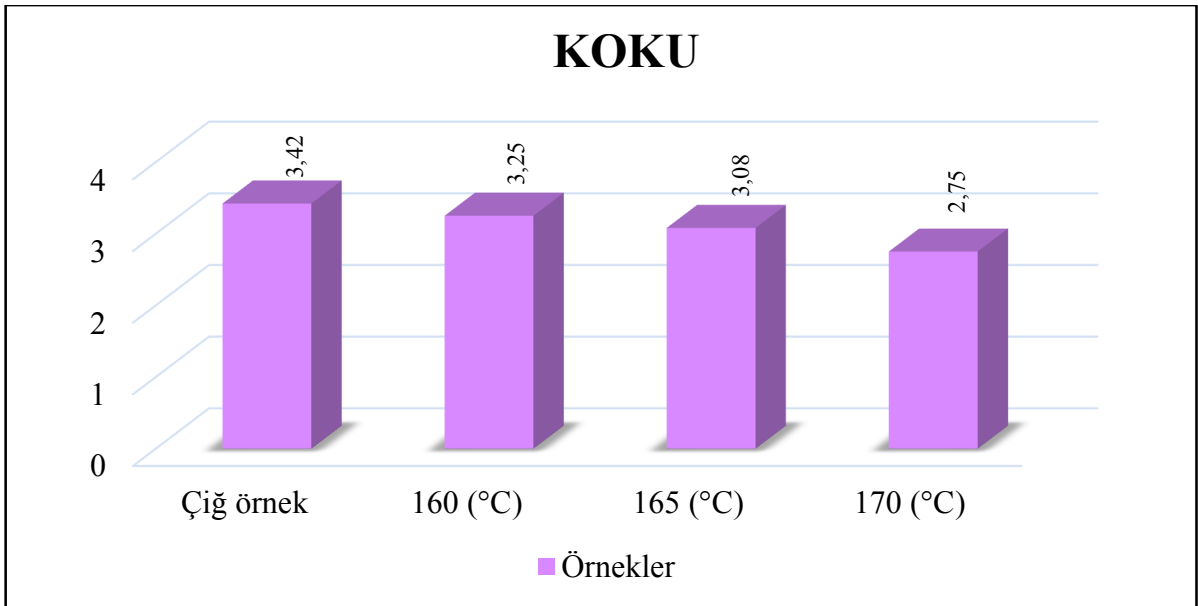
Şekil 4.25. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı tat değişim grafiği

Ayçiçeği çekirdeğinin çıtırılık/gevreklik parametresi duyuşal olarak değerlendirildiğinde en gevrek ürün 160°C’de kavrulmuş ürün olarak tespit edilmiştir. En düşük gevreklik puanını çiğ ayçiçeği çekirdeği almıştır. Çıtırılık bakımından ayçiçeği çekirdeğinin almış olduğu ortalama puan değeri ise $2,25 \pm 0,73$ ’tür. Sıcaklık değişimi ile gevreklik parametresi istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde değişimler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Gevreklik puanının sıcaklık ile değişimi Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı gevreklik değişim grafiği

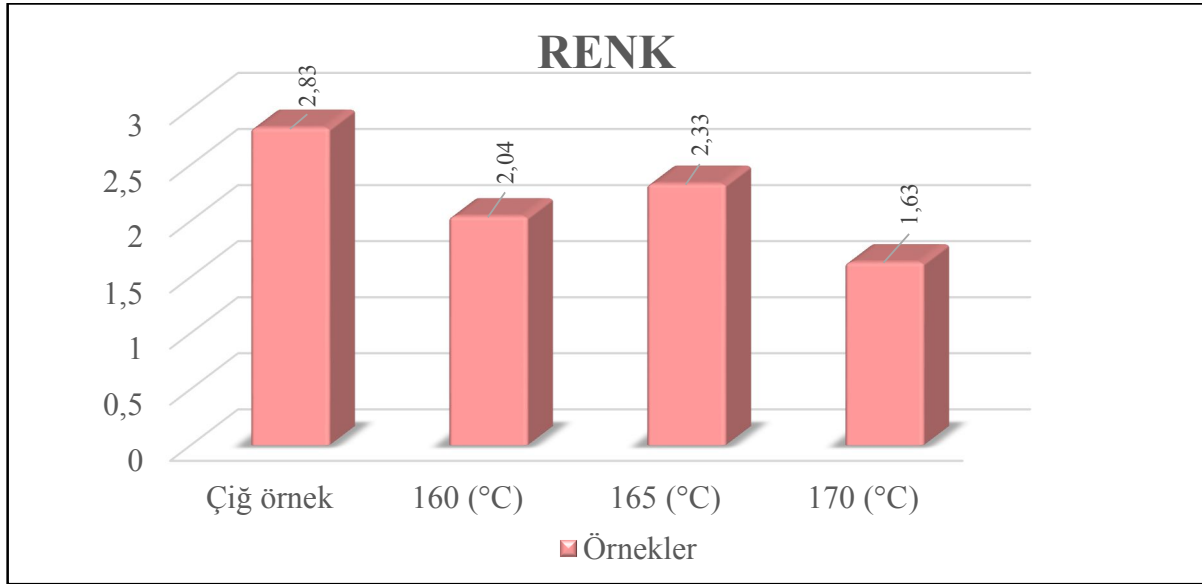
Koku parametresi ayçiçeği çekirdeğinde değerlendirildiğinde en yüksek puan 3,42 ortalama ile çiğ örnek olmuştur. Koku bakımından ayçiçeği çekirdeğinin puan ortalaması $3,12 \pm 0,91$ olarak bulunmuştur. En düşük puanı alan örnek ise en fazla ısıl işlem uygulanan örnektir. Buna göre uygulanan fazla ısıl işlem ayçiçeği çekirdeğinin kokusunu olumsuz etkilemektedir. Çiğ ayçiçeği çekirdeği ile 160°C 'de kavrulan örnek arasında az fark bulunmaktadır. İstatistiksel açıdan kokunun sıcaklık ile değişimi arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$). Şekil 4.27'de ise ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklık ile koku parametresindeki değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.27. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı koku değişim grafiği

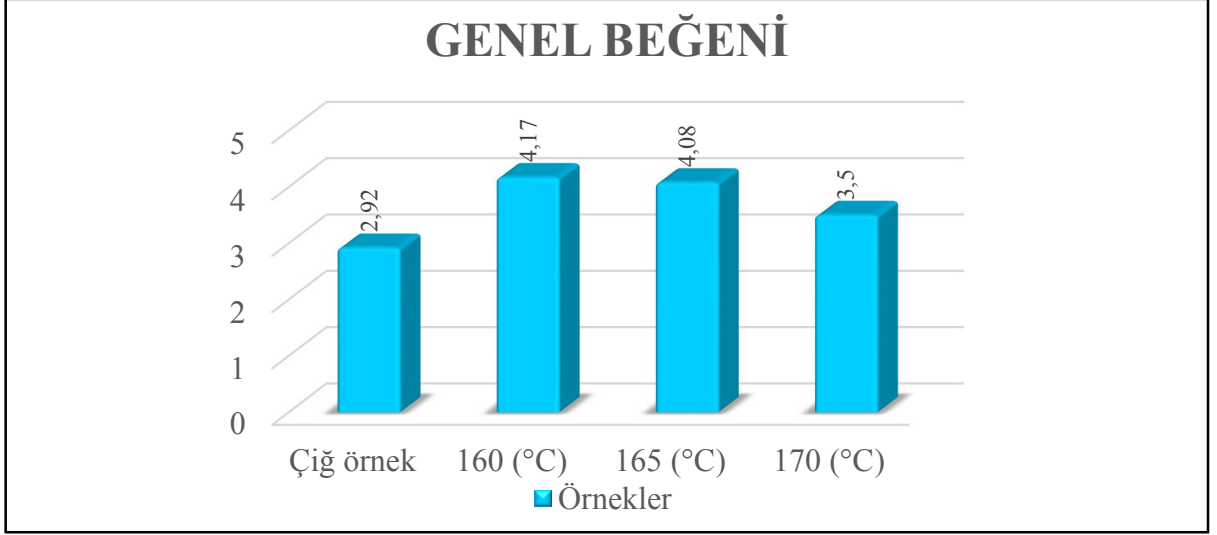
Ayçiçeği çekirdeklerine uygulanan istatistiksel analiz doğrultusunda aralarında anlamlı farklar tespit edilen değerler Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulduktan sonra almış olduğu harfler Çizelge 4.49’da gösterilmektedir.

Ayçiçeği çekirdeğinin rengi duyusal olarak değerlendirildiğinde en yüksek renk puanı $2,83 \pm 0,38$ ortalama ile çığ örnek almıştır. En düşük renk puanı ise $1,63 \pm 0,82$ ortalama ile 170°C ’de kavrulan ayçiçeği çekirdeğinde gözlenmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinin tüm örnekler bazında ortalama renk puanı ise $2,21 \pm 0,72$ olarak bulunmuştur. Ayçiçeği çekirdeğinin renk puanları Çizelge 4.49’da, sıcaklığa bağlı olarak duyusal analizde elde edilen renk puanları ise Şekil 4.28’de gösterilmiştir. İstatistiksel açıdan renk puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p < 0,05$).



Şekil 4.28. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı renk değişim grafiği

Ayçiçeği çekirdeği panelistlerin genel beğeni düzeylerinde incelendiğinde ise en yüksek puanı $4,17 \pm 0,93$ ile 160°C ’de kavrulan örnek, bunu takiben $4,08 \pm 0,99$ puan ile 165°C ’de kavrulan örnek almış; en düşük beğeni puanı ise $2,92 \pm 1,2$ ile çığ örnekte tespit edilmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinde genel beğeni puan ortalaması $3,67 \pm 1,11$ olarak bulunmuştur. İstatistiksel açıdan ayçiçeği çekirdeğinin genel beğeni düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ($p < 0,05$). Şekil 4.29’da sıcaklığa bağlı ayçiçeği çekirdeğinin genel beğeni düzeyi gösterilmiştir.

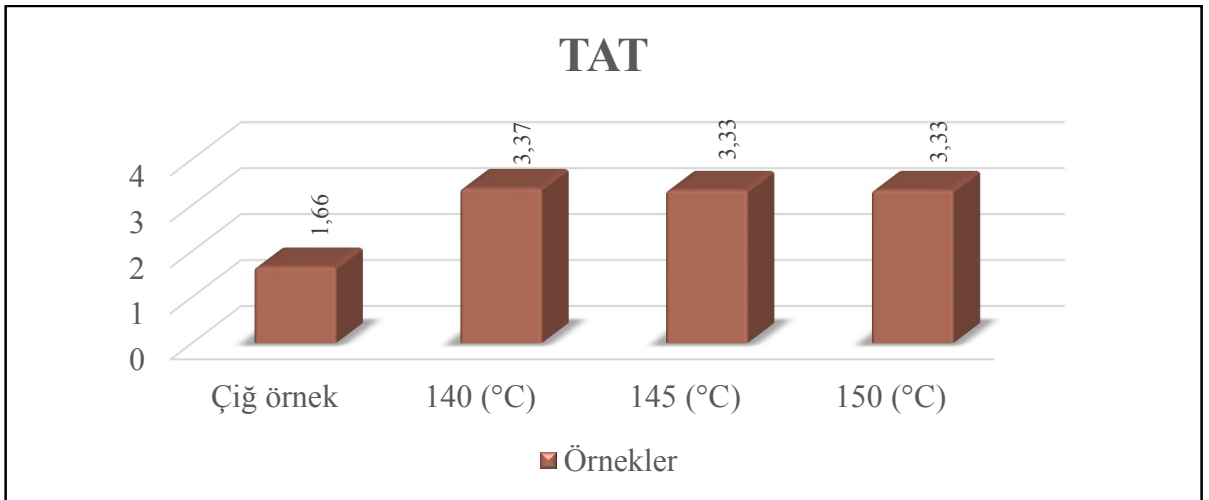


Şekil 4.29. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı genel beğeni düzeyindeki değişim grafiği

4.7.2. Badem içinin duyu analizi sonuçları

Badem içinin kavurulmuş olduğu sıcaklıklar olan 140, 145 ve 150°C'ler ile çiğ üründe duyu analizi yapılarak EK 2'deki parametrelere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Badem içinin almış olduğu minimum, maksimum ve ortalama puanları ile standart sapma değerleri Çizelge 4.50'de gösterilmiştir.

Badem içinin tat puanları incelendiğinde; en yüksek puanı $3,37 \pm 0,82$ ile ilk kavurma sıcaklığındaki örnek, en düşük puanı ise $1,66 \pm 0,98$ puan ile çiğ badem içi almıştır. 145 ve 150°C'de kavurulan örnekler 3,33 puan ile daha sonraki beğenilen örnekler olmuştur. Tüm badem içi örnekleri değerlendirildiğinde tat puanlarının ortalama puanı $2,92 \pm 1,15$ olarak bulunmuştur. Badem içinin tat puanları ile sıcaklık değişimini gösteren grafik Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



Şekil 4.30. Badem içinin sıcaklığa bağlı tat puanlarının değişim grafiği

İstatistiksel açıdan değerlendirme yapıldığında tat puanlarının değişimi arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$).

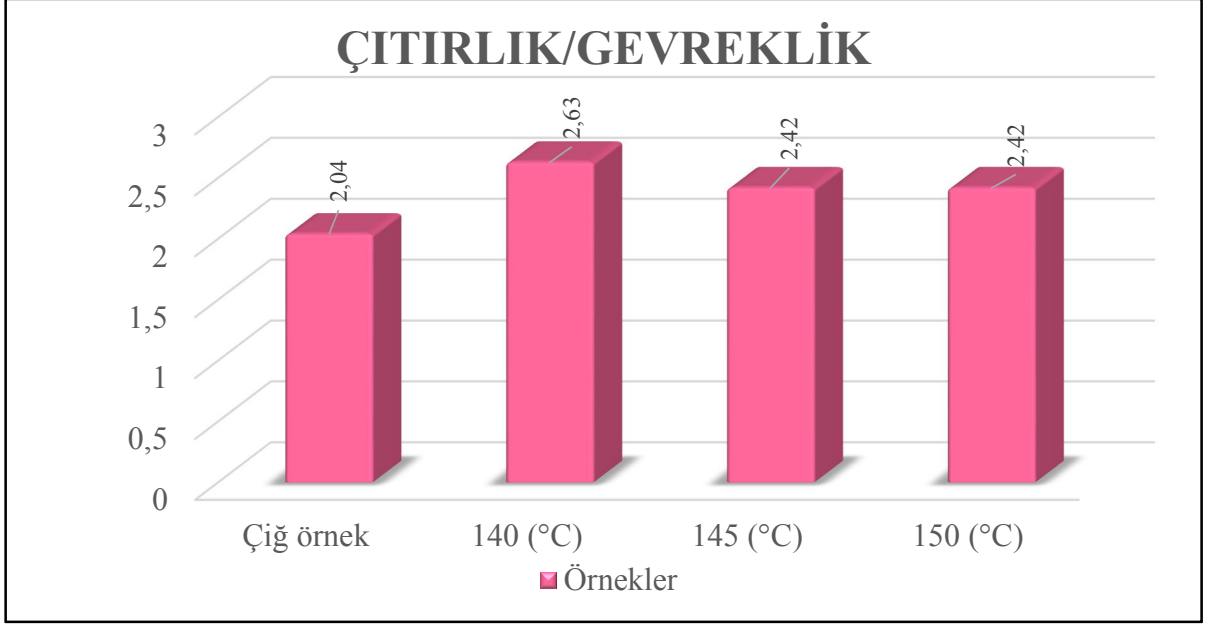
Çizelge 4.50. Badem içinin duyusal analiz puanları*

KAVURMA SICAĞI (°C)	TAT (4 Puan Üzerinden)	ÇITIRLIK (3 Puan Üzerinden)	KOKU (4 Puan Üzerinden)	RENK (3 Puan Üzerinden)	GENEL BEĞENİ (5 Puan Üzerinden)
Çiğ örnek	Min	1	1,5	2	2
	Maks	3	3	4	4
	Ort	1,66±0,98 ^a	2,04±0,33 ^a	3,33±0,77 ^a	2,91±0,28 ^b
140	Min	2	1	2	1,5
	Maks	4	3	4	3
	Ort	3,37±0,82 ^b	2,62±0,77 ^a	3,33±0,77 ^a	2,37±0,56 ^a
145	Min	2	1	1	1
	Maks	4	3	4	3
	Ort	3,33±0,88 ^b	2,41±0,79 ^a	3,04±1,05 ^a	2,16±0,83 ^a
150	Min	1	1	2	1
	Maks	4	3	4	3
	Ort	3,33±0,98 ^b	2,41±0,90 ^a	3,08±0,77 ^a	1,91±0,66 ^a

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$); aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

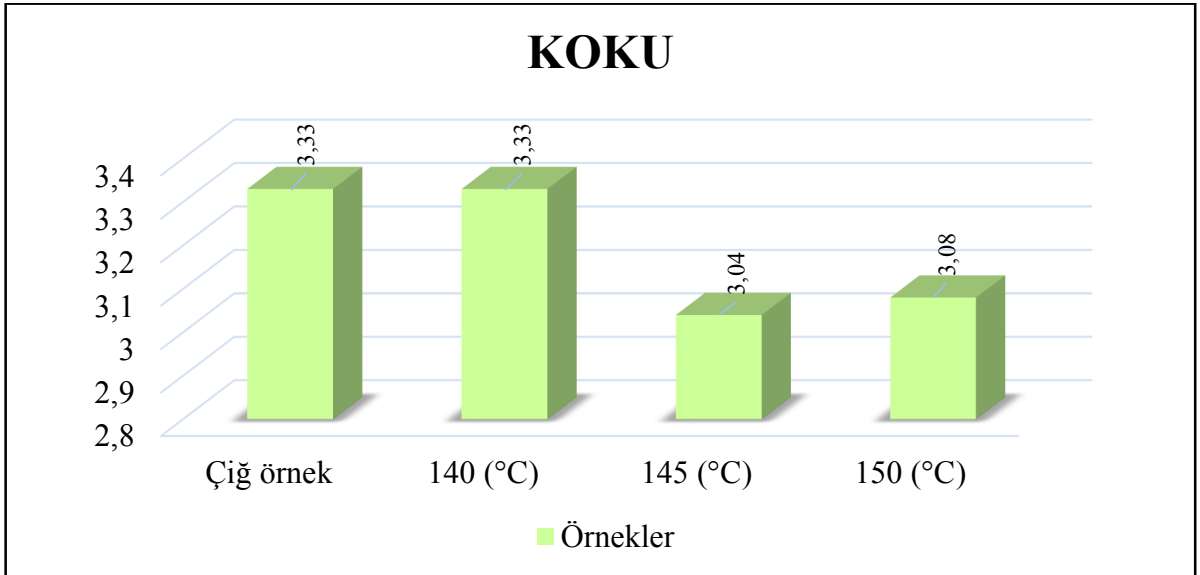
Badem içinin çitirlik parametresi değerlendirildiğinde en gevrek ürün 2,62±0,77 puan ile 140°C’de kavru lan örnek, en düşük puan alan örnek ise 2,04±0,33 puan ile çiğ badem içi olmuştur. Badem içinin tüm örneklerinin çitirlik durumuna bakıldığında ise almış olduğu ortalama puan 2,37±0,74 olmuştur.

Badem içinin çitirlik parametresi istatistiksel olarak analiz edildiğinde örnekler arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Sıcaklığa göre çitirliğin değişim grafiği Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



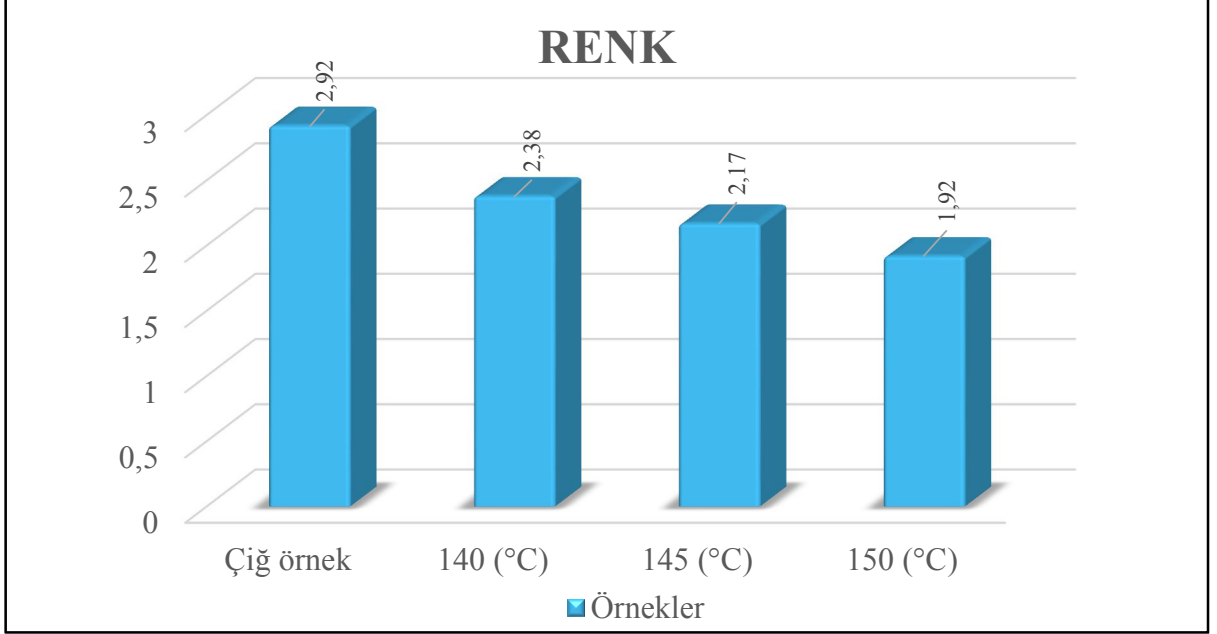
Şekil 4.31. Badem içinin sıcaklığa bağlı gevreklik puanlarını gösteren grafik

Badem içinin koku parametresi değerlendirildiğinde en düşük puan $3,04 \pm 1,05$ ile 145°C 'de kavru lan örnekte, en yüksek puan ise $3,33 \pm 0,77$ ile çiğ örnekte ve 140°C 'de kavru lan örnekte gözlenmiştir. Tüm örneklerin almış olduğu ortalama koku puanı $3,19 \pm 0,84$ olarak bulunmuştur. Örneklere yapılan istatistik analizi sonucunda koku puanları arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Şekil 4.32'de ise sıcaklığa bağlı kokunun değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.32. Badem içinin sıcaklığa bağlı koku puanlarının değişim grafiği

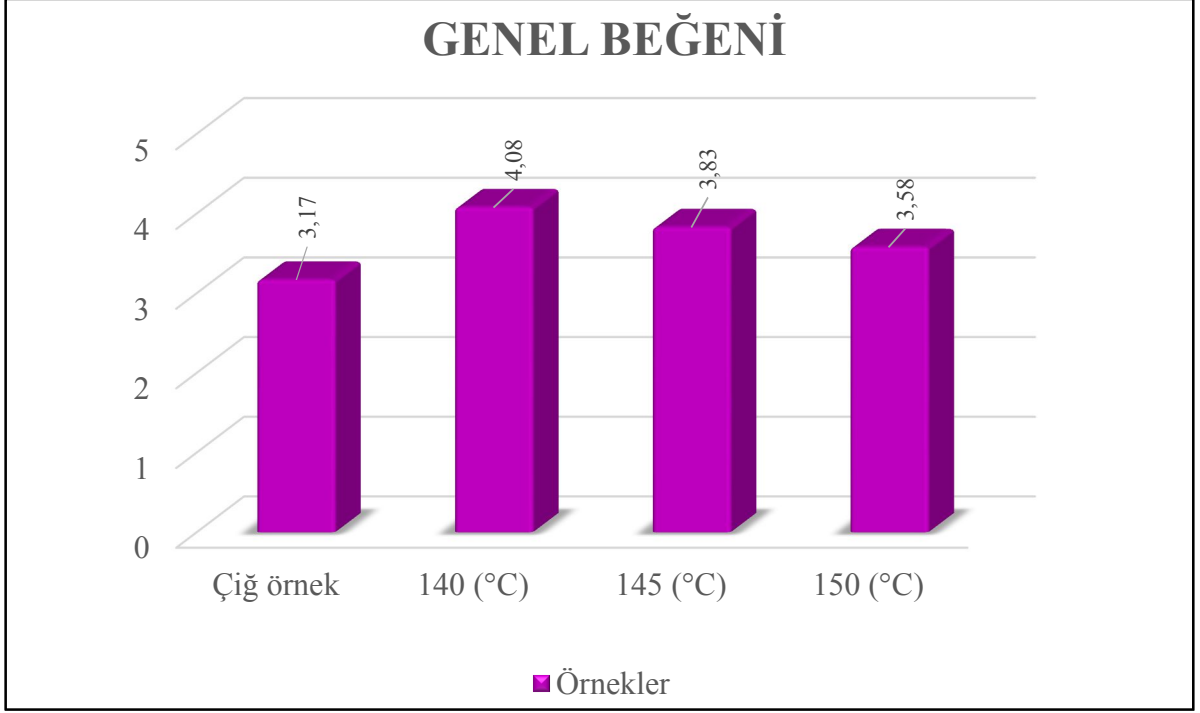
Badem içi örneklerinin renk puanları 1,91-2,91 arasında değişmiş olup tüm örneklerin ortalama renk puanları $2,34 \pm 0,70$ olarak tespit edilmiştir. En düşük renk puanını 150°C 'de kavrulan örnek almıştır. En yüksek renk puanını ise çiğ badem içi almıştır. Badem örneklerinin istatistiksel analizi yapıldığında renk puanlarının değişimi arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Sıcaklık değişimi ile renk parametresinin almış olduğu değerler Şekil 4.33'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 33. Badem içinin sıcaklığa bağlı renk puanlarının değişim grafiği

Badem içinin genel beğeni düzeyi değerlendirildiğinde en yüksek puan $4,08 \pm 0,79$ ile 140°C 'de kavrulan örnek olmuştur. En düşük puan ise $3,17 \pm 0,71$ ile çiğ badem içinde gözlenmiştir. Badem içinin genel beğeni düzeyinde almış olduğu ortalama puan ise $3,67 \pm 1,09$ olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan badem içi örneklerinin genel beğeni düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

İstatistiksel açıdan örnekler arasındaki farklılıklara göre yapılan Duncan testinin sonuçları da minimum ve maksimum puanlar ile beraber Çizelge 4.50'de gösterilmiştir.



Şekil 4.34. Badem içinin sıcaklığa bağlı genel beğeni düzeyi puanlarındaki değişim grafiği

4.7.3. Yer fıstığının duysal analiz sonuçları

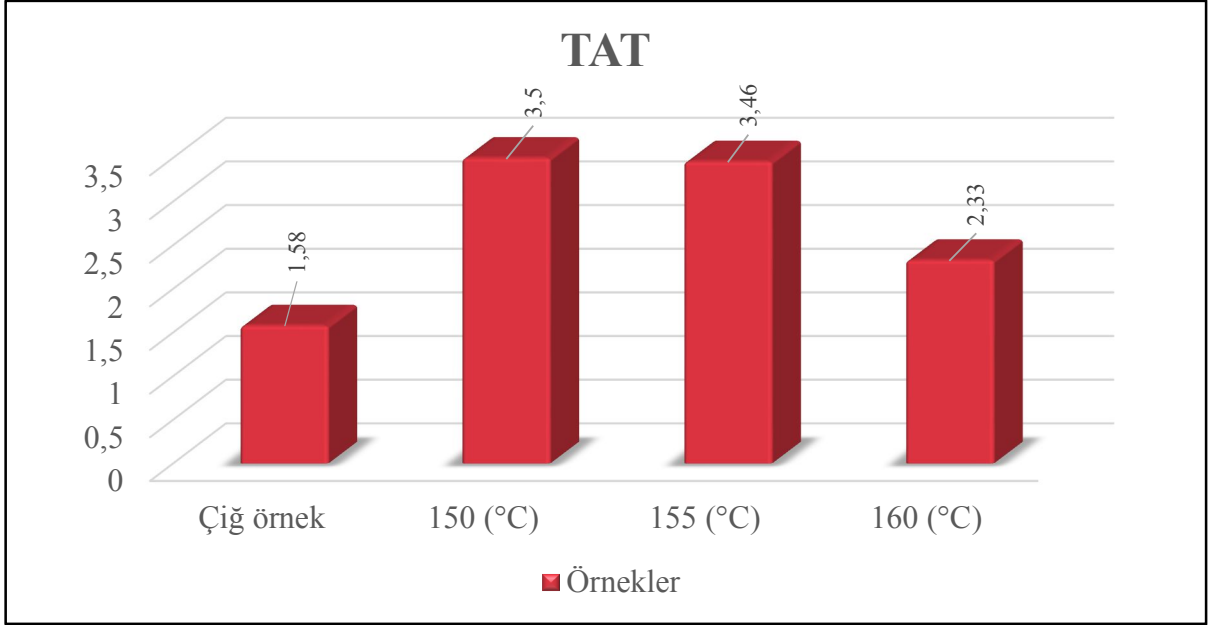
150, 155 ve 160°C’de işlem gören yer fıstığı ile çiğ yer fıstığı EK 3’teki parametrelere göre duysal analize tabi tutulmuştur. Duysal analiz sonucu yer fıstığının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma puanları izelge 4.51’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.51. Yer fıstığının duyusal analiz puanları*

KAVURMA SICAĞI (°C)	TAT (4 Puan Üzerinden)	ÇİTİRLİK (3 Puan Üzerinden)	KOKU (4 Puan Üzerinden)	RENK (3 Puan Üzerinden)	GENEL BEĞENİ (5 Puan Üzerinden)
Çiğ örnek	Min	1	1	1	1
	Maks	3	2	4	5
	Ort	1,58±0,90 ^a	1,75±0,45 ^a	3,08±1,08 ^a	2,58±0,66 ^b
150	Min	2	2	2	3
	Maks	4	3	4	5
	Ort	3,50±0,79 ^c	2,83±0,38 ^{b,c}	3,33±0,88 ^a	2,00±0,85 ^a
155	Min	3	2	2	3
	Maks	4	3	4	5
	Ort	3,45±0,65 ^c	2,92±0,28 ^c	3,42±0,90 ^a	2,54±0,48 ^b
160	Min	1	1	1	1
	Maks	4	3	4	5
	Ort	2,33±1,07 ^b	2,42±0,90 ^b	2,50±1,31 ^a	1,62±0,48 ^a

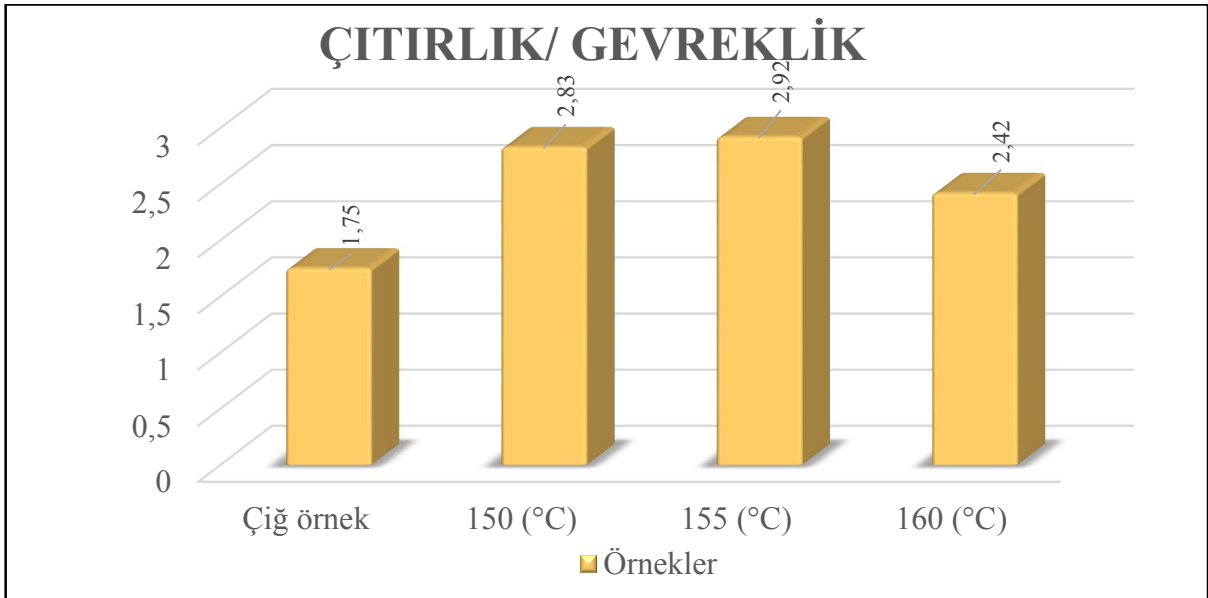
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$); aynı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

Yer fıstığının tat puanları incelendiğinde minimum puan 1,58±0,90 ile çiğ yer fıstığı, maksimum puan 3,50±0,79 ile 150°C’de kavru lan örnek olmuştur. Yer fıstığı örneklerinin almış olduğu ortalama tat puanı 2,71±1,17 olarak tespit edilmiştir. Badem içi örneğinde de olduğu gibi tat olarak ilk kavurma sıcaklığındaki örnekler daha çok puan almıştır. Tat açısından çiğ örnekler en az beğeniye sahip olmuş ve en az puanı almışlardır. Yer fıstığı örneklerinde tat parametrelerinin puanları arasındaki değişiklikler istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Şekil 4.35’de yer fıstığının sıcaklığa bağlı tat puanlarındaki değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 4.35. Yer fıstığında sıcaklığa bağlı tat puanlarının değişim grafiği

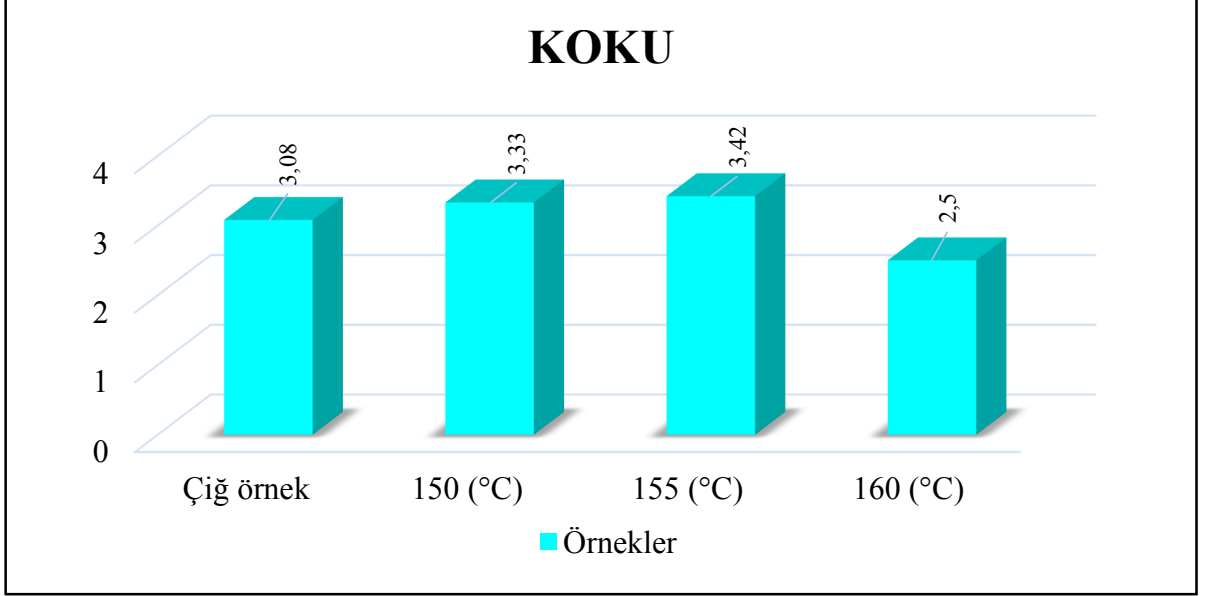
Yer fıstığında çıtırılık puanları incelendiğinde en düşük puan $1,75 \pm 0,45$ ile çiğ örnek, en yüksek puan ise $2,92 \pm 0,28$ ile 155°C 'de kavrulan örnek olarak belirlenmiştir. Ortalama çıtırılık puanı $2,48 \pm 0,71$ olarak belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan yer fıstığının sıcaklığa göre çıtırılık puanları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$). Şekil 4.36'da yer fıstığının çıtırılık puanlarının sıcaklığa bağlı değişimi gösterilmektedir.



Şekil 4.36. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının çıtırılık puanlarındaki değişim grafiği

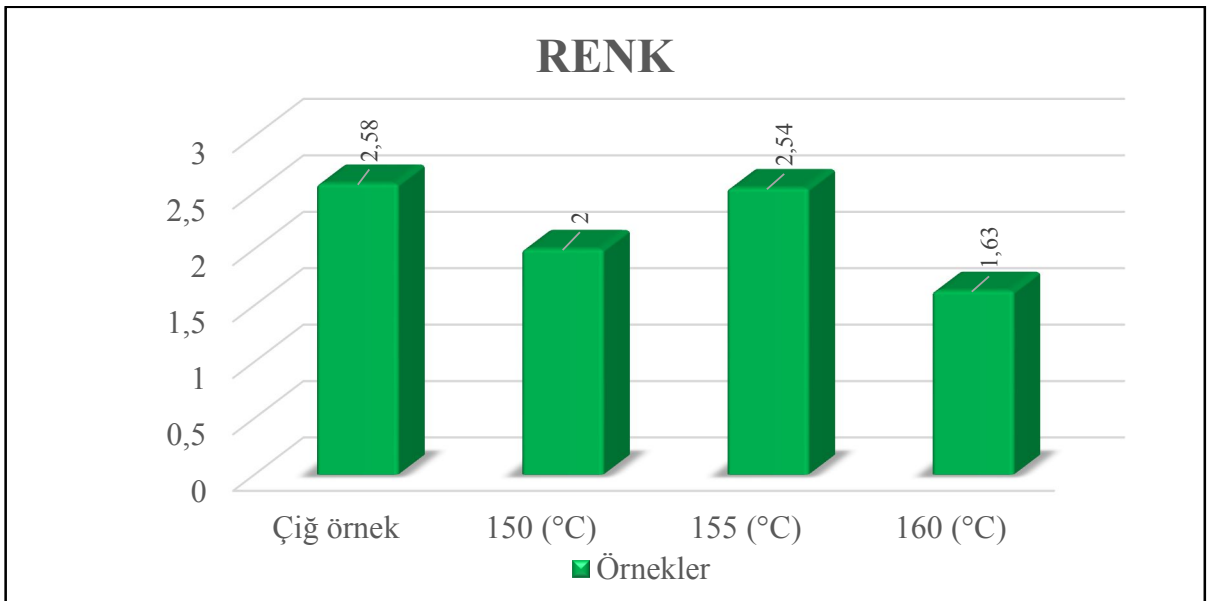
Koku puanları bakımından yer fıstığı değerlendirildiğinde minimum puan $2,5 \pm 1,31$, maksimum puan $3,42 \pm 0,90$ olmuş; tüm örneklerin ortalama koku puanı ise $3,08 \pm 1,08$ olarak

belirlenmiştir. İstatistiksel açıdan örneklerin koku puanları arasındaki değişim önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Şekil 4.37’de ise sıcaklık etkisi ile yer fıstığının koku puanlarındaki değişimi gösteren grafik verilmiştir.



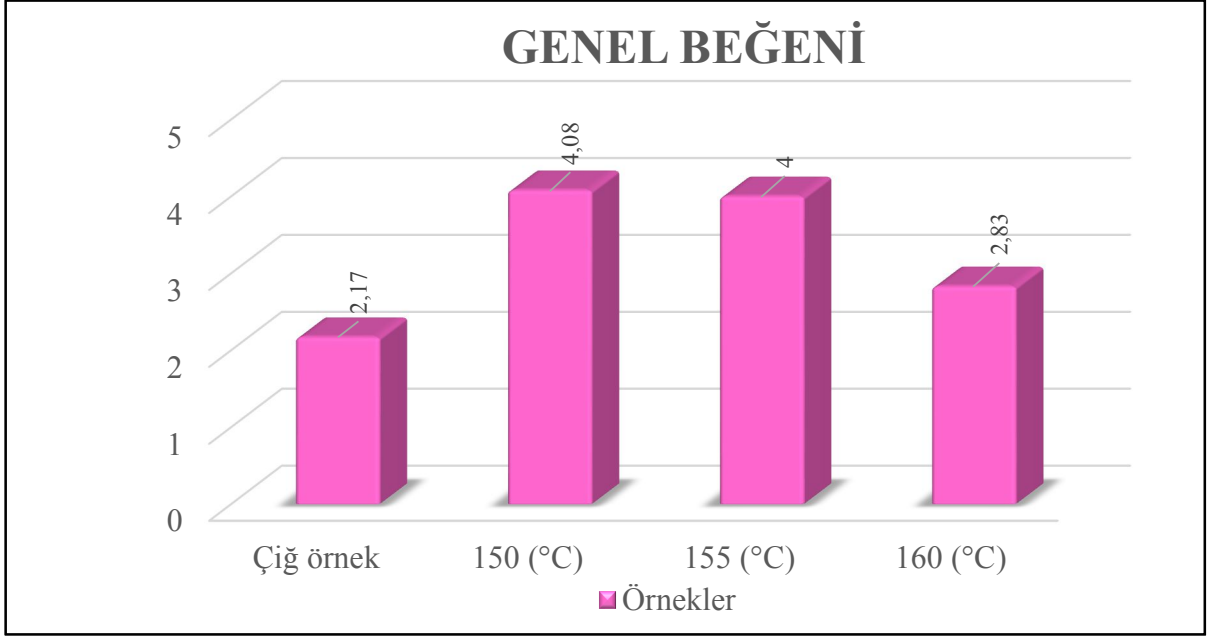
Şekil 4.37. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının koku puanlarındaki değişim grafiği

Yer fıstığının minimum renk puanı $1,62\pm 0,48$ ile 160°C 'de tespit edilirken, maksimum renk puanı ise $2,58\pm 0,66$ ile çiğ yer fıstığında tespit edilmiştir. Yer fıstığının almış olduğu ortalama renk puanının $2,18\pm 0,74$ olduğu gözlenmiştir. İstatistiksel açıdan yer fıstığının renk puanları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,05$). Şekil 4.38’de yer fıstığının sıcaklığa bağlı renk puanları gösterilmiştir.



Şekil 4.38. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının renk puanlarındaki değişim grafiği

Yer fıstığı genel beğeni düzeyinde incelendiğinde en yüksek puan $4,08 \pm 0,79$ ile 150°C 'de kavrulan örnek olmuş, en düşük puan ise $2,17 \pm 1,26$ puan ile çiğ yer fıstığı olmuştur. Yer fıstığının genel beğeni düzeyi puan ortalaması $3,27 \pm 1,28$ olarak bulunmuştur. İstatistiksel açıdan genel beğeni düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0,05$). Şekil 4.39'da sıcaklık değişiminin yer fıstığında genel beğeni düzeyini nasıl etkilediğini belirten grafik verilmiştir.



Şekil 4.39. Sıcaklığa bağlı yer fıstığının genel beğeni puanlarındaki değişim grafiği

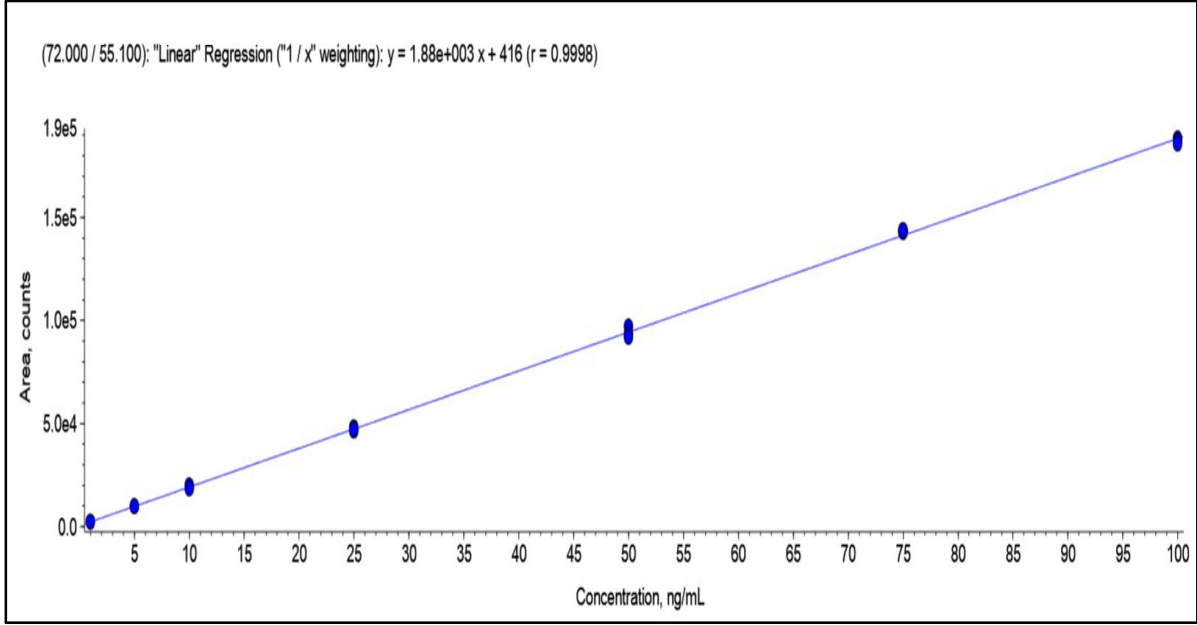
Yer fıstığı örneklerinin her parametresi için almış olduğu puanların istatistiksel analiz sonuçlarına göre yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.51'de verilmiştir.

Genel beğeni düzeyleri her 3 kuruyemiş çeşidinin incelendiğinde en düşük puan çiğ örnekte, en yüksek puan ise ilk kavurma sıcaklığında elde edilmiştir. Kavurma sıcaklığının artması ile kuruyemiş çeşitlerinin beğeni puanları düşüş göstermiştir. Optimum kavurma sıcaklığının dışına çıkılması hem ürünün beğenilme özelliğini olumsuz etkilemiş hem de örneklerde oluşan akrilamid miktarının artmasına neden olduğu gözlenmiştir.

4.8. Kuruyemiş Örneklerinde Akrilamid Sonuçlarının Değerlendirilmesi

UHPLC-MS/MS cihazında örneklerin akrilamid analizi yapılmadan önce cihaza kalibrasyon eğrisi çizdirilmiştir. Bu eğrinin oluşturulabilmesi için 0,1, 5, 10, 25, 50, 75 ve 100 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyonlarında akrilamid standart çözeltileri hazırlanmış ve bu değerlere göre kalibrasyon eğrisi çizdirilmiştir.

Kalibrasyon eğrisinin x ekseninde akrilamid konsantrasyonu (ng/ml), y ekseninde ise akrilamid standart alanı olacak şekilde eğri oluşturulmuştur ($y = 1,88e + 0,03x + 456$, $r = 0,9998$). Şekil 4.40'ta akrilamid analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrisinin grafiği verilmiştir.



Şekil 4.40. Akrilamid standartları ile çizdirilen kalibrasyon eğrisi grafiği

4.8.1. Metodun geri kazanım yüzdeleri

0,05 gram akrilamid standardı 50 ml ultra saf su içerisinde 50 ml'lik falcon tüplerde çözündürülerek 1000 mg/l'lik stok çözelti hazırlanmıştır. Daha sonra 100 µg/l'yi elde etmek için uygun oranlarda seyreltilmiş ve bunun yanı sıra kalibrasyon eğrisinin çiziminde kullanılmak üzere 0,1, 5, 10, 25, 50, 75 ve 100 µg/l aralıklarında değişen standart çözeltiler hazırlanmıştır. Bu noktalarda çizilen kalibrasyon eğrisine göre belirlenen geri kazanım değerleri ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı örneklerinde sırası ile %112,6, %108,2 ve %105 olarak tespit edilmiştir.

4.8.2. Metodun tespit limiti ve ölçüm sınırı değerleri

Metodun tespit limiti (LOD) ve ölçme sınırı (LOQ) değerlerini belirlemek için içerisinde hiç akrilamid bulundurmeyen çiğ ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı örneklerine akrilamid standardı eklenerek kalibrasyon eğrisindeki değişim belirlenmiştir. $LOD=3,3*(s/S)$ ve $LOQ=10*(s/S)$ eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Belirli konsantrasyondaki en düşük konsantrasyon s ile en düşük konsantrasyondaki sinyal/gürültü

oranını ise S ile belirtilmektedir (Ali Omar ve ark. 2015). Buna göre tespit limiti (LOD) 0,33 ng/ml; ölçme sınırı (LOQ) ise 1 ng/ml olarak belirlenmiştir.

4.8.3. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Ayçiçeği çekirdeği örneklerinde akrilamid miktarını tespit etmek için 3 tekerrürlü 2 paralelli çalışılarak analizler yapılmıştır. Herhangi bir şekilde ısıl işleme tabi tutulmayan çiğ örneklerde akrilamide rastlanmamıştır. Yapılan analizler sonucunda akrilamid konsantrasyonları ng/ml olarak belirlenmiştir.

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid sonuçları 27,8-61,5 ng/ml aralığında tespit edilmiş; tüm örneklerin ortalama akrilamid miktarı ise $39,92 \pm 12,94$ olarak belirlenmiştir. En düşük akrilamid içeriğine sahip örnek kavurma sıcaklığı en az (160°C) olan örnek olup bu sıcaklıktaki değerler 27,8-29,2 ng/ml olarak gözlenmiştir. En yüksek akrilamid içeriğine sahip olan örnek ise 170°C 'de 52,8-61,5 ng/ml olarak belirlenmiştir. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid değerleri Çizelge 4.52'de, sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim ise Şekil 4.41'de gösterilmiştir.

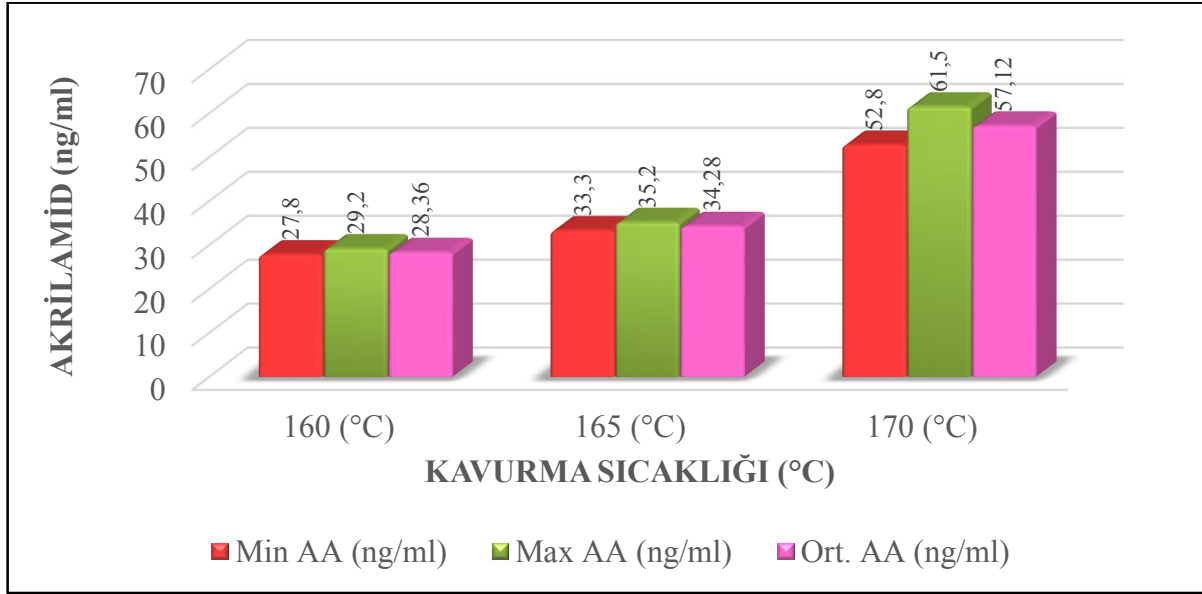
Çizelge 4.52. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Min akrilamid değeri (ng/ml)	Max akrilamid değeri (ng/ml)	Ort. akrilamid değeri (ng/ml)
Çiğ örnek	0	0	$0 \pm 0,0$
160	27,8	29,2	$28,36 \pm 0,55$
165	33,3	35,2	$34,28 \pm 0,74$
170	52,8	61,5	$57,12 \pm 3,9$

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid miktarları istatistiksel olarak analiz edildiğinde tüm örneklerin birbirleri arasındaki farklılığı anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Sıcaklık gruplarının birbirinden farklılığını belirlemek amacıyla yapılan Duncan çoklu karşılaştırma test sonucuna göre elde edilen veriler ise Çizelge 4.53'te gösterilmiştir. Buna göre her grup arasındaki farklılığın $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur.

Karagöz (2009) tarafından yapılan bir derlemede ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid içeriği $66 \mu\text{g}/\text{kg}$ olarak bildirilmiştir. Aynı şekilde Burdurlu ve Karadeniz (2006) de ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid miktarını $66 \mu\text{g}/\text{kg}$ olarak bildirmiştir. Bu sonuç bizim bulduğumuz değerden bir miktar yüksek bulunmuştur. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid miktarını

belirlemeye yönelik çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Kuruyemiş çeşitlerinden badem içi ve yer fıstığında daha çok çalışmaya rastlanmıştır.



Şekil 4.41. Ayçiçeği çekirdeğinin sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid konsantrasyonu ile sıcaklık, % kuru madde, % kül, pH, % protein, % yağ, L* değeri, a* değeri ve b* değerleri arasındaki etkileşimler Pearson korelasyon testinin her iki güven aralığında ($p < 0,05$ ve $p < 0,01$) bakılması ile araştırılmıştır. Ayçiçeği çekirdeğinin tüm parametrelerindeki korelasyonları EK 4'te verilmiştir.

Çizelge 4.53. Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	Akrilamid Değeri (ng/ml) *
Çiğ örnek	0±0,0 ^a
160	28,36±0,55 ^b
165	34,28±0,74 ^c
170	57,12±3,9 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid konsantrasyonları ile sıcaklık arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,970$) saptanmıştır. Ayçiçeği çekirdeğinde kuru madde akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,936 değerinde, 0,01 düzeyinde etkili olmuştur

($p<0,01$). Yani kuru madde değeri yüksek olan örneğin akrilamid konsantrasyonu da yüksek bulunmuştur.

Ayçiçeği çekirdeği örneklerinin akrilamid konsantrasyonu ile % kül konsantrasyonları arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,930$) bulunmuştur. Akrilamid konsantrasyonu ile % protein değerleri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,903$) tespit edilmiştir. Yağ miktarı akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,909 değerinde, 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$).

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid konsantrasyonları ile pH arasında ve akrilamid konsantrasyonları ile L^* değeri arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır ($p>0,05$, $p>0,01$).

Ayçiçeği çekirdeğinin akrilamid konsantrasyonu ile a^* değeri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,966$) saptanmıştır. b^* değeri akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,851 değerinde, 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$).

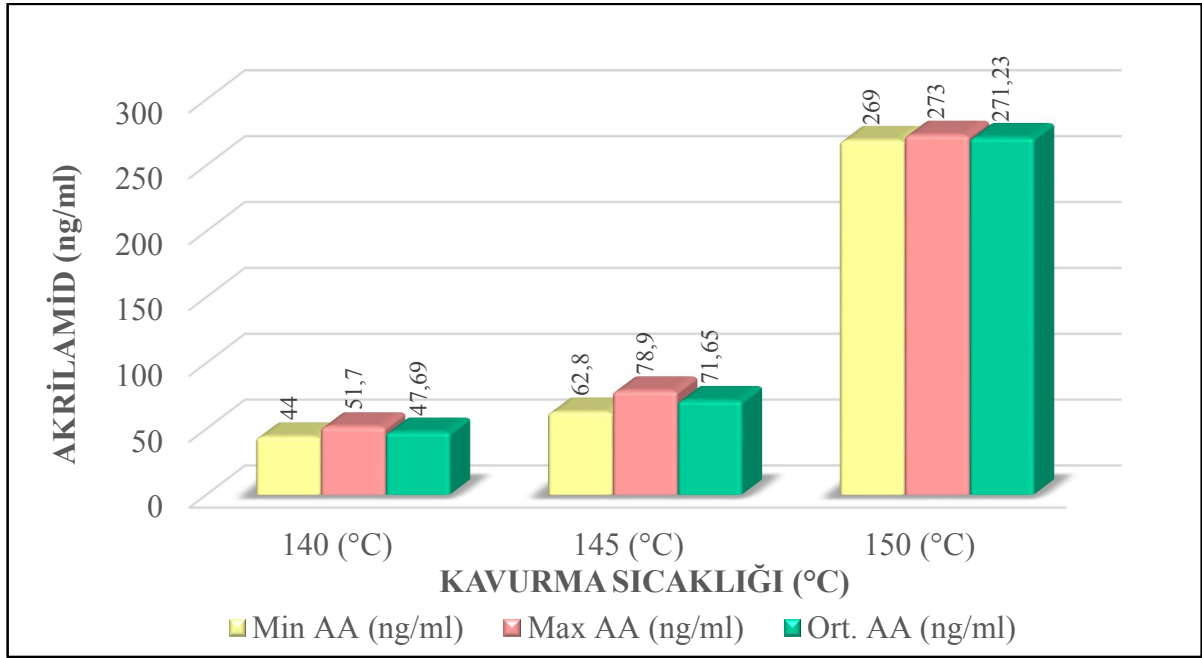
4.8.4. Badem içinin akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Badem içi örnekleri akrilamid miktarları bakımından incelendiğinde en düşük akrilamid içeriğinin 44 ng/ml olarak 140°C’de, en yüksek akrilamid içeriğinin ise en çok kavrulmuş badem içinde 273 ng/ml olarak bulunduğu tespit edilmiştir. Badem içinin ortalama akrilamid konsantrasyonu ise 130,19±103,18 ng/ml olduğu gözlenmiştir. Badem içinin farklı sıcaklık uygulamalarına bağlı akrilamid miktarlarındaki değişim Çizelge 4.54’te verilmiştir.

Çizelge 4.54. Badem içinin akrilamid değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min akrilamid değeri (ng/ml)	Max akrilamid değeri (ng/ml)	Ort. akrilamid değeri (ng/ml)
Çiğ örnek	0	0	0±0,0
140	44	51,7	47,69±2,95
145	62,8	78,9	71,65±6,06
150	269	273	271,23±1,56

Şekil 4.42 incelendiğinde akrilamid miktarının en fazla artış (3,7 kat) gösterdiği sıcaklık 150°C’de olmuştur. 140 ve 145°C’de kavrulmuş badem içi örneklerinin akrilamid miktarlarındaki artışın son sıcaklığa nazaran daha az (1,5 kat) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.42. Badem içinin sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği

Badem içi örneklerinin tümü istatistiksel olarak analiz edildiğinde örnekler arasındaki farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Sıcaklık farklılıklarının etkisini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.55'te gösterilmiştir. Buna göre sıcaklık grupları arasındaki farklılığın $p < 0,05$ düzeyinde önemli olduğu tüm grupların farklı olması ile belirlenmiştir.

Çizelge 4.55. Badem içinin akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	Akrilamid Değeri (ng/ml)*
Çiğ örnek	0±0,0 ^a
140	47,69±2,95 ^b
145	71,65±6,06 ^c
150	271,23±1,56 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$)

Badem içinin akrilamid içeriği Burdurlu ve Karadeniz (2006) tarafından 260 µg/kg, Ölmez ve ark. (2008) tarafından 207-313 µg/kg aralığında ortalama da 260 µg/kg, Anonim (2012) tarafından tuzlu bademde 597-704 µg/kg aralığında ortalama 657 µg/kg, yine Anonim

(2012) tarafından deniz tuzu ile kavrulmuş bademdeki akrilamid içeriği ortalama 622 µg/kg olarak belirtilmiştir.

Amrein ve ark. (2005)'nin yapmış olduğu bir çalışmada çeşitli badem ürünleri olan kavrulmuş badem, badem içerikli fırıncılık ürünleri, çiğ badem ve marzipanda akrilamid aranmıştır. Buna göre kavrulmuş bademdeki akrilamid içeriğinin 443 µg/kg, badem içerikli fırıncılık ürünlerinde 196 µg/kg, çiğ bademe marzipan ilavesi ile ortalama akrilamid içeriğinin 4 µg/kg olduğu bildirilmiştir. Tüm badem içi örneklerinin ortalama akrilamid içeriği ise 250 µg/kg olduğu bildirilmiştir.

Amrein ve ark. (2005) ayrıca badem içi örneklerinde akrilamid oluşumuna sıcaklık ve zaman parametrelerinin etkisini de araştırmışlardır. Buna göre 130°C'de 2,5 dakika kavru lan badem içinde akrilamide rastlanmazken zamanın artması ile 40 dakika sonunda akrilamid içeriğinin 236 µg/kg'a dek ulaştığı bildirilmiştir. Badem içinin akrilamid miktarı 150°C'de 15 dakika kavurma işlemi sonunda 715 µg/kg, aynı sıcaklıkta 25 dakika sonunda 1547 µg/kg, 30 dakika sonunda ise bu değerin 1044 µg/kg olduğu gözlenmiştir. En yüksek kavurma sıcaklığı olarak 180°C'ye çıkılmış; 4. dakikada 1834 µg/kg, 7. dakikada ise 1718 µg/kg olduğu saptanmıştır.

Bizim bulgularımız Burdurlu ve Karadeniz (2006) ile Ölmez ve ark. (2008)'nin bulmuş oldukları değerlere paralellik gösterirken Amrein (2005) ve Anonim (2012)'nin değerlerinden daha düşük tespit edilmiştir. Bu farklılıkların olmasında badem içi örneklerinin yetiştirildiği bölgelere, iklim özelliklerine, bademin cinsine, hasat zamanına, hasat sonrası depolama koşullarına, kavurma koşullarının farklılığına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Badem içinin akrilamid konsantrasyonları ile sıcaklık, % kuru madde, % kül, pH, % protein, % yağ, L* değeri, a* değeri ve b* değeri arasındaki korelasyonlar Pearson korelasyon testi ile her iki seviyede ($p<0,01$, $p<0,05$) araştırılmıştır. Badem içinin tüm parametrelerindeki korelasyonları EK 5'te verilmiştir.

Sıcaklık parametresi akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,905 değerinde 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$). Badem içinin akrilamid konsantrasyonu ile % kuru madde miktarları arasında anlamlı bir korelasyon bulunmuştur ($p<0,01$, $r= 0,742$). % Kül miktarı akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,850 değerinde 0,01 seviyesinde etkili olmuştur ($p<0,01$). Akrilamid konsantrasyonları ile % protein miktarları arasında anlamlı bir korelasyon tespit edilmiştir ($p<0,01$, $r=0,835$). % Yağ miktarı akrilamid oluşumunda pozitif yönde 0,706 değerinde 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$).

Badem içi örneklerinde pH akrilamid konsantrasyonu üzerinde negatif yönde korelasyonla 0,757 değerinde 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$). Badem içi,

örneklerinin akrilamid konsantrasyonu ile L* değeri arasında negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,757$) bulunmuştur. Akrilamid konsantrasyonu ile a* değeri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r=0,534$) saptanmıştır. Badem içinin b* değeri ile akrilamid konsantrasyonu arasında negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,792$) bulunmuştur.

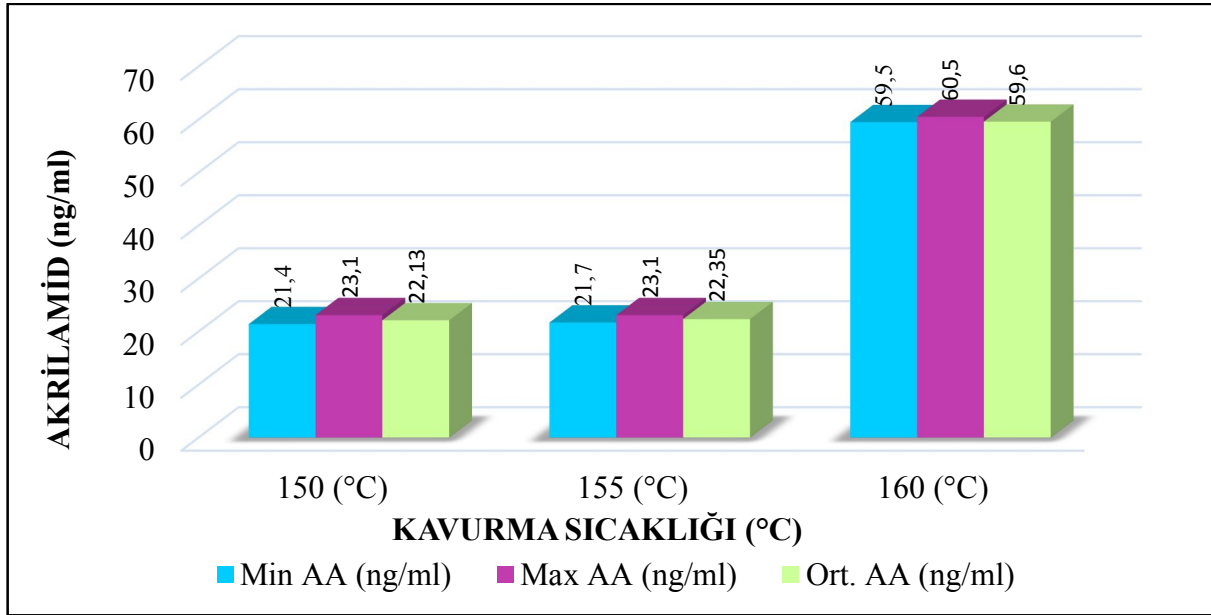
4.8.5. Yer fıstığının akrilamid analizi sonuçlarının değerlendirilmesi

Yer fıstığı örnekleri akrilamid içeriği bakımından değerlendirildiğinde en düşük miktar 21,4 ng/ml ile 150°C’de kavrulan örnekte, en yüksek miktar ise 60,5 ng/ml ile 160°C’de kavrulan örnek olmuştur. Tüm yer fıstığı örneklerinin ortalama akrilamid konsantrasyonu ise 34,69±18,14 olarak tespit edilmiştir. Yer fıstığı örneklerinin tümündeki akrilamid değişim aralıkları Çizelge 4.56’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.56. Yer fıstığının akrilamid değerleri (n=6)

Kavurma sıcaklığı (°C)	Min akrilamid değeri (ng/ml)	Max akrilamid değeri (ng/ml)	Ort. akrilamid değeri (ng/ml)
Çiğ örnek	0	0	0±0,0
150	21,4	23,1	22,13±0,73
155	21,7	23,1	22,35±0,88
160	59,5	60,5	59,6±0,84

Şekil 4.43’te görüldüğü gibi ilk 2 kavurma sıcaklığındaki örneklerin akrilamid konsantrasyonları birbirine oldukça yakın değerler olarak tespit edilmiştir. Fakat son kavurma sıcaklığı olan 160°C’deki akrilamid konsantrasyonundaki artışın daha belirgin olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.43. Yer fıstığının sıcaklığa bağlı akrilamid miktarındaki değişim grafiği

Yer fıstığı örneklerinin akrilamid miktarındaki değişimler istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde tüm örnekler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Farklı sıcaklık gruplarının akrilamid konsantrasyonuna etkisini belirlemek amacıyla yapılan Duncan testinin sonuçları da Çizelge 4.57’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.57. Yer fıstığının akrilamid değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Kavurma sıcaklığı (°C)	Akrilamid Değeri (ng/ml)*
Çiğ örnek	0±0,0 ^a
150	22,13±0,73 ^b
155	22,35±0,88 ^b
160	59,6±0,84 ^c

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$); farklı harfler ise önemsizdir ($p>0,05$)

Duncan testinin sonuçlarına göre 150 ve 155°C’de kavru lan örnekler arasındaki fark önemsiz iken ($p>0,05$), 150 ve 160°C ile 155 ve 160°C’de kavru lan örnekler arasındaki fark ise önemli ($p<0,05$) olarak tespit edilmiştir.

Yer fıstığının akrilamid içeriği Ölmez ve ark. (2008) tarafından 66 µg/kg, Anonim (2012) tarafından tuzlu yer fıstığı örneklerinde 31 µg/kg, üç farklı firmadan temin edilen yer

fıstığı ezmesi örneklerinde sırası ile 122, 99, 85 µg/kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir. Ayrıca Cressey ve ark. (2012) tarafından yer fıstığındaki akrilamid miktarları 9-84 µg/kg aralığında değişirken ortalama 42 µg/kg olarak bulunduğu bildirilmiştir. Bulduğumuz değerler yer fıstığı ezmesi örneklerinden düşük, Cressey ve ark. (2012)'na göre de yakın değerlerde tespit edilmiştir.

Yer fıstığı örneklerinin akrilamid konsantrasyonları ile sıcaklık, % kuru madde, % kül, pH, % protein, % yağ, L* değeri, a* değeri ve b* değeri arasındaki korelasyonlar Pearson korelasyon testi ile her iki seviyede ($p<0,01$, $p<0,05$) araştırılmıştır. Yer fıstığının tüm parametrelerindeki korelasyonları EK 6'da verilmiştir.

Yer fıstığında akrilamid konsantrasyonu ile sıcaklık arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,934$) saptanmıştır. Akrilamid oluşumu için kuru madde pozitif yönde 0,712 değerinde 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$). Akrilamid konsantrasyonu ile % kül miktarları arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p< 0,01$, $r= 0,800$) bulunmuştur. Yer fıstığının akrilamid konsantrasyonları ile % protein değerleri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r=0,805$) tespit edilmiştir. Yer fıstığının akrilamid konsantrasyonları ile % yağ miktarları arasında anlamlı bir korelasyon ($p<0,05$, $r= 0,905$) saptanmıştır.

Yer fıstığının pH değerleri ile akrilamid konsantrasyonları arasında negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,827$) bulunmuştur. Yani örneklerden pH değeri yüksek olanın akrilamid konsantrasyonu düşük olmaktadır. Yer fıstığının L* değeri ile akrilamid konsantrasyonu ile arasında negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,810$) saptanmıştır. a* değeri akrilamid oluşumu için pozitif yönde 0,800 değerinde 0,01 düzeyinde etkili olmuştur ($p<0,01$). Akrilamid konsantrasyonu ile b* değeri arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,527$) saptanmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında sıklıkla tüketilen kuruyemiş çeşitleri arasından ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı seçilerek 3 farklı kavurma sıcaklığı uygulanmış ve bu sıcaklık değişimlerinin kuruyemiş örneklerindeki besin bileşenlerini, renklerini, duyuşal özelliklerini ve bilhassa akrilamid oluşum miktarlarını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Kuruyemiş çeşitlerinde akrilamid analizi için uygulanan yöntemin geri kazanım değerleri ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığında sırası ile %112,6, %108,2 ve %105 olarak, tespit limiti (LOD) 0,33 ng/ml, ölçme sınırı (LOQ) ise 1 ng/ml olarak belirlenmiştir. Uyguladığımız yöntemde yağ oranı yüksek gıdalardan yağı uzaklaştıracak bir ekstraksiyon aşaması olup ekstrakttan yağ fazı rahatça ayrılmıştır. Ayrıca QuEChERS kitlerine gerek duyulmadan katı faz ekstraksiyonu yapıp UHPLC- MS/MS cihazında okumaya hazır hale getirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda kuruyemiş çeşitlerinin % kuru madde içerikleri incelendiğinde elde edilen veriler sırası ile ayçiçeği çekirdeğinde %95,15-99,36 (ortalama % 97,89±1,63), badem içinde %95,97-98,25 (ortalama %97,40±0,85), yer fıstığında ise %91,27-99,25 (ortalama %97,16±3,45) olarak belirlenmiştir. Her 3 kuruyemiş çeşidinin kuru maddelerindeki değişimleri istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Kuruyemiş çeşitlerinin % kül miktarları incelendiğinde ayçiçeği çekirdeğinin %3,4631-3,7544 (ortalama %3,6150±0,93), badem içinin %2,8997-3,0995 (ortalama %3,0102±0,063), yer fıstığının ise %1,9528-2,3548 (ortalama %2,2026±0,12) aralıklarında yer aldığı belirlenmiştir. Kül miktarlarının değişimleri istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

pH değerlerinin kuruyemiş çeşitlerindeki değişim aralıkları ayçiçeği çekirdeğinde 5,11-6,13 (ortalama 5,84±0,23), badem içinde 5,65-6,20 (ortalama 5,88±0,16), yer fıstığında ise 6,10-6,53 (ortalama 6,32±0,12) olarak saptanmıştır. Kuruyemiş örneklerinin pH değerlerindeki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

% Protein miktarları kuruyemiş çeşitlerinde değerlendirildiğinde ise ayçiçeği çekirdeğinde %10,924-22,6 (ortalama %19,02±4,81), badem içinde %19,89-20,6 (ortalama %20,29±0,23), yer fıstığında ise %23,48-25,75 (ortalama %24,93±0,90) olarak belirlenmiştir. İstatistiksel olarak kuruyemiş örneklerinin % protein değişimleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

Kuruyemiş örneklerinin % yağ miktarları incelendiğinde ayçiçeği çekirdeğinde %40,61-48,576 (ortalama %45,44±3,31), badem içinde %38,85-45,07 (ortalama

%41,52±4,04), yer fıstığında ise %43,83-47,47 (ortalama %45,84±1,36) aralıklarında tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan % yağ miktarlarının değişimi önemli bulunmuştur (p<0,05).

L* değerleri kuruyemiş çeşitlerinde incelendiği zaman ayçiçeği çekirdeğinde 52,19-58,51 (ortalama 55,62±2,62), badem içinde 35,58-37,79 (ortalama 36,48±0,90), yer fıstığında ise 52,7-62,31 (ortalama 56±3,75) değerleri arasında saptanmıştır. L* değerlerinin değişimi istatistiksel açıdan tüm kuruyemiş örneklerinde anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

a* değerlerinin değişim aralıkları ayçiçeği çekirdeğinde -0,041- 3,39 (ortalama 1,53±1,29), badem içinde 10,19-11,22 (ortalama 10,88±0,34), yer fıstığında ise -0,47- 7,18 (ortalama 4,67±2,88) olarak bulunmuştur. a* değerlerinin farklılıkları istatistiksel açıdan tüm kuruyemiş çeşitlerinde anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Kuruyemiş çeşitlerinde b* değerleri ayçiçeği çekirdeğinde 9,45-15,44 (ortalama 13,81±2,50), badem içinde 15,03-16,41 (ortalama 15,57±0,51), yer fıstığında 21-22,47 (ortalama 21,9±0,54) olarak tespit edilmiştir. b* değerleri arasındaki değişimler tüm kuruyemiş çeşitlerinde istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (p<0,05).

Kuruyemiş çeşitlerinin duyu analizleri değerlendirildiğinde tat puanlarının değişim aralıkları ayçiçeği çekirdeğinde 1,50-3,50 (ortalama 2,92±1,15), badem içinde 1,66-3,37 (ortalama 2,92±1,15), yer fıstığında 1,58-3,50 (ortalama 2,71±1,17) olarak saptanmıştır. Tat puanlarının değişimi tüm kuruyemiş çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Tat bakımından tüm kuruyemiş örnekleri ilk kavurma sıcaklıklarında daha çok beğenilmiştir.

Çıtırılık puanlarının aldığı puanlar ayçiçeği çekirdeğinde 1,88-2,58 (ortalama 2,25±0,73), badem içinde 2,04-2,62 (ortalama 2,37±0,74), yer fıstığında ise 1,75-2,92 (ortalama 2,48±0,71) olarak tespit edilmiştir. İstatistiksel açıdan çıtırılık puanlarının değişimleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir (p<0,05).

Kuruyemiş örneklerinin koku puanları incelendiğinde ayçiçeği çekirdeği 2,75-3,42 (ortalama 3,12±0,91), badem içi 3,04-3,33 (ortalama 3,19±0,84), yer fıstığı ise 2,5-3,33 (ortalama 3,08±1,08) aralıklarında puanlar almıştır. Koku puanlarının değişimleri tüm kuruyemiş çeşitlerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Renk puanları kuruyemiş çeşitlerinde şu aralıklarda değişim göstermiştir: Ayçiçeği çekirdeğinde 2,82-1,63 (ortalama 2,21±0,72), badem içinde 1,91-2,91 (ortalama 2,34±0,70), yer fıstığında ise 1,63-2,58 (ortalama 2,18±0,74)'dir. İstatistiksel açıdan renk puanlarının değişimleri tüm kuruyemiş örneklerinde önemli tespit edilmiştir (p<0,05).

Genel beğeni düzeylerinde kuruyemiş örnekleri incelendiğinde ayçiçek çekirdeği 2,92-4,17 (ortalama 3,67±1,11), badem içi 3,17-4,08 (ortalama 3,67±1,09), yer fıstığı ise 2,17-4,08

(ortalama $3,27 \pm 1,28$) aralığında puan aldıkları gözlenmiştir. Yine tüm kuruyemiş çeşitlerinin genel beğeni düzeyleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

Akrilamid içeriği bakımından tüm kuruyemiş örneklerinin miktarlarındaki değişimler ise 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 $21,4-60,5$ (ortalama $34,69 \pm 18,14$) ng/ml olarak tespit edilmiştir. Tüm kuruyemiş çeşitlerinin akrilamid miktarları arasındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Badem içinin akrilamid miktarının diğer örneklerle nazaran daha yüksek bulunması içeriğindeki indirgen şeker oranının daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir.

Akrilamid oluşumu ile yukarıda bahsedilen parametreler arasında Pearson korelasyon testi uygulanmış ve her iki güven aralığında da etkileşimler araştırılmıştır ($p < 0,01$ ve $p < 0,05$). Buna göre sıcaklık ile akrilamid konsantrasyonlarının etkileşimleri; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,970$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,905$), yer fıstığında da pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,934$) tespit edilmiştir.

Kuru madde ile akrilamid konsantrasyonu etkileşimleri; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,936$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,702$), yer fıstığında da pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,712$) bulunmuştur.

Kül miktarları ile akrilamid konsantrasyonları arasında; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,930$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,850$), yer fıstığında da pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,800$) saptanmıştır.

pH değerleri ile akrilamid konsantrasyonu arasında; ayçiçeği çekirdeğinde korelasyon olmadığı ($p > 0,05$), badem içinde negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = -0,795$), yer fıstığında da negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = -0,827$) gözlenmiştir.

Protein miktarları ile akrilamid konsantrasyonları arasında; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,903$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,835$), yer fıstığında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,805$) tespit edilmiştir.

Yağ miktarları ile akrilamid konsantrasyonları arasında; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p < 0,01$, $r = 0,909$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir

korelasyon ($p<0,01$, $r=0,706$) ve yer fıstığında ise negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,827$) gözlenmiştir.

L* değeri ile akrilamid konsantrasyonu arasında; ayçiçeği çekirdeğinde korelasyona rastlanmamışken ($p>0,05$) badem içinde negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,757$), yer fıstığında da negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,810$) belirlenmiştir.

a* değeri ile akrilamid konsantrasyonu arasında; ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,966$), badem içinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,534$), yer fıstığında da pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,800$) gözlenmiştir.

b* değeri ile akrilamid konsantrasyonu arasında ayçiçeği çekirdeğinde pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,851$), badem içinde negatif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= -0,792$), yer fıstığında ise pozitif yönde anlamlı bir korelasyon ($p<0,01$, $r= 0,527$) bulunmuştur.

Akrilamid analizine göre elde edilen veriler incelendiğinde sıcaklık artışına paralel olarak akrilamid miktarının da arttığı gözlenmiştir. Akrilamid oluşumunu minimize etmek için çok yüksek kavurma sıcaklıklarından kaçınılmalıdır. Çiğ kuruyemiş örneklerinde akrilamide rastlanmadığı yapılan analizler ile doğrulanmış olup badem içi ve fındık içi gibi çiğ tüketilebilecek kuruyemiş çeşitleri çiğ olarak tüketilebilir. Ayrıca akrilamid oluşumunu azaltmak için kimyasal güvenilirliği kanıtlanmış tuzlar da kullanılarak kavurma denemelerinin yapılmasına yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç vardır, bu tuzların minimum konsantrasyonda etkili olanları tercih edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Açar ÖÇ (2010). Bisküvi Benzeri Ürünlerde Pişirme Sırasında Termal Proses Kontaminantlarının Oluşumunun İncelenmesi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ahrné L, Andersson CG, Floberg P, Rosén J, Lingnert H (2007). Effect of Crust Temperature and Water Content on Acrylamide Formation During Baking of White Bread: Steam and Falling Temperature Baking. LWT, 40: 1708-1715.
- Ali Omar MM, Elbasir AA, Schmitz OJ (2015). Determination of Acrylamide in Sudanese Food by High Performance Liquid Chromatography Coupled with LTQ Orbitrap Mass Spectrometry. Food Chemistry, 176: 342-349.
- Alpözen E (2012). İzmir Gevreğinde Akrilamid Düzeylerinin Belirlenmesi ve Pişirme Koşullarının Akrilamid Oluşumu Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Altuğ Onoğur T, Elmacı Y (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. 2. Baskı Sidas Medya Ltd. Şti., 134s, İzmir.
- Amrein TM, Andres L, Schönbacher B, Conde-Petit B, Escher F, Amadò R (2005). Acrylamide in Almond Products. Eur Food Res Technol, 221: 14-18.
- Anese M, Nicoli MC, Verardo G, Munari M, Mirolo G, Bortolomeazzi R (2014). Effect of Vacuum Roasting on Acrylamide Formation and Reduction in Coffee Beans. Food Chemistry, 145: 168-172.
- Anonim (2012). Health Canada's Revised Exposure Assessment of Acrylamide in Food. August 2012. http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/pdf/securit/chem-chim/food-aliment/acrylamide/rev-eval-exposure-exposition-eng.pdf. Erişim Tarihi: 05.12.2014
- Anonim (2013a). T.C. Sağlık Bakanlığı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/03/20130307-7.htm>. Erişim Tarihi: 26.03.2015
- Anonim (2013b). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Türk Gıda Kodeksi Gıda ile Temas Eden Plastik Madde ve Malzemeler Tebliği, Tebliğ No: 2013/34. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130717-5.htm>. Erişim Tarihi: 26.03.2015
- Anonim (2015a). Acrylamide. <http://www.food.gov.uk/science/acrylamide>. Erişim Tarihi: 29.01.2015
- Anonim (2015b). Ayçiçeği Tohumu, Çerezlik, Alaca, Kavrulmuş. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/167>. (Erişim Tarihi: 20.04.2015)

- Anonim (2015c). Badem, İç, Kavrulmuş. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/387>. Erişim Tarihi: 20.04.2015
- Anonim (2015d). Yer Fıstığı, Kuru. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı. <http://www.turkomp.gov.tr/food/161>. Erişim Tarihi: 20.04.2015
- Anonim (2015e). Ayçiçek Yağı Üretim Teknolojisi ile Üretim ve Tüketim Miktarları. <http://www.aycicekyagi.net/aycicek-yagi-uretimi/aycic%D0%B5k-yagi-uretim-teknolojisi-ile-uret%D1%96m-ve-tuket%D1%96m-miktarlari.html>. Erişim Tarihi: 19.05.2015
- Ao L, 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: 1-8.
- Arıcı M, Gümüş T, Şimşek O (2003). Hazır Salataların Hijyenik Durumu. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 28 (6): 571-577.
- Ayaz A (2008). Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri. Sağlık Bakanlığı Yayınları No. 727, Klasmat Matbaacılık, 27s Ankara.
- Bartkiene E, Jacobsone I, Pugajeva I, Bartkevicks V, Vidmantiene D, Juodeikiene G (2015). Influence of Addition of Helianthus tuberosus L. Fermented with Different Lactobacilli on Acrylamide Content in Biscuits. *International Journal of Food Science and Technology*, 50: 431-439.
- Bassama J, Brat p, Bohuon P, Hocine B, Boulanger R, Günata Z (2011). Acrylamide Kinetic in Plantain During Heating Process: Precursors and Effect of Water Activity. *Food Research International*, 44: 1452-1458.
- Becalski A, Stadler R, Hawyard S, Kotello S, Krakalovich T, Lau BP-Y, Roscoe V, Schroeder S, Trelka R (2010). Antioxidant Capacity of Potato Chips and Snapshot Trends in Acrylamide Content in Potato Chips and Cereals on the Canadian Market. *Food Additives and Contaminants*, 27 (9): 1193-1198.
- Besarantinia A, Pfeifer GP (2007). A Review of Mechanisms of Acrylamide Carcinogenicity. *Carcinogenesis*, 28 (3): 519-528.
- Blank I, Robert F, Goldmann T, Pollien P, Varga N, Devaud S, Saucy F, Huynh- Ba T, Stadler RH (2005). Mechanisms of Acrylamide Formation. *Adv. Exp. Med. Biolog.* 561: 171-179.
- Boyacı Gündüz CP, Cengiz MF (2015). Acrylamide Contents of Commonly Consumed Bread Types in Turkey. *International Journal of Food Properties*, 18 (4): 833-841.
- Burdurlu HS, Karadeniz F (2006). Gıdalarda Akrilamid Oluşumu ve Önemi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 23- 24, Bolu.

- Capuano E, Ferrigno A, Acampa I, Serpen A, Açar ÖÇ, Gökmen V, Fogliano V (2009). Effect of Flour Type on Maillard Reaction and Acrylamide Formation During Toasting of Bread Crisp Model Systems and Mitigation Strategies. *Food Research International*, 42: 1295-1302.
- Chen YH, Xia EQ, Xu XR, Ling WH, Li S, Wu S, Deng GF, Zou ZF, Zhou J, Li HB (2012). Evaluation of Acrylamide in Food from China by LC/MS/MS Method. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9: 4150-4158.
- Claeys LW, Vleeschouwer KD, Hendrickx ME (2005). Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends in Food Science & Technology*, 16: 181-193.
- Claus A, Carle R, Schieber A (2008). Acrylamide in Cereal Products: A review. *Journal of Science*, 47: 118-133.
- Cressey P, Thomson B, Ashworth M, Grounds P, McGill E (2012). Acrylamide in New Zealand Food and Updated Exposure Assessment. Ministry of Agriculture and Forestry (MAF), Bureau Wellington.
- Çetinkaya Açar Ö, Pollio M, Monaco RD, Fogliano V, Gökmen V (2012). Effect of Calcium on Acrylamide Level and Sensory Properties of Cookies. *Food Bioprocess Technol* 5: 519-526.
- Day S (2011). Ankara Koşullarında Yerli Ve Hibrit Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus Annuus L.*) Genotiplerinde Farklı Sıra Üzeri Aralıkları Ve Azot Dozlarının Verim Ve Verim Ögelerine Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.
- De Oliveria Sousa AG, Fernandes DC, Alves AM, De Freitas, Naves Veloso AM (2011). Nutritional Quality and Protein Value of Exotic Almonds and Nut from the Brazilian Savanna Compared to Peanut. *Food Research International*, 44: 2319-2325.
- De Vleeschouwer K, Der Plancken IV, Loey V, Hendrickx ME (2008). The Kinetics of Acrylamide Formation/Elimination in Asparagine- Glucose Systems at Different Initial Reactant Concentrations and Ratios. *Food Chemistry*, 111: 719-729.
- Delgado RM, Bárcenas GL, Villa GA, Azuara E, Peréa PL, Salazar R (2014). Effect of Water Activity in Tortilla and Its Relationship on the Acrylamide Content After Frying. *Journal of Food Engineering*, 143: 1-7.
- Demirci M (2010). Gıda Kimyası. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No. 40, 291s Tekirdağ.
- Elgün A, Certel M, Ergutay Z, Kotancılar HG (2002). Tahıl ve Tahıl Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, 245s Erzurum.

- Ergen Y, Sağlam C (2005). Bazı Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus Annus L.*) Çeşitlerinin Tekirdağ Koşullarında Verim ve Verim Unsurları. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (3): 221-227.
- FAO/WHO (2010). Safety Evaluation of Certain Contaminants in Food. Seventy Second Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), WHO Food Additives Series 63, FAO JECFA Monographs 8, Roma, İtalya.
- Geng Z, Jiang R, Chen M (2008). Determination of Acrylamide in Starch- Based Foods by Ion- Exclusion Liquid Chromatography. Journal of Food Composition and Analysis, 21: 178-182.
- Girma KB, Lorenz V, Blaurock S, Edelmann TF (2005). Coordination Chemistry of Acrylamide. Coordination Chemistry Reviews, 249: 1283-1293.
- Gökmen V, Palazoğlu TK, Şenyuva HZ (2006). Relation Between the Acrylamide Formation and Time- Temperature History of Surface and Core Regions of French Fries. Journal of Food Engineering, 77: 972-976.
- Gökmen V, Şenyuva HZ (2007a). Effects of Some Cations on the Formation of Acrylamide and Furfurals in Glucose- Asparagine Model System. Eur Food Technol, 225: 825-820.
- Gökmen V, Şenyuva HZ (2007b). Acrylamide Formation is Prevented by Divalent Cations During the Maillard Reaction. Food Chemistry, 103: 196-203.
- Granvogl M, Schieberle P (2007). Quantification of 3-Aminopropionamide in Cocoa, Coffee and Cereal Products. Eur Food Res Technol, 225: 857-863.
- Guth S, Habermeyer M, Baum M, Steinberg P, Lampen A, Eisenbrand G (2013). Thermally Induced Process-Related Contaminants: The Example of Acrolein and the Comparison With Acrylamide. Mol. Nut. Food Res. 57: 2269-2282.
- Gül Akıllıoğlu H, Gökmen V (2014). Mitigation of Acrylamide and Hydroxymethyl Furfural in Instant Coffee by Yeast Fermentation. Food Research International, 61: 252-256.
- Gülsoy E, Balta F (2014). Aydın İli Yenipazar; Bozdoğan ve Karacasu İlçelerinden Selekte Edilen Badem (*Prunus amygdalus Batch*) Genotiplerinin Protein, Yağ ve Yağ Asidi Bileşimlerinin Belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1): 9-14.
- Hogervorst JGF, Schouten LJ, Konings EJM, Goldbohm RA, Van Den Brant PA (2009). Lung Cancer Risk in Relation to Dietary Acrylamide Intake. J Natl Cancer Inst, 101: 651-662.
- IARC (1985). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Some Chemicals Used in plastic and Elastomers, Lyon, France, 39: 41-66.

- IARC (1994). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Some Industrial Chemicals, Lyon, France, 60: 389-433.
- Karagöz A (2009). Akrilamid ve Gıdalarda Bulunuşu. TAF Preventive Medicine Bulletin, 8 (2): 187-192.
- Karasek L, Wenzl T, Anklam E (2009). Determination of Acrylamide in Roasted Chestnuts and Chestnut- Based Foods by Isotope Dilution HPLC-MS/MS. Food Chemistry, 114: 1555-1558.
- Katar D, Bayramin S, Kayaçetin F, Arslan Y (2012). Ankara Ekolojik Koşullarında Farklı Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Çeşitlerinin Verim Performanslarının Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 27 (3): 140-143.
- Kim TH, Shin S, Kim KB, Seo WS, Shin JC, Choi JH, Weon KY, Joo SH, Jeong SW, Shin BS (2015). Determination of Acrylamide and Glycidamide in Various Biological Matrices by Liquid Chromatography- Tandem Mass Spectrometry and Its Application to a Pharmacokinetic Study. Talanta, 131: 46-54.
- Kotsiou K, Margari MT, Fiore A, Gökmen V, Fogliano V (2013). Acrylamide Formation and Colour Development in Low- Fat Baked Potato Products as Influenced by Baking Conditions and Oil Type. Eur Food Technol, 236: 843-851.
- Li D, Chen Y, Zhang Y, Lu B, Jin C, Wu X, Zhang Y (2012). Study on Mitigation of Acrylamide Formation in Cookies by 5 Antioxidants. Journal of Food Science, 77 (11): 1144-1149.
- Loaëc G, Léridon CN, Henry N, Jacolot P, Volpoet G, Goudemand E, Janssens M, Hance P, Cadalen T, Hilbert JL, Desprez B, Tessier F (2014). Effects of Variety, Agronomic Factors, and Drying on the Amount of Free Asparagine and Crude Protein in Chicory. Correlation with the Acrylamide Formation During Roasting. Food Research International, 63: 299-305.
- LoPachin RM, Gavin T (2012). Molecular Mechanism of Acrylamide Neurotoxicity: Lessons Learned from Organic Chemistry. Environmental Health Perspectives, 120: 1650-1657.
- Macit S, Şanlıer N (2014). Palm Yağı ve Sağlık. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 2 (1): 13-20.
- Mastovska K, Lehotay SJ (2006). Rapid Sample Preparation Method LC-MS/MS or GC-MS Analysis of Acrylamide in Various Food Matrices. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 7001-7008.
- Mestdagh F, Wilde TD, Fraselle S, Goavert Y, Ooghe W, Degroodt JM, Verhé R, Peteghem CV, Meulenaer BD (2008). Optimization of the Blanching Process to Reduce Acrylamide in Fried Potatoes. LWT- Food Science and Technology, 41: 1648-1654.

- Mucci LA, Dickman PW, Steineck G, Adami HO, Augustsson K (2003). Dietary Acrylamide and Cancer of the Large Bowel, Kidney and Bladder: Absence of an Association in a Population- Based Study in Sweeden. *British Journal of Cancer*, 88: 84-89.
- Mulla MZ, Bharadwaj VR, Annapure US, Singhal RS (2011). Effect of Formulation and Processing Parametres on Acrylamide Formation: A case Study on Extrusion of Blends of Potato Flour and Semolina. *LWT- Food Science and Technology*, 44: 1643-1648.
- Ölmez H, Tuncay F, Özcan N, Demirel S (2008). A Survey of Acrylamide in Foods from the Turkish Market. *Journal of Food Consumption and Analysis*, 21: 564-568.
- Ötleş S, Ötleş S (2004). Acrylamide in Food (Chemical Structure of Acrylamide). *Elecrtonic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 3 (5): 723-730.
- Özcan MM, Ünver A, Erkan E, Arslan D (2011). Chracteristics of Some Almond Kernel and Oils. *Scientia Horticulturæ*, 127: 330-333.
- Özdemir F, Gölükcü M, Topuz A (2003). Yer Fıstığının (*Arachis hypogaea*) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Fıstık Kavurmada Mikrodalga Uygulamasının Yağ Asitleri Bileşimi Üzerine Olan Etkisi. *Gıda Teknolojisi Derneği* 28 (1): 39-45.
- Özdemir M, Seyhan FG, Bakan AK, İlter S, Özay G, Devres O (2001). Analysis of Internal Browning of Roasted Hazelnuts. *Food Chemistry*, 73: 191-196.
- Özsu B (2003). Badem Sektörü. <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-6.pdf>. Erişim Tarihi: 30.03.2015
- Pedreschi F, Kaack K, Granby K, Troncoso E (2007). Acrylamide Reduction Under Different Pre-Treatments in French Fries. *Journal of Food Engineering*, 79: 1287-1294.
- Pennisi M, Malaguarnera G, Puglisi V, Vinciguerra L, Vacante M, Malaguarnera M (2013). “Neurotoxicity of Acrylamide in Exposed Workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10: 3843-3854.
- Riboldi BP, Vinhas ÁM, Moreira JD (2014). Risks of Dietary Acrylamide Exposure: A Systematic Review. *Food Chemistry*, 157: 310-322.
- Rice JM (2005). The Carcinogenicity of Acrylamide. *Mutation Research*, 580: 3-20.
- Rufian- Henares JA, Delgado- Andrade C, Morales FJ (2006). Relationship Between Acrylamide and- Thermal Processing Indexes in Commercial Breakfast Cereals: A Survey of Spanish Breakfast Cereals. *Mol. Nutr. Food Res.*, 50: 756-762.
- Schlörmann W, Birringer M, Böhm V, Löber K, Jahreis G, Lorkowski S, Müller AK, Schöne F, Gleis M (2015). Influence of Roasting Conditions on Health- Related Compounds in Different Nuts. *Food Chemistry*, 180: 77-85.

- Sharma A, Jain J (2008). Effects of Oral Exposure of Acrylamide on Plasma Levels of Throid Hormones and Haematological Parameters in the Swiss Albino Mice. *Asian J. Exp. Sci.*, 22(3): 317-324.
- Stadler RH, Scholz G (2004). Acrylamide: An Update on Current Knowledge in Analysis, Levels in Food, Mechanisms of Formation, and Potential Strategies Control. *Lead Review Article*, December: 449-467.
- Şimşek A (2004). Değişik Kavurma Proseslerinin Bazı Fındık Çeşitlerinde Oluşturduğu Biyokimyasal Değişiklikler. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Taeymans D, Wood J, Ashby P, Blank I, Studer A, Stadler RH, Gonde P, Eijck PV, Lalljie S, Lignert H, Lindblom M, Matissek R, Müller D, Tallmadge D, O'Brien J, Thompson S, Silvani D, Whitmore T (2004). A review of Acrylamide: An Industry, Perspective on Research, Analysis, Formation and Control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44 (5): 323-347.
- Tamer CE, Karaman B (2006). Gıdalarda Akrilamid Oluşumu ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, 31(4): 195-199.
- Taşan M, Arslan B (2007). Akrilamid: Kimyası, Oluşum Mekanizmaları ve Gıdalarda Bulunuşu. *Hasad Gıda*, 23 (268): 16-21.
- Taşan M (2008). Tahıl Kaynaklı Ürünlerde Akrilamid Varlığı. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 4: 395-398, Erzurum.
- Taşkaya B (2007). Yerfıstığı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Yayınları, 9 (7): 1-4.
- Virk- Baker MK, Nagy TR, Barnes S, Groopman J (2014). Dietary Acrylamide and Human Cancer: A Systematic Review of Literature. *Nutrition and Cancer*, 66 (5): 774-790.
- Von Tungeln LS, Doerge DR, Da Costa GG, Marques MM, Witt WM, Koturbash I, Pogribny IP, Beland FA (2012). Tumorigenicity of Acrylamide and Its Metabolite Glycidamide in the Neonatal Mouse Bıoassay. *International Journal of Cancer*, 131: 2008-2015.
- Wang H, Feng F, Guo Y, Shuang S, Choi MMF (2013). HPLC-UV Quantative Analysis of Acrylamide in Baked and Deep-Fried Chinese Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31: 7-11.
- Wang H, Zhou Y, Ma J, Zhou Y, Jiang H (2013). The Effects of Phytic Acid on the Maillard Reaction and the Formation of Acrylamide. *Food Chemistry*, 141: 18-22.
- Wang L, Liu H, Liu L, Wang Q, Li Q, Du Y, Zhang J (2014). Protein Contents in Different Peanut Varieties and Their Relationship to Gel Property. *International Journal of Food Properties*, 17 (7): 1560-1576.

- Xu Y, Cui B, Ran R, Liu Y, Chen H, Kai G, Shi J (2014). Risk Assessment, Formation and Mitigation of Dietary Acrylamide: Current Status and Future Prospects. *Food and Chemical Toxicology*, 69: 1-12.
- Yetim H, Kesmen Z (2008). Gıda Analizleri. Erciyes Üniversitesi Yayınları No.163, 346s Kayseri.
- Yıldırım A (2010). Amino Asit Zenginleştirmesinin Bisküvi ve Benzeri Ürünlerde Akrilamid Oluşumuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yılmaz Sarıözlü N (2009). Gıda Muhafaza. Anadolu Üniversitesi No. 1948, Açıköğretim Fakültesi Yayınları No. 1028, 227s, Eskişehir.
- Yuan Y, Shu C, Zhou B, Qi X, Xiang J (2011). Impact of Selected Additives on Acrylamide Formation in Asparagine/Sugar Maillard Model Systems. *Food Research International*, 44: 449-455.
- Zhang Y, Zhang Y (2007). Formation and Reduction of Acrylamide in Maillard Reaction: A Review Based on the Current State of Knowledge. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47 (5): 521-542.
- Zhang Y, Zhang Y (2008). Effect of Natural Antioxidants on Kinetic Behaviour of Acrylamide Formation and Elimination in Low-Moisture Asparagine- Glucose Model System. *Journal of Food Engineering*, 85: 105-115.

EKLER

EK 1

Ayçiçeği çekirdeği örneklerinin duyuusal analiz değerlendirme formu

İsim:			Tarih:			
DUYUSAL ANALİZ DEğERLENDİRME FORMU						
ÖZELLİK	AYÇİÇEK ÇEKİRDEĞİNİN DEğERLENDİRME ÖZELLİĞİ	PUAN SKALASI	DUYUSAL MUAYENE PUANI			
			AYÇİÇEK ÇEKİRDEĞİ KODU			
			24	71	17	91
TAT	Belirgin, kendine has tatta	4				
	Hafif yanık tatta	3				
	Yanık tat hissediliyor	2				
	Yanık tat çok belirgin (yanığımsı)	1				
	Çiğ tatta	1				
GEVREKLİK (ÇİTİRLİK)	Çıtırılı (Gevrek)	3				
	Nemli (Az gevrek)	2				
	Sert (Çok gevrek)	1				
KOKU	Hoş, belirgin	4				
	Değişmeye başlamış çekirdek kokusu	3				
	Hafif yağımsı koku	2				
	Keskin yağ kokusu	1				
RENK	Kendine has renkte (beyaz- açık gri renkte)	3				
	Koyu gri (kahverengiye dönmüş)	2				
	Koyu kahverengi	1				
GENEL BEğENİ DÜZEYİ	Çok beğendim	5				
	Beğendim	4				
	Az beğendim	3				
	Ne beğendim ne beğenmedim	2				
	Hiç beğenmedim	1				
NOT: Lütfen örnekler arasında su içiniz.						
Belirtmek istediğiniz hususlar.....						

EK 2

Badem içi örneklerinin duyuusal analiz değerlendirme formu

DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU						
ÖZELLİK	BADEM İÇİNİN DEĞERLENDİRME ÖZELLİĞİ	PUAN SKALASI	DUYUSAL MUAYENE PUANI			
			BADEM İÇİ KODU			
			8	61	29	37
TAT	Belirgin, kendine has tatta	4				
	Hafif yanık tatta	3				
	Yanık tat hissediliyor	2				
	Yanık tat çok belirgin (yanığimsi)	1				
	Çiğ tatta	1				
GEVREKLİK (ÇİTİRLİK)	Çıtır (Gevrek)	3				
	Nemli (Az gevrek)	2				
	Sert (Çok gevrek)	1				
KOKU	Hoş, belirgin	4				
	Değişmeye başlamış badem kokusu	3				
	Hafif yağimsi koku	2				
	Keskin yağ kokusu	1				
RENK	Dış yüzeyi kendine has renkte (kahverengimsi)	3				
	İç kesiti beyazımsı- krem renkte	3				
	İç kesiti açık kahverengi	2				
	İç kesiti koyu kahverengi (melanoidinleşme belirgin)	1				
GENEL BEĞENİ DÜZEYİ	Çok beğendim	5				
	Beğendim	4				
	Az beğendim	3				
	Ne beğendim ne beğenmedim	2				
	Hiç beğenmedim	1				
NOT: Lütfen örnekler arasında su içiniz.						
Belirtmek istediğiniz hususlar.....						

EK 3

Yer fıstığı örneklerinin duyuşal analiz değerlendirme formu

DUYUSAL ANALİZ DEğERLENDİRME FORMU						
ÖZELLİK	FISTIK İÇİNİN DEğERLENDİRME ÖZELLİğİ	PUAN SKALASI	DUYUSAL MUAYENE PUANI			
			FISTIK İÇİ KODU			
			16	13	59	83
TAT	Belirgin, kendine has tatta	4				
	Hafif yanık tatta	3				
	Yanık tat hissediliyor	2				
	Yanık tat çok belirgin (yanığımsı)	1				
	Çiğ tatta	1				
GEVREKLİK (ÇİTİRLİK)	Çıtırılı (Gevrek)	3				
	Nemli (Az gevrek)	2				
	Sert (Çok gevrek)	1				
KOKU	Hoş, belirgin	4				
	Değişmeye başlamış fıstık kokusu	3				
	Hafif yağımsı koku	2				
	Keskin yağ kokusu	1				
RENK	Kendine has, beyazımsı renkte	3				
	Kendine has, sarımsı renkte (altın sarısı)	3				
	Açık kahverengi	2				
	Koyu kahverengi	1				
GENEL BEğENİ DÜZEYİ	Çok beğendim	5				
	Beğendim	4				
	Az beğendim	3				
	Ne beğendim ne beğenmedim	2				
	Hiç beğenmedim	1				
NOT: Lütfen örnekler arasında su içiniz.						
Belirtmek istediğiniz hususlar.....						

EK 4

Ayçiçeği çekirdeği örneklerinin tüm parametrelerindeki korelasyonları gösteren çizelge

AYÇİÇEĞİ ÇEKİRDEĞİ KORELASYON ÇİZELGESİ											
		SICAKLIK	AKRİLAMİD	KURU MADDE	KÜL	PROTEİN	YAĞ	pH	L* DEĞERİ	a* DEĞERİ	b* DEĞERİ
SICAKLIK	Pearson Korelasyonu	1	,970**	,885**	,938**	,856**	,953**	-0,095	0,197	,992**	,788**
	Sig. (2-tailed)		0	0	0	0	0	0,657	0,355	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
AKRİLAMİD	Pearson Korelasyonu	,970**	1	,936**	,930**	,903**	,909**	-0,122	,290	,966**	,851**
	Sig. (2-tailed)	0		0	0	0	0	0,569	,169	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
KURU MADDE	Pearson Korelasyonu	,885**	,936**	1	,837**	,995**	,912**	-,443*	,601**	,899**	,980**
	Sig. (2-tailed)	0	0		0	0	0	0,03	,002	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
KÜL	Pearson Korelasyonu	,938**	,930**	,837**	1	,802**	,867**	-0,026	,156	,932**	,736**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0		0	0	0,902	,468	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
PROTEİN	Pearson Korelasyonu	,856**	,903**	,995**	,802**	1	,913**	-,525**	,664**	,874**	,992**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0		0	0,008	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
YAĞ	Pearson Korelasyonu	,953**	,909**	,912**	,867**	,913**	1	0	,414*	,956**	,866**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0		0,078	0,045	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
pH	Pearson Korelasyonu	-0,095	-0,122	-,443*	-0,026	-,525**	-0,367	1	-,939**	-0,14	-,602**
	Sig. (2-tailed)	0,657	0,569	0,03	0,902	0,008	0,078		0	0,514	0,002
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
L DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	0,197	0,29	,601**	0,156	,664**	,414*	-,939**	1	0,239	,745**
	Sig. (2-tailed)	0,355	0,169	0,002	0,468	0	0,045	0		0,26	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
a DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	,992**	,966**	,899**	,932**	,874**	,956**	-0,14	0,239	1	,808**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0,514	0,26		0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
b DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	,788**	,851**	,980**	,736**	,992**	,866**	-,602**	,745**	,808**	1
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0,002	0	0	
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
**0.01 düzeyinde korelasyon önemlidir (2- Taraflı test)						Sig. (2-tailed): 2 taraflı testteki önem					
* 0.05 düzeyinde korelasyon önemlidir (2- Taraflı test)						N: Örnek sayısı					

EK 5

Badem içi örneklerinin tüm parametrelerindeki korelasyonları gösteren çizelge

BADEM İÇİ KORELASYON ÇİZELGESİ											
		SICAKLIK	AKRİL AMİD	KURU MADDE	KÜL	PROTEİN N	YAĞ	pH	L* DEĞERİ	a* DEĞERİ	b* DEĞERİ
SICAKLIK	Pearson Korelasyonu	1	,905**	,908**	,923**	,975**	,909**	-,931**	-,962**	,801**	-,937**
	Sig. (2-tailed)		0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
AKRİLAMİD	Pearson Korelasyonu	,905**	1	,742**	,850**	,835**	,706**	-,795**	-,757**	,534**	-,792**
	Sig. (2-tailed)	0		0	0	0	0	0	,000	0,007	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
KURU MADDE	Pearson Korelasyonu	,908**	,742**	1	,764**	,959**	,994**	-,975**	-,896**	,931**	-,985**
	Sig. (2-tailed)	0	0		0	0	0	0	,000	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
KÜL	Pearson Korelasyonu	,923**	,850**	,764**	1	,866**	,777**	-,793**	-,895**	,689**	-,818**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0		0	0	0	,000	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
PROTEİN	Pearson Korelasyonu	,975**	,835**	,959**	,866**	1	,961**	-,961**	-,955**	,877**	-,969**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
YAĞ	Pearson Korelasyonu	,909**	,706**	,994**	,777**	,961**	1	-,968**	-,924**	,954**	-,981**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0		0	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
pH	Pearson Korelasyonu	-,931**	-,795**	-,975**	-,793**	-,961**	-,968**	1	,902**	-,900**	,968**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0		0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
L DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	-,962**	-,757**	-,896**	-,895**	-,955**	-,924**	,902**	1	-,868**	,918**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
a DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	,801**	,534**	,931**	,689**	,877**	,954**	-,900**	-,868**	1	-,899**
	Sig. (2-tailed)	0	0,007	0	0	0	0	0	0		0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
b DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	-,937**	-,792**	-,985**	-,818**	-,969**	-,981**	,968**	,918**	-,899**	1
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
**0.01 düzeyinde korelasyon önemlidir (2-tarafli test)						Sig. (2-tailed): 2 tarafli testteki önem					
* 0.05 düzeyinde korelasyon önemlidir (2-tarafli test)						N: Örnek sayısı					

EK 6

Yer fıstığı örneklerinin tüm parametrelerindeki korelasyonları gösteren çizelge

YER FISTIĞI KORELASYON ÇİZELGESİ											
		SICAK LIK	AKRİL AMİD	KURU MADDE	KÜL	PROTEİN	YAĞ	pH	L* DEĞERİ	a* DEĞERİ	b* DEĞERİ
SICAKLIK	Pearson Korelasyonu	1	,934**	,787**	,876**	,931**	,990**	-,880**	-,875**	,849**	,586**
	Sig. (2-tailed)		0	0	0	0	0	0	0	0	0,003
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
AKRİLAMİD	Pearson Korelasyonu	,934**	1	,712**	,800**	,805**	,905**	-,827**	-,810**	,800**	,527**
	Sig. (2-tailed)	0		0	0	0	0	0	,000	0	0,008
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
KURU MADDE	Pearson Korelasyonu	,787**	,712**	1	,941**	,937**	,862**	-,851**	-,986**	,990**	,958**
	Sig. (2-tailed)	0	0		0	0	0	0	,000	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
KÜL	Pearson Korelasyonu	,876**	,800**	,941**	1	,950**	,922**	-,908**	-,963**	,954**	,836**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0		0	0	0	,000	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24,000	24	24
PROTEİN	Pearson Korelasyonu	,931**	,805**	,937**	,950**	1	,972**	-,897**	-,970**	,951**	,807**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0		0	0	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
YAĞ	Pearson Korelasyonu	,990**	-,827**	-,851**	-,908**	-,897**	-,903**	1	,895**	-,883**	-,717**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0		0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
pH	Pearson Korelasyonu	-,880**	-,810**	-,986**	-,963**	-,970**	-,929**	,895**	1	-,996**	-,901**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0		0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
L DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	-,875**	,800**	,990**	,954**	,951**	,906**	-,883**	-,996**	1	,920**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0	0	0	0	0	0		0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
a DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	,849**	,527**	,958**	,836**	,807**	,686**	-,717**	-,901**	,920**	1
	Sig. (2-tailed)	0	0,008	0	0	0	0	0	0	0	
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
b DEĞERİ	Pearson Korelasyonu	,586**	,905**	,862**	,922**	,972**	1	-,903**	-,929**	,906**	,686**
	Sig. (2-tailed)	0,003	0	0	0	0		0	0	0	0
	N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
**0.01 düzeyinde korelasyon önemlidir (2-tarafli test)						Sig. (2-tailed): 2 tarafli testteki önem					
* 0.05 düzeyinde korelasyon önemlidir (2-tarafli test)						N: Örnek sayısı					

ÖZGEÇMİŞ

29. 05. 1987 yılında Tekirdağ'da doğmuş, ilköğrenimini İnönü İlköğretim Okulunda, lise öğrenimini Namık Kemal Anadolu Lisesinde tamamlamıştır. 2007 yılında başladığı Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde 2011 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. 2012 yılında Malkara'da faaliyet gösteren Nurdan Gıda Pazarlama San. ve Tic. Ltd. Şti'de gıda mühendisi-sorumlu yönetici olarak işe başlamıştır. 2015 yılının Haziran ayında işten ayrılarak Ekim ayında yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır.