



**BAYATLAMIŞ FARKLI EKMEK
ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN UNLARIN
KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Şule BAŞAR

Doktora Tezi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU

2016

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**BAYATLAMIŞ FARKLI EKMEK ÇEŞİTLERİNDEN
ELDE EDİLEN UNLARIN KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Şule BAŞAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**BAYATLAMIS FARKLI EKMEK ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN
UNLARIN KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof.Dr. M.Murat KARAOĞLU danışmanlığında, Şule BAŞAR tarafından hazırlanan bu çalışma, 23/09/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. M.Fatih ERTUGAY

İmza :

Üye : Prof.Dr. H.Gülbüz KOTANCILAR

İmza :

Üye : Prof.Dr. M.Murat KARAOĞLU

İmza :

Üye : Prof.Dr. Kamil HALİLOĞLU

İmza :

Üye : Doç.Dr. Mustafa ERBAŞ

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 27/10/2016 tarih ve 41/11 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: BAP 2013/141

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

BAYATLAMIŞ FARKLI EKMEK ÇEŞİTLERİNDEN ELDE EDİLEN UNLARIN KEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Şule BAŞAR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU

Bu çalışmada, bayatlamış farklı ekmek çeşitlerinden elde edilen unların kek kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kontrollü şartlarda bayatlamış olan normal, ekşi hamur ve tam buğday ekmekleri, ekmek içi ve ekmek kabuğu olarak ayrıldıktan sonra kurutularak değirmende öğütülüp ince ($<160\mu$) ve kaba ($180-500\mu$) olmak üzere iki farklı irilik derecesinde una dönüştürülmüştür. Daha sonra elde edilen bu unlar kek formülasyonuna %0, 15, 30, 45 ve 60 seviyelerinde ilave edilerek kek miksleri elde edilmiş ve kek üretimi gerçekleştirilmiştir. Un, kek miksi ve kek örneklerinde fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal, termal ve reolojik özellikler belirlenmiştir.

Karışım unlarından elde edilen miks örneklerinde un iriliğinin artması tüm geri ekstrüzyon parametrelerinin düşmesini sağlamış, bayat ekmek unu seviyesinin artması ise bu değerlerin artmasına neden olmuştur. Hem ince hem de kaba un iriliğine sahip bayat ekmek unu içeren mikslerde seviyenin artması kontrol grubuna göre bütün geri ekstrüzyon parametrelerinin artmasına neden olmuştur.

Bütün karışım unlarından elde edilen kek mikslerinde bayat ekmek unu seviyesinin artmasıyla kontrol grubuna göre DSC ile belirtilen T_i , T_p ve T_c değerlerinde genellikle bir artış görülürken, ΔH değerinde düşüş meydana gelmiştir.

Ekmek çeşidi ve ilave seviyesi kek örneklerinin hacim ve spesifik hacim değerlerini önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilemiş ve seviyenin artması bu değerlerin düşmesine neden olmuştur. Tüm karışım unlarından elde edilen keklerde kontrole kıyasla %15 ilave seviyesinde örneklerin sertlik değerleri daha düşük çıkmıştır.

Kek örneklerinin sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik parametrelerinde örnekler arasında istatistiksel olarak önemli ($p<0,01$) farklar gözlenmiştir. Tekstür profili analizi sonuçlarına göre, un iriliği ve seviyenin artması örneklerin genellikle sertliğini arttırmış, yapışkanlığını düşürmüştür.

Ekmek çeşidi kek örneklerinin renk değerlerini önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilemiş ve un iriliği ve seviyenin artması kek örneklerinin iç ve kabuklarının L renk değerlerinin genellikle düşmesine neden olmuştur.

Bayat ekmek unu seviyesindeki artış kek örneklerinin hidroksimetil furfural ve akrilamid içeriğini arttırmıştır. Kek örneklerinin toplam gözenek sayısı değerlerini ekmek çeşidi önemli düzeyde ($p<0,01$) etkilemiş, un iriliğinin ve seviyenin artması bu değerlerin genellikle artmasına, kek örneklerinin duyu analizi değerlerinin ise düşmesine neden olmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre panelistler tarafından en yüksek puanı kontrol grubundan sonra %15 ilave seviyesine sahip kek örnekleri, en düşük puanı ise %60 ilave seviyesine sahip kek örnekleri almıştır.

2016, 147 sayfa

Anahtar Kelimeler: Bayat ekmek, kek, tekstürel özellik, tüketim kalitesi.

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE EFFECTS OF DIFFERENT STALE BREAD FLOUR ON THE CAKE QUALITY

Şule BAŞAR

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU

In this study, the effect of the flours from different types of stale bread on the quality of the cake was examined. The baguette that got stale under controlled conditions, normal, sourdough and whole wheat bread were separated as crumb and crust and then turned into flour at two different levels of particle size as fine ($<160\mu$) and coarse ($180-500\mu$) after being dried and ground. Then, cake mixes were obtained by adding these flours obtained to the cake formulation at the levels of 0, 15, 30, 45 and 60 %, and then the cake was produced. Physical, chemical, physicochemical, thermal and rheological properties were determined in flour, cake mix and cake samples.

The increase in flour particle size in the mix samples obtained from mix flours ensured that all of the back extrusion parameters dropped, and the increase in stale bread flour level led to the increase of these levels. The increase in the mixes containing stale bread flour with both fine and coarse flour particle size led to the increase in all back extrusion parameters.

While an increase is generally seen in T_i , T_p and T_c values when compared to the control group with the increase in stale bread flour level in the cake mixes obtained from all mix flours, a decrease occurred in ΔH value.

The type of bread and the level of addition affected the volume and specific volume values of the cake samples at a significant level ($p<0,01$), and the increase of the level led to the decrease of these values. The hardness values of the samples at the addition level of 15% in the cakes obtained from all mix flours were found to be lower when compared to the control.

Statistically significant ($p<0,01$) differences were observed between the hardness, stickiness, cohesiveness, elasticity and chewiness parameters of the cake samples. According to the texture profile analysis results, the increase in flour particle size and level generally increased the hardness of the samples and decreased their stickiness.

The type of bread significantly ($p<0,01$) affected the colour values of the cake samples, and the increase in flour particle size and level generally led to the decrease of the L colour values of crumb and crust of the cake samples.

The increase in stale bread flour level increased the hydroxymethyl furfural and acrylamide of the cake samples. The type of bread significantly ($p<0,01$) affected the total number of pores of the cake samples, and the increase in flour particle size and level led to the general increase in these values, and to the decrease of the sensory analysis values. According to the sensory analysis results, the highest score was taken by the cake samples with the addition level of 15% by the panellists after the control group, and the lowest score was taken by the cake samples with the addition level of 60%.

2016, 147 pages

Keywords: Stale bread, cake, textural properties, consumption quality.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca ve bu çalışmanın düzenlenmesi, yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, bana yol gösteren değerli hocam Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. M. Murat KARAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımın gerçekleştirilmesinde zamanını ayırarak katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE'ye, bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. H. Gürbüz KOTANCILAR ve Yrd. Doç. Dr. Hüseyin BOZ'a ve ayrıca tüm bölüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İlgi, sabır ve her türlü desteklerini tüm hayatım boyunca benden esirgemeyen çok değerli aileme ve oğlum Mehmet Erdem'e şükranlarımı sunarım.

Şule BAŞAR

Eylül, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZETİ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Dünya’da ve Ülkemizde Tahıl ve Ekmek İsrafı	2
1.2. Ekmeğin Bayatlaması Mekanizması	6
1.3. Kek	7
1.4. Kek Bileşenleri	8
1.4.1. Un	8
1.4.2. Şeker	9
1.4.3. Yumurta	9
1.4.4. Süt	10
1.4.5. Yağ	10
1.4.6. Kabartma tozu	11
1.4.7. Tuz	11
1.4.8. Lezzet verici bileşenler	12
1.5. Kek Oluşumu	12
1.6. Amaç	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.2. Normal, Ekşi Hamur ve Tam Buğday Ekmeği Üretim Prosesi	26
3.2.1. Normal ekmek üretim prosesi	26
3.2.2. Ekşi hamur ekmeği üretim prosesi	26
3.2.3. Tam buğday ekmeği üretim prosesi	26
3.3. Yöntem	27

3.3.1. Deneme planı.....	27
3.3.2. Ekmeklerin kontrollü şartlarda kurutulması ve bayat ekmek unu elde edilmesi	27
3.3.3. Kek üretimi.....	28
3.3.4. Un analizleri	29
3.3.4.a. Çişişlenme özelliklerinin belirlenmesi.....	30
3.3.5. Kek miksinde yapılan analizler	31
3.3.5.a. Özgöl kütle	31
3.3.5.b. pH.....	31
3.3.5.c. Geri ekstrüzyon (back extrusion) testi.....	31
3.3.5.d. DSC ile kek miksini termooanalitik özelliklerinin belirlenmesi	33
3.3.6. Kekte yapılan analizler	33
3.3.6.a. Nem	33
3.3.6.b. Kütle, hacim, spesifik hacim	33
3.3.6.c. Kek içi tekstür profil analizi	34
3.3.6.d. Hacim, simetri, üniformite indeksleri ve büzölme (shrink) değeri	35
3.3.6.e. Kek kabuk ve kek iç renk yoğunlukları.....	36
3.3.6.f. HMF	37
3.3.6.g. Akrlamid.....	39
3.3.6.h. Görüntü işleme analizi.....	40
3.3.6.i. Duyusal analiz	40
3.3.7. İstatistiksel analizler	41
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	42
4.1. Bayat Ekmek Unlarının Nem İçeriğı ve Renk Yoğunluğu Değeri	42
4.2. Kek Üretiminde Kullanılan Un Karışımlarının Çişişlenme Özellikleri	42
4.3. Kek Miksini pH, Özgöl Kütle ve Geri Ekstrüzyon Değeri	48
4.4. Kek Miksini Termooanalitik Özellikleri	62
4.5. Kek Kütle, Hacim, Spesifik Hacim ve Kek İçi Nem Değeri	69
4.6. Kek Hacim, Simetri, Üniformite İndeksi ve Büzölme Değeri	78
4.7. 1. gün Kek İçi Tekstür Profili Özellikleri.....	84
4.8. 7. Gün Kek İçi Tekstür Profili Özellikleri.....	95
4.9. Kek İçi Renk Yoğunluğu Değeri.....	104

4.10. Kek Kabuğu Renk Yoğunluğu Değerleri	110
4.11. Keklerin HMF ve Akrilamid İçerikleri	114
4.12. Kek Örneklerinin Görüntü İşleme Analizi Değerleri	119
4.13. Kek Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları.....	130
5. SONUÇ	138
KAYNAKLAR	143
ÖZGEÇMİŞ	151



SİMGELER DİZİNİ

°C	Derece Santigrat
µm	Mikrometre
a	(+a) Kırmızı, (-a) Yeşil Renk Değeri
b	(+b) Sarı, (-b) Mavi Renk Değeri
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
cm ³	Santimetreküp
dk	Dakika
FN	Falling Number (düşme sayısı)
g	Gram
HMF	Hidroksimetil furfural
J	Joule
KO	Kareler Ortalaması
L	Renk Değeri (açıklık-koyuluk)
LN	Liquid Number (sıvılaşma sayısı)
mL	Mililitre
mM	Milimolar
mm	Milimetre
N	Newton
ppb	Milyarda bir kısım
ppm	Milyonda bir kısım
rpm	Revolutions per minute (dakikadaki devir sayısı)
s	Saniye

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Örnek bir amilogram eğrisi ve değerlerin gösterimi.....	30
Şekil 3.2. Örnek bir geri ekstrüzyon kurvesi	32
Şekil 3.3. Örnek bir TPA kurvesi.....	35
Şekil 3.4. Kek ölçüm şablonu	36
Şekil 3.5. HMF ve akrilamid analizi aşamaları.....	38
Şekil 3.6. Kek duyusal değerlendirme formu	41
Şekil 4.1. Un karışımlarının pik viskozitesi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	47
Şekil 4.2. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin pH değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye interaksiyonu	54
Şekil 4.3. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin özgül ağırlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	55
Şekil 4.4. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	56
Şekil 4.5. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin konsistens değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	58
Şekil 4.6. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin kohesivlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	60
Şekil 4.7. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin viskozite indeksi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları.....	61
Şekil 4.8. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin Tp (jelatinizasyon pik sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksiyonları.....	67

Şekil 4.9. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin T_i (jelatinizasyon başlangıcı sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu	68
Şekil 4.10. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin T_c (jelatinizasyon bitiş sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu	68
Şekil 4.11. Un karışımlarından elde edilen keklerin spesifik hacim değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	75
Şekil 4.12. Un karışımlarından elde edilen keklerin spesifik hacim değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği x seviye interaksyonu.....	76
Şekil 4.13. Un karışımlarından elde edilen keklerin iç nem değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	77
Şekil 4.14. Un karışımlarından elde edilen keklerin hacim indeksi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye, (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları.....	83
Şekil 4.15. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları.....	89
Şekil 4.16. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün dış yapışkanlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	90
Şekil 4.17. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün kohesivlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	92
Şekil 4.18. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları.....	93
Şekil 4.19. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün çignenebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları	94

Şekil 4.20. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye interaksyonu	99
Şekil 4.21. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği x seviye interaksyonu	100
Şekil 4.22. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün yapışkanlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları	101
Şekil 4.23. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları	102
Şekil 4.24. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün çığnenebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye interaksyonu	104
Şekil 4.25. Un karışımlarından elde edilen keklerin iç L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları.....	109
Şekil 4.26. Un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları.....	114
Şekil 4.27. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin kabuk akrilamid değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve kek örneklerinin iç akrilamid değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları.....	118
Şekil 4.28. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin toplam gözenek sayısı değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	124
Şekil 4.29. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin gözenek yoğunluğu değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	126
Şekil 4.30. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin toplam gözenek alanı (mm^2) üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	127

Şekil 4.31. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin gözeneklilik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	128
Şekil 4.32. Ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen ince un iriliğindeki bayat ekmek ununun %60 ilave seviyesinde kullanılmasıyla üretilen kekin kesit görüntüsü (A), eşik değeri uygulanmış görüntü (B), analiz edilmiş görüntü (C); Ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen kaba un iriliğindeki bayat ekmek ununun %60 ilave seviyesinde kullanılmasıyla üretilen kekin kesit görüntüsü (D), eşik değeri uygulanmış görüntü (E), analiz edilmiş görüntü (F).....	129
Şekil 4.33. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksyonları	135
Şekil 4.34. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde etkili olan seviye x ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu	136

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Kek formülasyonu	28
Çizelge 3.2. Kek üretim çizelgesi	29
Çizelge 3.3. Kek ununa ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları.....	29
Çizelge 3.4. Kek miksi için yapılan ekstrüzyon analizinin yürütüldüğü koşullar	32
Çizelge 3.5. Kek içinde yapılan tekstür profili analizinin yürütüldüğü koşullar	34
Çizelge 4.1. Bayat ekmek unlarına ait fiziksel analiz sonuçları	42
Çizelge 4.2. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ortalamaları	43
Çizelge 4.3. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	43
Çizelge 4.4. Ekmek çeşidi değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	44
Çizelge 4.5. Un iriliği değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	45
Çizelge 4.6. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	46

Çizelge 4.7. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerleri ortalamaları	48
Çizelge 4.8. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarının pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.9. Ekmek çeşidi değişkeninin kek mikslarının pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	50
Çizelge 4.10. Un iriliği değişkeninin kek mikslarının pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	51
Çizelge 4.11. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	52
Çizelge 4.12. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait Tp, Ti, Tc ve ΔH değerleri ortalamaları	62
Çizelge 4.13. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarının Tp, Ti, Tc ve ΔH değerlerine ait varyans analiz sonuçları	64
Çizelge 4.14. Ekmek çeşidi değişkeninin kek mikslarının Tp, Ti, Tc ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	64
Çizelge 4.15. Un iriliği değişkeninin kek mikslarının Tp, Ti, Tc ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	65

Çizelge 4.16. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin kek mikslerinin T_p , T_i , T_c ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	66
Çizelge 4.17. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin ağırlık, hacim, spesifik hacim ve nem değerlerine ait ortalamalar	69
Çizelge 4.18. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin ağırlık, hacim, spesifik hacim ve nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları	70
Çizelge 4.19. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin ağırlık, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	71
Çizelge 4.20. Un iriliği değişkeninin keklerin ağırlık, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	72
Çizelge 4.21. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait ağırlık, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	73
Çizelge 4.22. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerleri ortalamaları	78
Çizelge 4.23. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları	80
Çizelge 4.24. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	80

Çizelge 4.25. Un iriliği değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları.....	81
Çizelge 4.26. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	82
Çizelge 4.27. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait 1. gün kek içi tekstür profili değerleri ortalamaları	84
Çizelge 4.28. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.29. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	86
Çizelge 4.30. Un iriliği değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	88
Çizelge 4.31. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	88
Çizelge 4.32. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait 7. gün kek içi tekstür profili değerleri ortalamaları	95
Çizelge 4.33. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	96
Çizelge 4.35. Un iriliği değişkeninin keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	98

Çizelge 4.36. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	98
Çizelge 4.37. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait iç renk değerleri ortalamaları	105
Çizelge 4.38. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait iç renk değerleri varyans analiz sonuçları	106
Çizelge 4.39. Ekmek çeşidi değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	106
Çizelge 4.40. Un iriliği değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	108
Çizelge 4.41. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	108
Çizelge 4.42. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait kabuk renk değerleri ortalamaları	110
Çizelge 4.43. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları	111
Çizelge 4.44. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	112
Çizelge 4.45. Un iriliği değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	113
Çizelge 4.46. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	113
Çizelge 4.47. Farklı ekmek çeşitlerinden elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek kabuk ve kek içlerine ait HMF ve akrilamid değerleri ortalamaları	115

Çizelge 4.48. Farklı ekmek çeşitlerinden elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	115
Çizelge 4.49. Ekmek çeşidi değişkeninin kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	116
Çizelge 4.50. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	117
Çizelge 4.51. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait görüntü işleme analizi değerleri ortalamaları	119
Çizelge 4.52. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin görüntü işleme analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	120
Çizelge 4.53. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	121
Çizelge 4.54. Un iriliği değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	123
Çizelge 4.55. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	123
Çizelge 4.56. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait duyuşal analiz değerleri ortalamaları.....	131
Çizelge 4.57. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin duyuşal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları	132
Çizelge 4.58. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin duyuşal analiz değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	133

Çizelge 4.59. Un iriliği değişkeninin keklerin duyuşal analiz değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	133
Çizelge 4.60. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin duyuşal analiz değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları	134



1. GİRİŞ

İnsanların hayatta kalabilmeleri için gerekli olan bileşenleri içeren ve farklı temel bileşenlere sahip olan gıdalar, çeşitli ihtiyaçlara göre üretilip pazarlanmaktadır (Köklü 2007).

Yeryüzünde ve ülkemizde günlük alınması gereken kaloringin büyük bir kısmı tahıl ve ürünlerini içeren gıdalardan sağlanmaktadır. Tahıl ve tahıl ürünleri insanların günlük diyetlerinde özel ve önemli bir yere sahiptir (Karaoğlu ve Kotancılar 2001).

Türkiye, en çok tahıl üreten ülkelerden birisidir (Kızılaslan 2004). Ülkemizde günlük enerjinin %70-80'i tahıllardan sağlanmaktadır. Dünyada ve ülkemizde en fazla üretilen ve tüketilen tahıl cinsi buğdaydır. Buğday türlerinden ise en fazla ekmeklik buğday türü üretilmekte ve buğday son ürün olarak en fazla ekmek şeklinde tüketilmektedir (Arslan ve Yüksel 1986).

Gerek tüm dünyada gerek de ülkemizde tahıl ürünleri ve özellikle de ekmek, maliyetinin düşük ve önemli bir enerji kaynağı olması nedeniyle beslenme ihtiyacının karşılanması açısından bakıldığında akla gelen ilk gıda maddesidir (Çelik 2008). İyi bir karbonhidrat, protein ve B grubu vitaminleri kaynağı olması nedeniyle ekmek, insanların beslenmesinde birinci derecede öneme sahiptir (Talay ve Bostan 1995). Ekmeğin tüketimi miktarı insanların ekonomik ve sosyal durumlarına göre değişim gösterse de, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olduğu kuşkusuzdur.

Günde ortalama 400 g tüketilen ekmek, kepekli veya kepeksiz olarak tüketilmesine bağlı olarak insanın bünyesine aldığı günlük B₁ vitamininin %35-82'sini, B₂ vitamininin %16-39'unu, B₃ vitamininin %20-35'ini, demirin %16-62'sini, kalsiyumun %12-74'ünü, proteinin %51-55'ini ve enerjinin ise %13-15'ini karşılamaktadır (Ertürk vd 2015). Tahıllar ülkemizde beslenmede enerjinin %66'sını sağlamaktadır. Bu enerjinin %56'sı sadece ekmekten ve günlük almamız gereken

proteinin %50'si ise sadece ekmekten sağlanmaktadır (Kotancılar vd 1995). Ekmek tüketimi ülkemizin farklı bölgelerine ve insanların yaşlarına ve gelir durumlarına göre değişmekle birlikte 100 ila 800 g arasında ortalama olarak ise 400 g kadardır (Aydın ve Yıldız 2011, Elgün ve Ertugay 2003).

1.1. Dünya’da ve Ülkemizde Tahıl ve Ekmek İsrafı

Dünyada yaklaşık 795 milyon insanın yetersiz beslendiği Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından bildirilmektedir (FAO 2015). Bununla birlikte gıdalar üretimden başlayarak tüketim aşamasına kadar olan süreçte kayıplara uğramaktadırlar. Gıda tedarik zincirinin ilk ve orta basamaklarında düşük gelirli ülkeler gıda kayıplarına uğramaktadırlar. Gıda kaybı gelişmiş ve endüstrileşmiş ülkelerde ise tüketim aşamasında kendini gıda israfı olarak göstermektedir. Dünyada her yıl, insan tüketimi için kullanılabilir gıdaların yaklaşık üçte biri ya da başka bir deyişle 1.3 milyar tonu gıda kaybına veya gıda israfına uğramaktadır (FAO 2011). Bu değerin dünyaya yıllık ekonomik yükünün 750 milyar dolar kadar olduğu belirtilmektedir (Jan *et al.* 2013).

Kanada’da gıda zinciri boyunca meydana gelen yıllık gıda kaybı veya israfının ekonomik karşılığının 27 milyar dolar olduğu, bu değerin toplam gıda üretiminin yaklaşık olarak %40’ına, gayri safi yurt içi hasılasının ise %2’sine eşit olduğu bildirilmiştir. Bu değerin dünya üzerindeki en fakir otuziki ülkenin gayri safi yurt içi hasılası toplamından daha fazla olduğu da bildirilmektedir. Avrupa Birliği ülkelerinde her yıl kişi başı 176 kg gıdanın israf edildiği ve bu rakamın ekonomik karşılığının 11.4 milyar Euro olduğu tespit edilmiştir. AB komisyonunun 2010 yılındaki bir tespitinde, AB ülkelerindeki yıllık ekmek üretiminin yaklaşık 32 milyon ton ve ekmek tüketiminin ise 22.5 milyon ton olduğu görülmüştür. Bu da, bu ülkelerde ekmeğin yaklaşık %30’luk bir kısmının israf edildiğini göstermektedir (TMO 2013a).

Gelişmiş ülkelerde yılda 222 milyon ton civarında yenilebilecek durumdaki gıdanın israf edildiği ve %40’nın çöpe atıldığı bildirilmektedir. Bu rakamın Sahraaltı Afrika ülkelerinin hemen hemen toplam yıllık gıda üretimine denk geldiği belirtilmiştir.

Gelişmekte olan ülkelere bakıldığında ise hasatın gerek depolama gerekse de taşımacılık alanındaki uygunsuzluk ve yetersizlikten dolayı yaklaşık olarak %40'ının daha tüketiciye ulaştırılırken ziyan edildiği ve bu kaybın yaklaşık olarak 150 milyon ton olduğu belirtilmektedir (FAO 2011). Bu kaybın fakir ülkelerde yaşanan gıda yetersizliğini ve bunun sonucunda oluşan açlığı önleyebilecek ve gerekli olan buğdayın altı katına denk geldiği bildirilmektedir (TMO 2013a).

Gelişmekte olan ülkelerden Afrika'nın alt sahra bölgelerinde yıllık parasal değerinin 4 milyar dolar olduğu belirtilen hasat sonrası tahıl kaybının yaklaşık 48 milyon insanın yıllık gıda ihtiyacını giderebilecek bir miktar olduğu belirtilmektedir. Gelişmiş ülkelere bakıldığında ise daha çok tüketiciden kaynaklanan gıda kayıplarının olduğu görülmektedir. Tahıl ürünlerinde meydana gelen kaybın ise yarısının tüketim sırasında yaşandığı ve birçok insanın diyetinde en baş sırada gelen ekmeğin de hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere tüketiciye kaynaklanan israfın görüldüğü ürünlerden olduğu belirtilmektedir (Dölekoğlu vd 2014).

Ekmek, diğer işlenmiş birçok gıdaya kıyasla çok daha kısa raf ömrüne sahiptir. Ekmeğin saklanması esnasında meydana gelen fizikokimyasal değişiklikler, ekmeğin içinde sertleşme, tat değişikliği ve ekmeğin kabuğu gevrekliğinde azalmaya neden olmaktadır. Ekmekte mikrobiyolojik bozulmanın dışında, tüketicinin ürünü kabul etmesi ile ölçülebilen ürün kalitesindeki gerileme bayatlama olarak tanımlanmaktadır. Ekmeğin bayatlama sonucunda duyu özelliklerini yitirmesi tüketicinin ürünü tercih etmemesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla tüketici yıl içerisinde tonlarca ekmeğin atılarak önemli bir ekonomik kaybın yaşanmasına neden olmaktadır (Gerçekaslan 2006).

Ekmek üretimi, tüketimi ve israfı çok geniş kapsamlı bir konu olup, ekmeğin israfı gerek üretim gerekse de tüketim aşamalarında gözlenmektedir. Ekmeğin tüketilemeden çöpe atılması ya da amacı dışında, örneğin hayvan yemi olarak kullanılması ise uzmanlar tarafından ekmeğin israfı olarak adlandırılmakta olup, söz konusu israf, ekmeğin tüketim sürecinin her aşamasında meydana gelebilmektedir (TMO 2014).

Türkiye’de gıda kaybı ve israfının boyutunun hangi düzeyde olduğu konusunda net bilgi olmamakla birlikte daha çok ürün bazında israfa yönelik bir takım çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Pekcan vd’nin 2006 yılında yaptığı hane halkı düzeyindeki çalışmada, gıda israfı üç kategoride ele alınmıştır. Sonuç olarak israfın en çok görüldüğü kategori satın alma ve hazırlık olurken tabaktan çöpe kadar olan süreçte en fazla israf edilen ürün ekmek olmuştur (Pekcan vd 2006). Ülkemizde hemen her evde tüketilen gıdalardan olan ekmeğin aynı zamanda da en fazla israf edilen gıda olması bu gıdaya olan dikkatin de artmasına neden olmuştur (Dölekoğlu vd 2014).

Ekmek israfı, tarladaki buğdayın soframıza ekmek olarak gelmesine kadar geçen süreçte harcanan hammaddenin, enerjinin ve emeğin de israf edilip ülkemiz ekonomisinde büyük kayıplara neden olmaktadır. Ülkemizde ekmek israfının neden olduğu yıllık ekonomik kayıp (1.546 milyar TL) un ihracatından elde edilen yıllık gelire (2011 yılında 1.605 milyar TL) hemen hemen eşdeğerdir (un ihracat gelirinin %96’sı). Bu rakam ise ülkemiz ekonomisi için göz ardı edilmemesi gereken büyüklükte bir kayba denktir (Anonim 2013b).

TMO, geçmiş yıllarda yapmış olduğu araştırmalarda ülke ekonomisine verdiği zararlardan ötürü ekmek israfının gündeme alınması ve bu israfın azaltılmasını sağlayabilecek önlemlerin belirlenmesi için geniş çaplı bir çalışma yapılması gerektiğini belirtmiştir. Bu amaçla ilk olarak 2008 yılında ve ardından 2012 yılında ülke genelinde araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda 2013 yılında “Ekmek İsrafını Önleme Kampanyası” başlatılmıştır ve sonuç olarak toplumun ekmek tüketim alışkanlıklarında iyileşmeler sağlandığı belirtilmiştir. TMO tarafından 2014 yılında yayınlanan raporda ise ülke genelinde fırın ve kendi üretimini yapan kurumların günde 90,9 milyon adet ekmek ürettiği bununla birlikte 3 milyon adet ekmeğin ise daha fırınlarda satılmadan israf edildiği belirtilmektedir.

Lokantalarda, otellerde, personel ve öğrenci yemekhanelerinde ve hanelerde toplam ekmek israfının günde 4.9 milyon adet olduğu (250 g’lık standart ekmek üzerinden) ve bunun günlük ekmek üretiminin %5,3’üne denk geldiği belirtilmektedir. Bu kaybın

büyük çoğunluğu hayvan yemi, geri kalanı ise çöpe atılarak israf edilmektedir. Ekmek israfı ülkemiz ekonomisine 2012 yılında 1.6 milyar TL zarar verirken yapılan israfi önleme kampanyası çalışmalarıyla ekmek israfı bir nebze azaltılmış ve yılda yaklaşık 300 milyon TL tasarruf sağlanmıştır (TMO 2014).

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki ekmeğin evlere veya kurumlara ihtiyaçtan fazla alınıyor olması ekmek israfının ana nedenlerindendir. Fırınlarda gerçekleştirilen fazla üretimin de ekmek israfına yol açtığı göz ardı edilemez bir gerçektir. Bununla birlikte ülkemizde insanların bayat ekmeğin yeniden değerlendirme yolları hakkında bilgi sahibi olmaması da belirtilen israf nedenleri arasında yer almaktadır (TMO 2013a). Fırınlarda gününde satılamayan ve kurumlarda tüketilemeyen ekmekler, daha sonra ucuz fiyata satma, ihtiyacı olanlara ücretsiz verme, galeta unu olarak değerlendirme, yem fabrikaları/besi çiftliklerine satma, sokak hayvanlarına verme, çöpe atma, sonradan köfte harcına ve çorbalara karıştırma veya ekmek tatlısı yapma şeklinde değerlendirilmektedir (TMO 2014).

“Türkiye’de Ekmek İsrafı Araştırması” raporunda bayatlanan ekmek israfındaki en önemli faktör olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte ekmek israfının %70’i yemekhane, lokanta ve restoran gibi yerlerdeki israf oluşturmaktadır. Rapora göre halkın %48’i ekmeği poşette, %12,2’si buzdolabında, %25,3’ü plastik kaplarda, %9,97’si ekmek dolabında ve %4,6’sı ise diğer yöntemlerle ekmeği saklamaktadır. Bu rakamlara bakıldığında ülkemizdeki insanlar arasında ekmeğin en uzun süre saklanabildiği yöntem olan buzdolabında saklanması çok yaygın değildir. Ekmeğin etkin saklama yöntemleri halkımız tarafından bilinmediği ve ihtiyaçtan fazla ekmek alındığı için israf artmaktadır (TMO 2013a).

Günümüzde bayatlayan ekmeğin değerlendirilmesi konusunda özellikle yurtdışında biyoteknolojik olarak geri dönüşümü temel alan çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde ise bu konuda yapılmış olan sayılı araştırma bulunmaktadır. Ülkemizde yılda tonlarca israf edilen ihtiyaç fazlası ekmeklerin herhangi bir mikrobiyolojik bozulmaya uğramadan kontrollü bir şekilde bayatlamasının ardından elde edilecek bayat ekmeklerin ülke

ekonomisine yeniden kazandırılarak sürdürülebilir tüketimin sağlanması gerekliliği gerçeği ortaya çıkmaktadır.

1.2. Ekmeğin Bayatlaması Mekanizması

Ekmeğin bayatlama mekanizmasını belirlemek için çok sayıda çalışma yapılmış ancak hala tam manasıyla çözülememiştir (Gerçekaslan 2006). Genel anlamda ekmeğin bayatlaması, mikroorganizmaların faaliyetleri sonucu meydana gelen bozulmaların dışında kalan ve tüketici beğenisinin azalmasına neden olan değişikliklerdir. Bu mekanizma, ekmek içinin sertleşmesi, kabuk gevrekliğinin ortadan kalkması ve taze ekmek aromasının kaybolması gibi değişimlerin tamamını kapsamaktadır (Göçmen 1996).

Nişastanın retrogradasyonu ekmeğin bayatlama mekanizmasının açıklanmasında tek başına yeterli olmasa da ekmek kalitesindeki düşüşte en önemli etkidir. Birçok araştırmada, ekmeğin bayatlamasının nişastanın retrogradasyonu ile yakından ilişkili olduğu gözlenmiştir (Çolakoğlu 2011). Bunun yanısıra ekmeğin su içeriği ile protein miktar ve kalitesinin de bayatlama mekanizması üzerine etkilerinin olduğu bildirilmektedir (Göçmen 1996; Karaoğlu ve Kotancılar 2005). Nişasta, granüllü ve yarı kristal yapıda bir maddedir. Nişasta molekülleri ve nişastayı oluşturan glikoz zincirleri çok sayıda hidrojen bağlarıyla birbirine sıkı sıkıya bağlı bulunmaktadır (Çelik 2008). Nişasta molekülleri soğuk suda çözünememekte ve tanecikler halinde süspanse olmaktadır (Elgün ve Ertugay 2003). Ancak nişasta molekülleri su varlığında ısıtıldığında, su moleküllerinin kinetik enerjisi artarak nişasta zincirlerinin ve moleküllerinin arasına girmek suretiyle mevcut hidrojen bağlarını koparıp nişastanın jelimsi bir yapıya dönüşmesini sağlamaktadır. Nişasta granülünde geri dönüşümsüz olarak gerçekleşen ve granülün yapısında önemli düzeyde değişime sebep olan bu mekanizma jelatinizasyon olarak adlandırılmaktadır (Çelik 2008). Soğuma ve depolama süresine bağlı olarak nişasta yapısında bulunan hidrojen bağları çekimi ile nişasta molekülleri ve zincirleri jelatinize olmuş nişastada yeniden birleşme eğilimine girerek zincirler arasına giren su dışarı çıkmakta ve moleküller ile zincirler birleşerek

yığımlaşmaktadırlar. Nişasta jelinde meydana gelen bu değişime nişasta retrogradasyonu denilmektedir (Elgün ve Ertugay 2003; Kotancılar vd 2009). Nişastada amiloz ve amilopektin fraksiyonlarının retrogradasyonu farklı sürelerde olup, bu süre amiloz fraksiyonunda pişirme sonrasındaki ilk birkaç saatte gerçekleşirken, bulurken, amilopektin fraksiyonunda bu süre birkaç gün içinde meydana gelmektedir (Çelik 2008). İlk araştırmalarda amilozun amilopektinden retrogradasyona daha meyilli olduğu ve dolayısıyla da amilozun bayatlamadan daha fazla sorumlu olduğu düşünülmekteydi. Ancak, daha sonra yapılan araştırmalarda amilopektindeki agregasyonun ekmek içi bayatlamasında daha etkili olduğu bildirilmiştir (Kotancılar vd 2006). Amilozun pişmeden sonra ilk saatlerde retrogradasyona uğraması bu teoriyi desteklemekte ve ekmek bayatlamasında amilopektinin amilozdan daha etkili olduğunu göstermektedir (Çelik 2008).

1.3. Kek

Yumuşak buğday ürünlerinden olan kek ürünleri unlu mamuller endüstrisinde önemli alanlardan birini oluşturmaktadır. Kek ürünlerinin üretimine ve tüketimine, nüfus artışıyla birlikte gelen şehirleşme, ulaşım imkanlarının günümüzde giderek gelişmesi ve yeni üretim tekniklerinin uygulanması gibi faktörler etki etmektedir. Kek ürünlerinin üretimi ve tüketimi bu gibi faktörlerden dolayı giderek artmaktadır (Dizlek vd 2008).

Kek genel bir ifade ile, yumuşak yani zayıf buğday unu, şeker, yumurta, yağ, süt, su, kabartma tozu, lezzet verici baharat ve gerekliyse bazı katkı maddelerinin kullanılmasıyla hazırlanan karışımın usulüne göre pişirilmesiyle elde edilen hazır gıda maddesi olarak tanımlanabilir (Köklü ve Özer 2008).

Kek ve kek çeşitleri unlu mamüller endüstrisinin en önemli alanlarından birini oluşturmaktadır. Ülkemizde ve dünyada kek ve kek çeşitlerine olan ilgi giderek artmaktadır. Keklerde genel olarak bileşenlerine, üretim metotlarına veya şekillerine göre sınıflandırma yapılabilmektedir (Uçar 2011).

Kimyasal ve mekaniksel olarak kabartılan, sevilerek tüketilen ve endüstriyel olarak üretilen kek çeşitleri pasta altı, dilim, baton, bar kek ve top kek pazarda büyümeyi sürdürmektedir (Doğan ve Yıldız 2004).

Kek, özellikle kullanımı kolay, kalori değeri yüksek, insanların damak zevkine hitap edebilecek çeşitlilikte ve bunun yanı sıra farklı formül ve şekillerde üretilen bir gıdadır. Unlu mamüller endüstrisinde ekmek ve bisküviden sonra en çok üretilen üründür (Dizlek vd 2008).

Kek yapımında kullanılan hammaddeler kekin yapısı ve kalitesinde önemli rol oynamaktadır. İçerisinde bulunan nişasta sebebiyle un, kekte fiziksel ve duyuşsal kalite üzerine etki eden en önemli hammadde arasında yerini almaktadır (Gözükara 2013).

1.4. Kek Bileşenleri

Kek yapımında en sık kullanılan başlıca bileşenler, un, şeker, yumurta, su, süt, yağ, kabartma tozu, yüzey aktif madde, vanilya ve tuzdur. Bu bileşenlerden şeker tatlandırıcı ve gevrekleştirici, un ve yumurta yapıyı düzenleyici, su ve/ya da süt nemlendirici, yüzey aktif maddeler ise kek hamur bileşenlerinin birbirleriyle homojen bir biçimde karışmasını sağlayıcı ve kabartma tozu gaz üretici olarak kullanılmaktadır. Bu maddelerin birbirleriyle karıştırılması sonucu oluşan emülsiyon yapısı son ürün olan kekte arzu edilen tat, tekstür ve hacmin oluşmasını sağlamaktadır (Yücel 2009).

1.4.1. Un

Un, temelde nişasta ve proteinden oluşur ve kekin temel yapıtaşıdır. Pişme sırasında nişasta jelatinizasyonu ve un proteinlerinin denatürasyonu ile kekin yapısal özellikleri gelişmektedir (Dizlek 2002).

Kek yapımında genellikle yumuşak, zayıf yani düşük gluten içerikli (Ertugay 1982) ve alfa-amilaz aktivitesinin düşük olduğu buğdaylardan elde edilen unlar kullanılmaktadır. Kül oranları nispeten düşük olan, küçük partikül iriliğinde ve su kaldırma kapasitesi az olan unlar kek üretiminde daha çok tercih edilmektedir (Dizlek 2002). Kuvvetli beyaz unlarla yapılan keklerde sertleşme ve bayatlama daha fazla gerçekleşmektedir. Protein miktarı ve amilaz aktivitesi düşük, su kaldırması düşük olan ve orta düzeyde yoğurulma gereksinimi duyulan unların kek üretimi için uygun olduğu belirtilmiştir (Yavaş 2012).

1.4.2. Şeker

Kek yapımında şekerin kullanım amaçları, şekerin pişen ürüne hoşça giden tatlılık ve lezzet kazandırması, enerji verici özelliği ile ürünün kalori değerini arttırması, yüzey görünümünü iyileştirmesi ve iyi bir gözenek yapısı sağlayarak tekstürü geliştirmesi, koruyucu özelliği ile raf ömrünü uzatması, Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon ile renk gelişimine katkıda bulunarak rengi düzenlemesidir (Dizlek 2002).

Pişirme sırasında, şeker, nişastanın jelatinizasyonunu düzenleyerek fırın ürünlerinin fiziksel yapısına etki etmekte, nişastanın jelatinizasyon sıcaklığını arttırarak jelatinizasyonu geciktirmektedir. Hamurdaki şeker/su oranı, nişastanın jelatinizasyon sıcaklığını yaklaşık 90°C'ye çıkartırsa iyi kalitede kek elde edilir. Keklerde kullanılan şeker konsantrasyonu %55-60 olduğunda jelatinizasyon sıcaklığı 57°C'den 92°C'ye çıkmaktadır (Koçer *et al.* 2007). Bu durum, şekerin hamurun su aktivitesini düşürmesi ve nişasta zincirleri arasında şeker köprülerinin oluşmasıyla gerçekleşmektedir. Geciken jelatinizasyon ile formülasyona ilave edilen kabartma tozlarının oluşturmuş olduğu CO₂ ve su buharı ile hava kabarcıkları tamamen genişmekte, sonuçta daha simetrik ve hacimli kekler elde edilmektedir (Koçer *et al.* 2007).

1.4.3. Yumurta

Kek yapımında kullanılan temel hammaddeleden olan yumurtanın birçok fonksiyonu bulunmaktadır (Lee *et al.* 1993). Taze yumurta akı yaklaşık olarak %85 su içeriğine

sahiptir. Yumurta akı içerdği albümin ile yapı oluşumuna katılmasının yanı sıra nemlendirici madde olarak görev yapmaktadır. Yumurta sarısı ise %49 su, %32 lipid ve %16 protein içermektedir. Kek yapımında yumurta sarısının nemlendirici, yapı oluşturu ve gevrekleştirici fonksiyonu bulunmaktadır (Dizlek 2002).

Keke ilave edilen yumurta akı kekin yapısının oluşumu ve şekil almasında rol oynamaktadır. Yumurta akının bileşimindeki proteinler oda sıcaklığında hava ile birleşerek viskoziteyi artırmaktadırlar. Ayrıca bu proteinler ısıtma esnasında viskoziteyi yükselttiğinden dolayı sıvı haldeki kek hamurunun katı hale geçmesini sağlamaktadırlar (Tiftik 2009).

1.4.4. Süt

Süt ve süt ürünleri kekin besin değeri ve lezzetinin arttırılmasını sağlamaktadır. Unlu mamüllerde süt daha çok taze süt şeklinde kullanılmaktayken, en çok kullanılan süt ürünleri peynir suyu tozu ve yağsız süt tozudur. Sıvı halde kullanılan süt kekte nemlendirici görevi yaparak sıvı faz olarak katkı sağlamakta ve nemin oluşmasına yardımcı olmaktadır (Köklü 2007).

1.4.5. Yağ

Yağın kek yapımındaki rolü, kek kokusunun oluşmasını sağlayan koku bileşiklerini taşımak ve ürüne lezzet vermek, keke dolgunluk, yumuşaklık ve kıvam vererek kekin yenme kalitesini geliştirmek ve kekin üretim aşamasında miksteki hava kabarcıklarının etrafını sararak bunların daha stabil hale gelmesini sağlamaktır. Yağ, kek hacmini arttırmakta, kabuk ve iç yapının oluşmasını etkilemekte, iç yapıyı yumuşatarak ve nem kaybına engel olarak son üründe raf ömrünü uzatmaktadır (Kıranlı 2006).

1.4.6. Kabartma tozu

TSE 9053'e göre sodyum bikarbonat (NaHCO_3), amonyum bikarbonat $[(\text{NH}_4)\text{HCO}_3]$, kalsiyum bikarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$, tartarik asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$), sitrik asit ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), malik asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$), potasyum hidrojen tartarat ($\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6\text{K}$), kalsiyum sitrat $[\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, kalsiyum laktat $[\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}]$ ve sodyum hidrojen pirofosfat ($\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) kabartma tozlarının bileşimine giren aktif hammadelerin başında gelmektedir. Bununla birlikte nişasta, kabartma tozu formüllerinde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. En iyi bilinen CO_2 kaynaklarından sodyum bikarbonatın diğer bir adı pişirme sodasıdır ve yalnız başına kullanıldığında daha yavaş olmak üzere bir asitle birlikte kullanıldığında ise daha çok gaz üretmektedir (Dizlek ve Gül 2009).



Hacim artışı, kek gibi yumuşak buğday unuyla yapılan hamurlarda, kek hamurunun karıştırılması esnasında yapıya hava kabarcıklarının kazandırılmasıyla ve kabartma tozlarının kimyasal olarak CO_2 gazı oluşturmaları ve bu gazların hamurda yeterince tutulmasıyla sağlanmaktadır (Dizlek ve Gül 2009).

Kabartma tozu, kek hamurunun kabarmasını sağlayarak yapının hafif ve gözenekli bir yapıda olmasını sağlayarak keke özgü iç yapının oluşmasını sağlamaktadır. Hamurdaki bu gözenekli yapı pişirme ile son ürüne yansıyarak kekin içinin yumuşak olmasını sağlar, kek iç rengi parlak olur ve keke tüketicinin beğenilirliğini arttırıcı nitelikler kazandırarak ürünün yeme kalitesini arttırır ve iyi bir hacim sağlar (Dizlek 2002).

1.4.7. Tuz

Kek yapımında tuz kullanılan diğer bileşenler ile beraber tat oluşumunu dengelemek ve koku özelliğini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Ayrıca tuz, kekta yumurtanın köpük oluşturma özelliğini olumlu olarak etkilemektedir (Kıranlı 2006).

1.4.8. Lezzet verici bileşenler

Kek üretiminde lezzet verici maddeler olarak genellikle vanilya, hindistan cevizi, kakao, çikolata, çeşitli kuruyemişler, meyve ve meyve suları, kuru meyveler, baharatlar (tarçın, zencefil), fındık, fıstık, ceviz vb. ürünler kullanılmaktadır (Yücel 2009). Bunların içinden vanilya sahip olduğu tat ve kokusuyla kullanılan lezzet verici bileşenler arasında önemli bir yere sahiptir (Dizlek 2002).

1.5. Kek Oluşumu

Kek miksi, su içinde yağ emülsiyonunu kapsamaktadır. Kek miksinde hava, karıştırma süresi başlangıcında, geniş veya büyük kabarcıklar şeklinde miksin yapısına girmektedir. Bu kabarcıklar kek tekstürünü oluşturmaktadır ve miksin karıştırılması sırasında oluşmaktadır (Karaoğlu 1998).

Kek miksi gözenek yapısının oluşması buharla sağlanmaktadır. Fırında ısının artışı, su buhar basıncını ve karbondioksit üretim hızını arttırarak kek miksindeki hava kabarcıkları genişlemektedir. Bununla birlikte nişastanın jelatinize ve proteinlerin ise koagüle olmasını sağlamaktadır. Bunun sonucunda ise kek miksi sıvı halden jel hale geçmektedir. Jel fazında kabarcıkların genişmesi baskılanır, basınçtaki artışa bağlı olarak kabarcıklardan gaz uzaklaşır ve kek hamurunun genişmesi sona erer. Isıtmanın devam etmesiyle yumurta ve un proteinleri koagüle olur ve pişirme boyunca bu durum devam etmektedir (Kıranlı 2006).

Kek miksi pişirmeyle birlikte sıvı fazdan katı faza geçerek nişastanın jelatinizasyonu ile köpüğe benzeyen yapı süngerimsi yapıya dönüşmektedir. Bu tip fiziksel dönüşümün olması için, ortamda bulunan serbest suyun nişasta tarafından absorbe edilmesi gerekmektedir. Nişastanın jelatinizasyonu ve proteinlerin denatürasyonu ile birlikte, viskozite ve mikroskobik yapıda da değişiklikler olmaktadır (Kıranlı 2006).

1.6. Amaç

Yukarıdaki bilgiler ışığında, Türkiye'de tüketicilerin büyük ölçüde hububata dayalı bir beslenme alışkanlığının var olduğu söylenebilir. Bu nedenle, özellikle ekmek israfı ve kaybıyla ortaya çıkan ekmeklerin yeniden değerlendirilmesine yönelik olarak yapılan/yapılacak olan çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde bayat ekmeklerin değerlendirilmesine yönelik birtakım çalışmalar yapılmıştır. Ekmeğin galeta ununa dönüştürülerek et ürünlerinde kullanımına yönelik çalışmalar, bayat ekmeğin kızartılmış buğday ve mısır cipsinde kullanımı ile ilgili bir çalışma ve bayat ekmeklerin tarhana ve instant tarhana üretiminde kullanılması ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Yine de bayat ekmeklerin değerlendirilmesiyle israfı önlemeye yönelik çalışmalar yeterli değildir. Türkiye genelinde ekmeğin sürdürülebilir tüketimiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmış olmakla birlikte, araştırma alanı olarak seçilen, bayat ekmeklerin keklerde yeniden değerlendirilmesi konusu ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle araştırma konusu orijinal niteliktedir ve önemlidir.

Tahıl unları ve diğer ingredientlerin fırın ürünlerinde kalite üzerine etkisini araştıran pek çok araştırma yapılmasına rağmen bayat ekmekten elde edilen unların kek gibi yapısı birinci derecede glutene dayanmayan ürünlerde kullanımı ve kalite üzerine etkisini içeren çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde her yıl, bayatlamadan dolayı, tonlarca miktarlarda israf edilen ekmeklerin tekrar fırıncılık ürünlerinde kullanılarak geriye kazanılabilme imkanı belirlenmeye çalışılmıştır. Öyle ki, 2013 yılında yapılan “Türkiye’de Ekmek İsrafı Araştırması” sonuçlarına göre 250 gramlık standart ekmek üzerinden Türkiye’de, günde 22.719 ton, yılda 8.29 milyon ton, günde 90.9 milyon adet, yılda 33.2 milyar adet ekmek üretilirken, günde 21.496 ton, yılda 7.85 milyon ton, günde 86 milyon adet, yılda 31.4 milyar adet ekmek tüketilmektedir. İsraf edilen ekmek miktarı ise günde 1.223 ton, yılda 447 bin ton, günde 4.9 milyon adet, yılda 1.79 milyar adettir. Dolayısıyla gerçekleşen israf oranı; üretilen ekmeğin %5,4’üne denk gelmektedir (TMO 2013b). Kontrollü şartlar altında bayatlayan ekmeklerin bu şekilde değerlendirilmesinin ülke ekonomisine büyük kazanç sağlayacağı düşünülmektedir.

Günümüzde bayatlayan ekmeğin değerlendirilmesi konusunda özellikle yurt dışında biyoteknolojik olarak geri dönüşümü temel alan çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde ise bu konuda yapılmış olan sayılı araştırma bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde yılda tonlarca miktarda israf edilen ihtiyaç fazlası ekmeklerin herhangi bir mikrobiyolojik bozulmaya uğramadan kontrollü bir şekilde bayatlamasının ardından elde edilecek bayat ekmek unlarının kekte kullanım olanaklarının araştırılmasıdır. Kekte yapı birinci derecede glutene dayanmadığı için, olumlu sonuçların beklendiği bu çalışmada, bayat ekmek unları ile üretilen keklerde metot kısmında belirtilen analizler yapılarak özellikle tüketim kalitesinde meydana gelen değişimler araştırılmıştır.

Böylece ülkemizde her yıl tonlarca miktarda israf edilen ekmeğin öncelikle ülke ekonomisine, üreticilere ve sektöre, daha sonra da tüketicilere geri kazandırılması sağlanmış olunacaktır. İsraf edilen ekmeğin tüketicilere ürün çeşitliliğinin de sağlanarak geri dönüşümü sağlanmaktadır. Bununla birlikte bayatlayan ekmekte oluşan dirençli nişastanın özellikle sindirim sistemi üzerinde çok faydalı olması mahiyetiyle ve daha önce böyle bir araştırma yapılmaması nedeniyle bilime fayda sağlanacağı düşünülmektedir.

Karbonhidrat içeriği yüksek gıdaların, yüksek sıcaklıklarda pişirilmeleri sonucu meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, gıdalarda renk, lezzet ve aromanın oluşumuna katkı sağladığı gibi bu reaksiyonlar sonucu oluşan akrilamid ve hidroksimetilfurfural gibi insan sağlığına toksikolojik ve karsinogenik etkileri olan bileşiklerde oluşmaktadır. Araştırmada bayat ekmek kabuğu ve ekmek içinden elde edilen unlar kek formülasyonuna ilave edileceği için üretilen keklerde akrilamid ve hidroksimetilfurfural analizleri yapılarak bu bileşikler üzerine olan etki de belirlenmiştir.

Araştırmada, kontrollü şartlarda bayatlamış olan normal ekmek, ekşi hamur ekmeği ve tam buğday ekmeği, ekmek içi ve ekmek kabuğu olarak ayrıldıktan sonra belli bir nem

miktarına kadar kurutularak değirmende öğütölüp una dönüştürölmüştür. Daha sonra elde edilen bu unlar %0, 15, 30, 45 ve 60 seviyelerinde kek formölasyonuna ilave edilerek kek miskleri ve kek üretimi gerçekleştirilmiştir. Materyal ve metot kısmında belirtilen formölasyonlara göre üretilen kek misklerinde Tekstür Analiz Cihazı ile viskozite ölçümleri, ekstrüzyon testlerine tabi tutularak yapılmıştır. Üretilen keklerde ise, ağırlık, hacim, spesifik hacim, simetri, üniformite indeksleri ve büzölme değeri, kek içi ve dış yüzeylerinin renk yoğunluğu ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Keklerde sertlik, kohesivlik, elastikiyet, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değeri Tekstür Analiz Cihazı ile belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen kekelerde akrilamid ve HMF (hidroksimetilfurfural) analizleri yapılarak uygulanan ısıl işlemin ürünlerde bu bileşiklerin oluşumu üzerine etkisi araştırılmıştır. Son olarak üretilen kekler duyusal olarak değeriendirmeye alınmıştır. Kekler dış görünüş, iç renk, tat, koku, aroma, tekstür, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik açısından puan sisteminde puanlandırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ülkemizin farklı bölgelerinde çok sayıda ekmek çeşidi bulunmaktadır. Pide, lavaş, tandır ekmeği, Vakfıkebir ekmeği, saç ekmekleri, mısır ekmeği, çavdar ekmeği, kepekli ekmek, cevizli, susamlı ve haşhaşlı ekmekler ve farklı boyut ve şekilde, yapılış ve içerik itibarıyla farklılıklar gösteren ekmekler bunlar arasında sayılabilir (Aydın ve Yıldız 2011).

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (2012/2)'ne göre ekmek, buğday ununa, su, tuz ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde ise şeker, enzimler, ve izin verilen diğer katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü; ekşi hamur ekmeği, tahıl unlarına su, tuz, maya, geleneksel veya endüstriyel yöntemlerle elde edilen ekşi veya ekşi hamur ilavesiyle hazırlanan hamurun tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile üretilen ekmek ve ekmek çeşitlerini; tam buğday ekmeği ise tam buğday unundan tekniğine uygun olarak üretilen ekmek çeşidini ifade etmektedir (Anonim 2012).

Kotancılar vd (2006)'nin yapmış oldukları bir çalışmada, Trabzon Vakfıkebir ekmeği üretimi modifiye edilerek laboratuvar şartlarında beyaz tava ekmeği üretilmiş, bu ekmeklerin kalitesi üzerine, ekşi hamur fermentasyon süresi ve ilave ekşi hamur katkısının etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda, 10-15 saat fermentasyon süresinde %20-30 ekşi hamur katkısı ile yapılan ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık değeri bakımından kaliteli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca fermentasyon süresi ve ilave edilen ekşi hamur katkısı artışının ekmek içi yumuşaklığında artışa, hamurda ve ekmek pH'sında ise düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir. Ekşi hamurdan yapılmış ekmeklerin uygun hacimde olması, güçlü bir aroma kazanması, iyi ekmek içi yapısının sağlanması ve uzun raf ömrüne sahip olmasından dolayı daha çok tercih edildiği ifade edilmiştir.

Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde, 2003 yılında Konya ilinde ekmeğin kullanımı ile ilgili olarak bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırmaya göre, tüketicilerin bayat ekmeklerin yaklaşık %35'ini hayvanlara verdiği, yaklaşık %6'sını ise çöpe attığı tespit edilmiştir. Ayrıca, Konya ilinde tüketicilerin yaklaşık %41'inin ekmek tüketimi konusunda bilinçli davranmadığı, tüketicilerin sadece %12'sinin ekmeği buzdolabında sakladığı ve ekmeği naylon poşet içerisinde oda sıcaklığında saklayıp kısa sürede bayatlatan tüketicilerin oranının ise %48 olduğu belirlenmiştir (Anonim 2013a).

Yüksel (2014)'in yapmış olduğu çalışmada, bayat ekmeklerin kızartılmış mısır ve buğday cipsi üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada, laboratuvar şartlarında üretilen ekmekler oda sıcaklığında kontrollü şartlarda bayatlamış ardından mikserde parçalanarak un haline getirilmiştir. Un haline getirilen bayat ekmekler buzdolabı şartlarında muhafaza edilmiş ve cips üretiminde kullanılmıştır. Üretilen cipslerde çeşitli fizikokimyasal, tekstürel, duyuşsal özellikleri belirlenmiştir. Bayat ekmek unu ilavesinin cipslerin akrilamid içeriğini az miktar da olsa arttırdığı belirlenmiştir. 190°C'de 50 sn kızartılarak hazırlanan buğday cipslerinde bayat ekmek unu içermeyen örnek 804 ppb akrilamid içerirken, bu değer %50 buğday cipsi içeren örnekte 929 ppb olarak belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde mısır cipslerinin akrilamid içeriğinin buğday cipslerinkinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buğday cipslerinin akrilamid içerikleri 296-929 ppb aralığındayken mısır cipslerinde bu aralık 347-1182 ppb olarak belirlenmiştir.

Gül (2010)'ün yapmış olduğu çalışmada ülkemizde her yıl israf edilen bayat ekmeklerin tarhana üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Çalışmada buğday ununa %25, %50 ve %75 oranlarında bayat ekmeklerden elde edilen galeta unu ve bir örnekte de %100 galeta unu olmak üzere tarhanalar üretilmiştir. Bu çalışma sonucunda bayat ekmeklerin <%25 oranlarda una katılmasıyla tarhana yapımında kullanılabileceği, üretilen bu tarhanalarda fermentasyon seyrinin una benzer olduğu, mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerinin de un tarhanasına yakın olduğu saptanmıştır.

Öney (2015)'in yapmış olduğu araştırmada, bayat ekmeklerden öğütülerek elde edilen ekmek ununa, tarhananın diğer unsurlarının, stabilizatör ve emülgatörün toz halinde bir araya getirilmesiyle instant toz tarhana çorba üretimi imkanı araştırılmıştır. Deneme deseninde 2 partikül inceliği ($<140\mu$ ve $<220\mu$) kullanılmıştır. Çalışmada toz tarhanalarda fiziksel, kimyasal ve reolojik analizler ile duyu testler uygulanmıştır. Sonuç olarak, bayat ekmek unlarından üretilen instant toz tarhana örneklerinin besinsel, reolojik ve duyu kriterler bakımından oldukça üstün özellikler gösterdiği tespit edilmiştir.

Söylemez (2013)'in yapmış olduğu çalışmada, tavuk köftelerinin çeşitli fiziksel, kimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri üzerinde galeta unu, yumurta akı tozu ve jelatinin etkisi araştırılmıştır. Köfte üretiminde katkı maddesi olarak kullanılan galeta ununun fiziksel-kimyasal özellikleri içinde pH, nem ve yağ üzerinde, tekstür özellikleri içerisinde ise kesme kuvveti ile yapışkanlık değerleri üzerinde ve renk parametreleri üzerinde (L, a, b) etkisinin önemli olduğu bulunmuştur.

Çiftçi (2010)'nin yapmış olduğu çalışmada İnci Kefali balığından elde edilen köftelerin üretiminde, transglutaminaz enzimi ve galeta ununun, çeşitli fiziksel, kimyasal, teknolojik ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu etkiler Yanıt Yüzeyi Yöntemi (YYY) kullanılarak matematiksel olarak modellenmiştir. Balık köfte yapımında katkı maddesi olarak kullanılan transglutaminaz enzimi ve galeta unu kullanıldıkları miktarlarda ürünün fiziksel, kimyasal, tekstürel, duyu ve teknolojik özellikleri üzerinde olumlu etkiler oluşturmuştur. Sonuç olarak, balık köfte üretiminde transglutaminaz enzimi ve galeta ununun yapıyı olumlu etkilediği gözlenmiştir. Transglutaminaz enziminin %0,41-0,61 aralığında, galeta ununun ise %4,5-5,9 aralığında kullanımı ile balık köftelerin genel özelliklerinin iyileştiği belirlenmiştir.

Chen *et al.* (2005), katı atık yönetiminde en genel ve uygulanan yol olarak atık fırın ürünlerini çöp alanlarına taşımak veya yakarak imha etmek şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte çöp sahalarına taşınan atık fırın ürünlerinin zamanla doğada çözünerek metan gazı oluşumu sonucunda yer altı sularının kirlenmesine neden

olabileceğini belirtmişlerdir. Atık ürünlerin yakılarak imha edilmesi sonucunda ise azot monoksit gazının çevreye salınımı riskinin olduğu belirtilmiştir. Atık fırın ürünlerinin yeniden kullanılması yolunun ise atık yönetimi açısından önemli olabileceği belirtilmiştir. Esasen enerji içeriği yüksek olan bu atık ürünlerin domuz ve sığır gibi hayvanların beslenmesinde direk kullanılabilmesi belirtilmiştir. Bunun başka bir kullanım yolu olarak atık ekmeklerin laktik asit gibi çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılabilmesine değinilmiştir.

Oda *et al.* (1997), atık ekmeklerden elde edilen ekmek kabuğundan amilolitik laktik asit bakterisi kullanılarak laktik asit üretimi ile ekmeğin geri dönüşümünü hedef alan bir çalışmada, %3,58 ekmek kabuğu içeren besiyerinde %2 maya ekstraktının maksimum laktik asit üretimini sağladığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ekmek kabuğundan laktik asit üretimi ve ekmek yapımı sırasında laktik asit fermentasyonundan elde edilen kültür filtratı optimizasyonunun atık fırın ürünlerinin geri dönüşümünde ekonomik bir metot olabileceğini rapor etmişlerdir.

Melikoglu *et al.* (2013), *Aspergillus awamori* tarafından katı faz fermentasyonu ile atık ekmekten üretilen multi-enzim çözeltisinin kinetik özelliklerini araştırmışlardır. Sonuç olarak, proteazın glukoamilazın stabilitesine neredeyse hiç etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Dahası atık ekmekten üretilen glukoamilazın yarı ömrünün buğday unundan üretilen glukoamilazınkine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu durum enzim termostabilitesini arttırdığı için önemli bir bulgu olarak vurgulanmıştır.

Lin *et al.* (2013), dünyada nüfustaki artışla birlikte yakıt ve kimyasallara olan talebin artmasının, kimyasal endüstrisi için sürdürülebilir ve yenilikçi stratejiler geliştirilmesini gerektirdiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda atık gıdaların kimyasal ve yakıt üretimi için kullanılabilir kaynak olabileceğine değinmişlerdir. Bu konuyla ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada atık fırın ürünlerinden fermentatif polilaktik asit üretimiyle tamamen biyolojik olarak çözünebilir geri dönüşümlü film üretiminin gerçekleştirilebileceği bildirilmiştir. Ayrıca bu filmlerin unlu mamül paketlenmesinde ambalaj materyali olarak kullanımı hedeflenmiştir (Venus 2012).

Yuksel and Kayacier (2016) yapmış oldukları çalışmada, yanıt yüzey yöntemi kullanarak bayat ekmek miktarı (0-50 g/100 g), kızartma sıcaklık derecesi (170-190°C) ve kızartma süresinin (40-60 s) bayat ekmekle zenginleştirilmiş buğday cipslerinin bazı fizikokimyasal, kimyasal, tekstürel morfolojik ve duyuşsal özellikleri üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Yüksek kızartma sıcaklığının sertlik ve su aktivitesi değerlerinde düşüşe neden olduğunu, bununla birlikte formülasyona ilave edilen bayat ekmek miktarıyla birlikte örneklerin yağ çekme oranının çok önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Buğday cipslerinin duyuşsal özelliklerinin bayat ekmek miktarıyla arttığı ifade edilmiştir. Genellikle panelistlerin kontrolle kıyaslandığında bayat ekmekle zenginleştirilmiş buğday cipslerini daha çok tercih ettikleri vurgulanmıştır.

Leung *et al.* (2012), yapmış olduğu çalışmada, atık ekmeklerden *Actinobacillus succinogenes* ile süksinik asit üretimi gerçekleştirmişlerdir. Atık ekmekler katı faz fermentasyonunda kullanılmış ve amilolitik ve proteolitik enzimler bakımından zengin kompleksler üretilmiştir. Diğer atık gıdalarla yapılan çalışmalarla kıyaslandığında en yüksek süksinik asit üretiminin atık ekmeklerden sağlandığı belirtilmiştir.

Hong Kong Starbucks'tan tedarik edilen ve kek ile pastalardan oluşan atık fırıncılık ürünlerinin süksinik asit üretiminde potansiyel kullanım olanağının araştırıldığı başka bir çalışmada, atık fırın ürünlerinin sürdürülebilir süksinik asit üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür (Zhang *et al.* 2013).

Gélinas *et al.* (1999)'ın atık ekmekten ekşi maya üretiminde optimum şartların belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, tam ekmekten elde edilen ekmek içinden yüksek asit üretiminin saptandığı, bunu tatlı tip ekmek içinin ve beyaz ekmekten elde edilen ekmek içinin izlediği belirtilmiştir.

Genel olarak tahıl ürünleri içinde ekmek diğer işlenmemiş tahıllara göre daha az stabil olduğu için daha hızlı bozulmaktadır. Biyolojik olan bu bozulma katı faz fermentasyonu yoluyla filamentli küfleri içeren ve özellikle *Aspergillus* spp. cinsi küfler tarafından meydana gelmektedir. Atık ekmekler öylece doğaya bırakıldığında CO₂ ve metan gazı

meydana gelerek sera gazı etkisi oluşmaktadır, bunun yerine atık ekmekler bu doğal fermantasyon prosesinde potansiyel değerli ürünler üretilebilmektedir (Melikoglu and Webb 2013).

Memeli (2015) yapmış olduğu çalışmada, diyet lifi içeriği zengin olan elma, havuç ve portakal posalarının kurutulup öğütülmesiyle elde edilen tozların farklı oranlarda (%0, 5, 10 ve 15) pirinç unu ile yer değiştirmesiyle glutensiz kek formülasyonuna ilavesinin kek kalitesi ve kek hamuru reolojisi üzerine olan etkisini incelemiştir. Diyet lifi kaynaklarının artan oranlarda kullanımıyla %5 oranında elma ve portakal posası tozu kullanılarak hazırlanan kek hamurları dışındaki posa tozları kullanımının kek hamuru özgül ağırlık değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Keklerde yapılan analizlerde elma, havuç ve portakal tozlarının artan oranlarda kullanımının kek hacminin düşmesine, sertlik değerinin ise artmasına neden olmaktadır. Ancak %5 PPT kullanılarak hazırlanan kekin kontrol kekine eşdeğer hacim indeksi, özgül hacim, porozite ve sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür. Üretilen kek örneklerinin duysal özellikleri renk, doku, görünüş, lezzet ve genel beğeni bakımından değerlendirilmiş, %5 oranında PPT kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin genel beğeni bakımından en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.

Maillard reaksiyonunu ve akrilamid oluşumunu etkileyen en önemli unsurların, gıdanın indirgen şeker ve serbest aminoasit içeriği, gıdaya uygulanan prosesin zaman-sıcaklık parametreleri, nem miktarı, ortamın pH düzeyi ve kullanılan katkı maddelerinin varlığı olduğu belirtilmektedir (Mottram *et al.* 2006; Konings *et al.* 2007).

Gertz and Klostermann (2002), GC-MS ile akrilamidin daha hassas ve güvenilir olarak belirlenmesi için yaptıkları çalışmada fırınlanmış, kızartılmış ve ızgara edilmiş nişata içeren gıdalarda akrilamid oluşumu için özellikle indirgen şeker mevcudiyetinde en önemli faktörün asparajin olduğunu vurgulamışlardır.

Farklı asit çözeltileriyle muamele yoluyla pH'nın düşürülmesinin akrilamid oluşum mekanizmasına etkisinin araştırıldığı bazı çalışmalarda pH'nın hem şekerlerin hem de

amino grubunun reaktivitesini etkileyerek akrilamid seviyesinde önemli düşüşler sağladığı tespit edilmiştir (Jung *et al.* 2003; Rydberg *et al.* 2003; Amrein *et al.* 2004; Kita *et al.* 2004).

Kek formülasyonunda bulunan unun yapısındaki nişasta, amiloz ve amilopektini kristal halde içermektedir. Kek pişirildiği esnada kristal yapıdaki amiloz ve amilopektin molekülleri jel formunu oluşturmaktadırlar. Kek uzun süre depolandığında jel halindeki amiloz ve amilopektin tekrar kristal yapıya dönerek kekin sertleşmesine neden olmaktadır (Gözükara 2013).

Tekstür gıdaların en önemli kalite özelliklerindendir ve gıda ürünlerinde duyu hislere karşılık verilen tepkiden ortaya çıkmaktadır (Al-Muhtaseb *et al.* 2013). Tekstürel özellikler genel olarak, mekanik, geometrik ve diğer özellikler (bunlarla ilişkili olarak gıdanın yağ ve su içerikleri) olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Szczeniak 1963). Bir gıdanın tekstürel ve duyu özellikleri, ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliği ve ürünün raf ömrüyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle tekstürel özellikler gıdaların taşınması, işlenmesi ve depolanması sırasında çok önem kazanmaktadır. Keklerde fiziksel bozulma olarak gerçekleşen bayatlama en önemli problemlerdendir. Lezzet kaybı, tekstürel değişimler ve kısmi kuruma tipik bayatlama göstergeleridir (Gómez *et al.* 2010). Keklerde meydana gelen bu değişimlerin belirlenebilmesi için enstrümantal ve duyu analizler kullanılmaktadır. Enstrümantal olarak ürünün tekstürel özellikleri TA (Texture Analyzer) cihazı kullanılmaktadır ve bu cihaz ürüne mekanik baskı veya delme işlemi uygulayarak ürünün mekanik şartlara gösterdiği yükü aralıksız olarak kaydetmektedir (Uçar ve Hayta 2012; Gözükara 2013).

Gómez *et al.* (2008) yapmış oldukları çalışmada, buğday ununa %50 ve %100 seviyesinde nohut unu ilave ederek kek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, keklerin hacim, simetri, tekstür ve kek içi ve kabuğunun renk yoğunluğu değerleri gibi kalite özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak buğday unu yerine kullanılan nohutunun keklerde sıklık (firmness) değerinde artışa, kohesivlik (cohesiveness) ve

elastikiyet (resilience) değerlerinde azalışa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Nohut unu ilavesi keklerde hacim ve simetrinin azalmasına yol açmıştır.

Gómez *et al.* (2010), buğday, yulaf kepeği ve selüloz mikrokristallerini 50, 80 ve 250µm partikül iriliğinde ve %12, 24 ve 36 seviyelerinde kullanarak kek üretimi gerçekleştirilmiştir. %20 oranında ve 250µm boyutunda buğday kepeğiyle kullanımının keklerde sertliğinin ve çiğnenebilirliğin arttığı, selüloz mikrokristallerinin kullanıldığı keklerin özelliklerinin ise kontrole en yakın olarak bulunduğu bildirilmiştir.

Günümüzde, nişasta retrogradasyonu boyutunun belirlenmesinde reolojik metotlar, termal analizler, infrared spektroskopisi, NMR spektroskopisi, X-ışını kırınım (X-ray Diffraction), iletkenlik (Kondüktans ve Kapasitans), mikroskopi, amiloz ve amilopektin çözünürlüğü ve duyuşal testler gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır (Gerçekaslan vd 2007; Gerçekaslan vd 2008).

Termal analizler nişasta retrogradasyonunu çalışmada geniş ölçüde kullanılmaktadır (Gray and Bemiller 2003). Depolanmış ekmek ve kek gibi nişasta içeren örnekler DSC kapları içerisinde ısıtıldıkları zaman, örnek ve referans arasındaki ısı akış farkı tanımlanmakta ve retrograde olmuş amiloz ve amilopektinin erime, donma ve camsı geçiş sıcaklığına ulaşmasında meydana gelen endotermik veya ekzotermik faz değişimleri sırasında ortaya çıkan veya absorblanan ısı miktarı yani oluşan entalpi ölçülebilmektedir (Jagannath *et al.* 1999; Sablani *et al.* 2008).

Grillo *et al.* (2014), yapmış oldukları çalışmada fırın ürünlerinin raf ömrünü değerlendirmek için image görüntü işleme analizini kullanmışlardır. Maliyeti ve oksijen geçirgenliği birbirinden farklı olan iki ayrı film ile kaplanmış keklerin dış görünüş ve duyuşal özelliklerinin depolama ile nasıl değiştiğini belirlemek için image görüntü işleme analizi ile duyuşal analizi kullanarak kıyaslama yapmışlardır. Keklerin kaplandığı filmler 12 hafta ya da kekler için öngörülen raf ömrü kadar test edilmiştir. Sonuç olarak image görüntü işleme analizinin keklerin depolanması boyunca renk ve şekil değişikliklerini kolay ve tam olarak belirleyebildiğini ifade etmişlerdir.

Kocer *et al.* (2007), image görüntü işleme analizi kullanarak polidekstroz ilavesinin kekin kabarma özellikleri (kek yüksekliği, ortalama gözenek büyüklüğü, küresellik faktörü, gözenek büyüklüğü üniformitesi ve büyüklük ve küresellik dağılımı) üzerine olan etkilerini araştırdıkları çalışmada, polidekstroz ilavesinin ortalama hücre büyüklüğünü azalttığını ancak gözenek büyüklüğü üniformitesini arttırdığını tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada bayat ekmek unu elde etmek için kullanılan normal ekmek, ekşi hamur ekmeği ve tam buğday ekmeği piyasadan temin edilmiştir. Aşağıda üretim aşamaları verilen, normal ekmek, ekşi hamur ekmeği ve tam buğday ekmeklerinin kontrollü şartlarda kurutulmasının ardından elde edilen bayat ekmek unları kullanılmıştır. Ekmekler, ekmek içi ve ekmek kabuğu olarak ayrıldıktan sonra nem miktarı %10'un altına düşünceye kadar kurutularak değirmende öğütülüp una dönüştürülmüştür. İnce (<160 μ) ve kaba (180-500 μ) olmak üzere iki ayrı incelikte sınıflandırılan unlar deneme planında belirtildiği oranlarda kek ununa, yer değiştirme esasına göre ilave edilerek deneme keklerinin üretimi gerçekleştirilmiştir.

Deneme keklerinin üretimi için bayat ekmek unu, kek unu, yumurta, süt, viskoz yapısı sıvı margarin, kabartma tozu, tuz ve şeker kullanılmıştır.

Kek unu olarak, baklava, börek, pasta ve kek için özel amaçlı buğday unu (Sinangil Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.) kullanılmıştır. Yumurta, Atatürk Ziraat Fakültesi İşletme Müdürlüğü'nden günlük olarak temin edilmiştir. Süt, Atatürk Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Süt Fabrikası'ndan taze olarak temin edilmiştir. Viskoz yapısı sıvı olan bitkisel margarin (Becel Pratik Bitkisel Sıvı Margarin, %65 yağlı), bileşimi sodyum prifosfat, sodyum bikarbonat ve dolgu maddesi olarak mısır nişastasından oluşan kabartma tozu (Dr. Oetker), rafine tuz ve tatlandırıcı olarak toz şeker piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Normal, Ekşi Hamur ve Tam Buğday Ekmeği Üretim Prosesi

3.2.1. Normal ekmek üretim prosesi

Normal ekmek formülasyonunda ekmeklik buğday unu kullanılmıştır. Hamur unsurları bir araya getirilip 30 dakikalık yoğurma işleminden sonra %80 nispi nem ve 30°C sıcaklıkta 20 dk tekne (ana) fermentasyonuna tabi tutulmuştur. Ana hamur kitlesi 320'şer gramlık parçalara ayrılarak (kesilerek) yuvarlak yapılmıştır. Yuvarlanmış hamurlar kısa bir süre gevşeme için 20 dk %80 nispi nem 30°C sıcaklıkta ara fermentasyona tabi tutulmuştur. Şekil verilen hamurlar pasalara alınmış ve burada %80 nispi nem ve 30°C sıcaklıkta 40 dk son fermentasyona tabi tutulmuştur. Fermentasyonu tamamlanan hamurlar bıçak atma işleminden sonra $220\pm 3^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki fırında 25-28 dk pişirilmiştir.

3.2.2. Ekşi hamur ekmeği üretim prosesi

Ekşi hamur ekmeğinin üretimi için 50 kg una önceden hazırlanan ekşi maya ve diğer hamur unsurları ilave edilerek 20-25 dk yoğrulmuştur. Hamur, 25°C sıcaklıkta ve %75 nispi nemde 3 saat kitle fermentasyonuna bırakıldıktan sonra kesilip tartılmış (1500 g) ve şekil verildikten sonra pasalara alınmıştır. 30°C sıcaklıkta ve %75 nispi nemde 1 saat dinlendirilen hamurlar 180°C sıcaklıkta 1 saat taş fırında pişirilmiştir.

3.2.3. Tam buğday ekmeği üretim prosesi

Ticari bir taş değirmenden elde edilen tam buğday unu ve su (20°C) yoğurucuda 30 dk yoğrulduktan sonra maya ve tuz ilave edilmiş ve 20 dk daha devam edilerek toplamda 50 dk yoğrulmuştur. Tekneye alınan hamur %80 nispi nem ve 25°C sıcaklıkta 40 dk kitle fermentasyonuna bırakılmıştır. Kesilen, tartılan (500 g) yuvarlak yapılan hamurlar 25°C sıcaklıkta 30-35 dk ara fermentasyona bırakılmış ve şekil verilip pasalara dizilerek %75 nispi nem ve 25°C sıcaklıkta 40-60 dk pasa fermentasyonuna (son fermentasyon)

tabi tutulmuştur. Tavalara dizilen hamurlara bıçak atılmış ve ardından $260\pm3^{\circ}\text{C}$ 'de 1 saat pişirilmiştir.

3.3. Yöntem

3.3.1. Deneme planı

Araştırma, kek üretimi için normal ekmek iç, normal ekmek kabuk, ekşi hamur ekmeği iç, tam buğday ekmeği iç ve tam buğday ekmeği kabuk olmak üzere 5 farklı bayat ekmek unu, ince ($<160\ \mu$) ve kaba ($180-500\ \mu$) olmak üzere 2 farklı irilik derecesi ve %, 15, 30, 45 ve 60 olmak üzere 5 farklı bayat ekmek un seviyesi olmak üzere $5\times 2\times 5$ faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.3.2. Ekmeklerin kontrollü şartlarda kurutulması ve bayat ekmek unu elde edilmesi

Araştırma için kullanılan ekmek çeşitleri fırınlarda üretildikten sonra soğuması için 1 saat bekletilmiş ve ardından polietilen torbalara konularak mikrobiyal bulaşma olmadan kontrollü şartlarda laboratuvar ortamına taşınmış ve kurutma için ön işlemlere tabi tutulmuştur.

Normal ekmekler laboratuvar ortamına taşındıktan sonra 24 saat bekletilmiştir. Ekmek içleri kabuklardan ayrılarak birbirine karıştırılmadan büyük parçalar küçültülmüştür. Ekmekler fırında $45-50^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta belli aralıklarla kontrol edilmek suretiyle herhangi bir mikrobiyal bozulmaya maruz kalmadan kurutulmuştur. Kurutulan ekmek içleri ve kabukları 5 valsli (3 kırma ve 2 ezme) kombine değirmen öğütme sisteminden (Yücebaş Makine Analitik Cihazlar Sanayi, İzmir) bir defa geçirilerek öğütülmüş ve elek sallama cihazında (Yücebaş Makine Analitik Cihazlar Sanayi, İzmir) 500, 180 ve $160\ \mu$ 'luk eleklerin bulunduğu elek takımından 10 dk süre ile elenmiştir.

Sonuç olarak unlar, <160 μ altı ise ince materyal ve 180-500 μ arası kaba materyal olarak iki ayrı incelikte kek üretiminde kullanılmak üzere elde edilmiştir. Elde edilen unlar üçer kg'lık polietilen torbalara konulmuş, ağızları sıkıca bağlanmış ve kullanım süresince buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.3.3. Kek üretimi

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Tahıl Laboratuvarında, sade kek formülasyonuna göre (Çizelge 3.2) ve Çizelge 3.3'teki üretim akışı kullanılarak kek miksi elde edilmiştir. Yumurtaların sarısı ile beyazı birbirinden ayrılarak formülasyonda ayrı ayrı kullanılmıştır. Formülasyonda, yumurta beyazı ilk aşamada ve hızlı devirde çırpılıp havalandırılarak, yumurta sarısı ise daha sonraki aşamalarda ilave edilmiştir. Elde edilen kek karışımı, teflon kek kalıplara 60'ar gram dökülmüş ve 175°C'de 35 dakika pişirilmiştir (Karaoğlu 1998). Kekler fırından çıkarıldıktan sonra soğuması için 1 saat bekletilmiş, bu süre sonunda polietilen poşetler ile ambalajlanıp analizlerde kullanılmak üzere oda şartlarında 7 gün bekletilmiştir.

Çizelge 3.1. Kek formülasyonu

Bileşenler	%
Un*	29,42
Şeker	23,79
Süt	17,65
Yağ**	11,77
Yumurta beyazı	11,77
Yumurta sarısı	2,35
Kabartma tozu	0,50
Tuz	0,05
Farklı ekmek çeşitlerinden unlar***	%0, %15, %30, %45, %60

*İlave edilecek farklı ekmek çeşitlerinden un seviyelerine göre miktarı değişmektedir.

**Sıvı margarin.

***Farklı ekmek çeşitlerinden unlar formülasyondaki normal un esasına göre ilave edilmiştir.

Çizelge 3.2. Kek üretim çizelgesi

Bileşenler		Karıştırma Süresi (dakika)
Yumurta Beyazı + 0,5 g Tuz		3
Şeker		1
Süt		2
Yumurta Sarısı + Yağ*		2
Un+KabartmaTozu		4

*Sıvı margarin.

3.3.4. Un analizleri

Deneme keklerinin yapımında kullanılan kek ununun, nem, yaş öz, kuru öz, gluten indeksi, Zeleny sedimentasyon, düşme sayısı, sıvılaşma sayısı ve renk özellikleri Elgün vd (2002) tarafından belirtilen yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Kullanılan unun özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

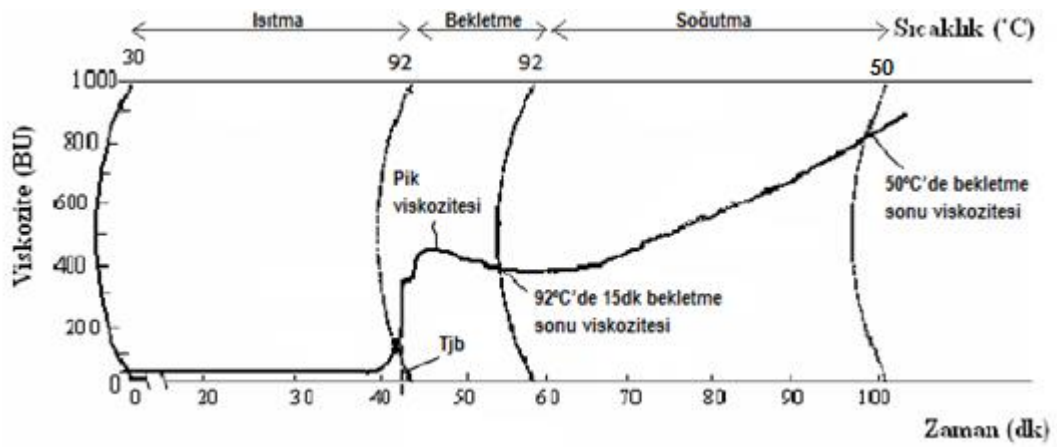
Çizelge 3.3. Kek ununa ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Un Özellikleri	
Nem (%)	11,7
Yaş Öz (%)	23,9
Kuru Öz (%)	9,1
Zeleny Sedimentasyon (cm ³)	35
Düşme Sayısı (FN, sn)	434
Sıvılaşma Sayısı (LN)	15,6
Gluten İndeksi	72
Un Renk Değerleri	
L	95,34
a	-0,33
b	9,19

Deneme keklerinin üretiminde kullanılan bayat ekmek unlarında ise nem ve renk özellikleri belirlenmiştir.

3.3.4.a. Çişişlenme özelliklerinin belirlenmesi

Kek üretiminde kullanılan un karışımlarının çişişlenme özelliklerinin belirlenmesinde, Amilograf cihazı (model 8101, Brabender, Duisburg, Germany) ve Karaoğlu (2006)'nın tarif ettiği metot kullanılmıştır. Şekil 3.1'de örnek bir amilogram eğrisi görölmektedir. Amilogram eğrisinden değeriilerin nasıl elde edildiği gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Örnek bir amilogram eğrisi ve değeriilerin gösterimi (Karaoğlu 2006).

Bayat ekmek unları deneme planında belirtildiği oranlarda kek ununa ilave edilmiştir. Kek üretiminde kullanılan un karışımları (55 g) 300 mL saf su ile birlikte bir karıştırıcı vasıtasıyla düşük devirde 1 dakika karıştırılmıştır. Süspansiyon amilograf kabına konulmuş ve 30°C'den 92°C'ye 5°C/dk hızla ısıtılmış, 92°C'de 15 dakika tutulmuş ve sonra düzenli olarak 50°C'ye soğutulmuştur. Çizdirilen amilograf kurvesinden (amilogram), pik viskozitesi (BU), 92°C'de 15 dk sonundaki viskozite (BU), 50°C'de bekletme sonundaki viskozite (BU) ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb} °C) değeriileri hesaplanmıştır.

3.3.5. Kek miksinde yapılan analizler

3.3.5.a. Özgöl kütle

Araştırmada hazırlanan kek miksleri, hacmi bilinen ve daha önce darası alınan bir kabın ağız kısmına kadar silme doldurulmuş ve kütleleri belirlenmiştir. Aynı kap yıkanıp kurutulduktan sonra saf suyla doldurularak tartılmıştır. Daha sonra kek miksi kütlesi suyun kütlesine (1 g su=1 mL su) bölünerek özgül kütle (g/mL) değeri hesaplanmıştır (AACC 55-50.01 1999).

3.3.5.b. pH

Kek miksinin pH değeri, 5 g kek miksinin 25 mL saf su seyreltilip 5 dk karıştırılması ile ölçülmüştür. Tampon çözeltilerle (pH'sı 4.00 ve 7.00 olan) standardize edilen Crison (Basic 20⁺) marka pH-metre kullanılarak pH değerleri belirlenmiştir (Kim *et al.* 2001).

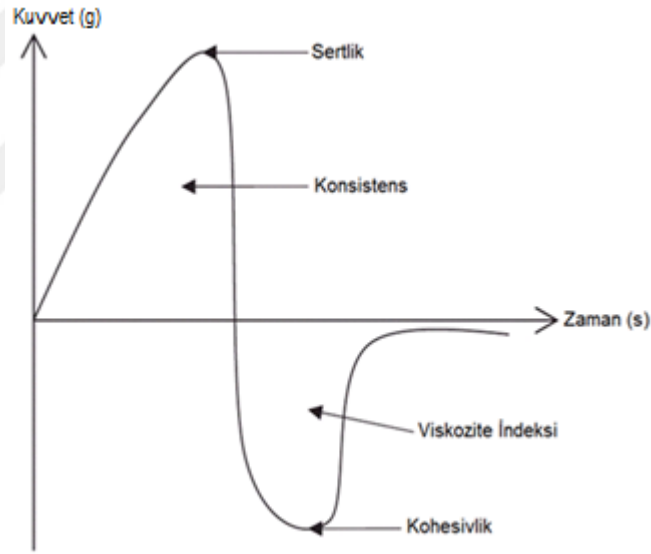
3.3.5.c. Geri ekstrüzyon (back extrusion) testi

Kek miksinde TA.XTplus Texture Analyzer (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, U.K) cihazı kullanılarak 35 mm çaplı prop ile geri ekstrüzyon testi yapılmıştır. Kek miksi hazırlandığı an bekletilmeden hızlı bir şekilde cihazın 75x65 mm boyutlarındaki silindirik örnek haznesine doldurulmuştur. Disk şeklindeki piston uyguladığı baskı ile örnek haznesindeki miksi disk etrafından yukarı doğru çıkmaya zorlayarak elde edilen kurveden miksin kıvamına ait verilerin elde edilmesini sağlamıştır. Elde edilen eğriden mikse ait sertlik, konsistens, kohesivlik ve viskozite indeksi parametreleri hesaplanmıştır. Kek miksi ekstrüzyon analizi metodunun yürütüldüğü koşullar Çizelge 3.4'te verilmiştir (Boz 2012).

Çizelge 3.4. Kek miksi için yapılan ekstrüzyon analizinin yürütüldüğü koşullar

Test modu	TPA
Ön test hızı	3,00 mm/s
Test hızı	3,00 mm/s
Test sonrası hız	3,00 mm/s
Mesafe	30,0 mm
Tetikleme gücü	5,0 g

Bu şartlar altında çizdirilen kurveden Şekil 3.2’de belirtilen parametreler hesaplanmıştır.

**Şekil 3.2.** Örnek bir geri ekstrüzyon kurvesi

Sertlik (Firmness): Örnek içinde ilerleyen proba uygulanan maksimum sıkıştırma kuvveti (g). Konsistens (Consistency): İleri ekstrüzyon sırasında elde edilen curve altındaki alan (g.s). Kohesivlik: Probun örnekten çekilmesi sırasında algılanan maksimum kuvveti (g). Viskozite indeksi: Probun geri çekilmesi sırasında oluşan negatif curve alanı (g.s).

3.3.5.d. DSC ile kek miksinin termoanalitik özelliklerinin belirlenmesi

Nişastanın termoanalitik özellikleri Wilderjans et al. (2010)'un kullandığı metotta küçük değişiklikler yapılarak DSC ile belirlenmiştir. 10 mg kek miksi örneği, kek miksinin karıştırılmasından hemen sonra hermetikli olarak kapatılmış alüminyum kaplara konularak DSC-60 (Shimadzu Corp. Kyoto, Japan)'de 10°C/dk sıcaklık artışı ile 20°C ile 120°C arasında taranmıştır. Başlangıç değişim sıcaklığı (Ti) ve değişim sonrası sıcaklık (Tc) olarak elde edilmiştir. Maksimum noktadaki değişim sıcaklık değeri, pik değişim sıcaklığı (Tp) olarak tanımlanmıştır. Entalpi değişimi, ısı akışının değişim sıcaklık aralığına integre edilmesi ile tahmin edilmiştir (ΔH) ve Joule/g örnek olarak tanımlanmıştır.

3.3.6. Kekte yapılan analizler

3.3.6.a. Nem

Nem miktarı analizi ürün fırından çıktıktan 6 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Fırından çıkarılan kekler önce 1 saat dinlendirilmiş ardından polietilen poşetlere konulmuştur. Poşetlerde kekler üretimden 6 saat sonra nem miktarı analizine tabi tutulmuştur. Üretilen kek örneklerinin nem miktarını belirlemek amacıyla keklerin merkezinden 2,2 cm çapındaki bir sonda yardımıyla yaklaşık 3 g örnek alüminyum nem kaplarına tartılmıştır. Kek örnekleri 105°C'ye ayarlı kurutma dolabında 24 saat kurutulmuş ve desikatörde 15 dk soğutulup tartılmıştır. Tartım değerleri sabit tartım ağırlığına ulaşıncaya kadar her yarım saatte tartım alınmıştır. Kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır (Rodríguez-García *et al.* 2014).

3.3.6.b. Kütle, hacim, spesifik hacim

Üretilen keklerin kütle ölçümleri gram cinsinden ve hacim ölçümleri cm³ cinsinden keklerin fırın çıkışından 1 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Hacim ölçümleri, kolza

tohumu ile yer değiştirme metoduna göre yapılmıştır. Spesifik hacim değerleri, elde edilen ktle ve hacim sonuçlarına göre cm^3/g cinsinden hesaplanmıştır (Lee *et al.* 1982).

3.3.6.c. Kek içi tekstür profil analizi

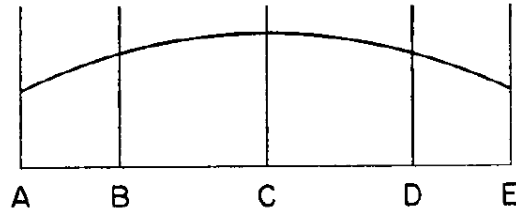
Kek i tekstür özelliklerinin belirlenmesi için Tekstür Analiz Cihazı (model TA-XT.plus, Stable Micro System, England) 75 mm çaplı probu ile birlikte kullanılmak suretiyle analiz yürütülmüştür. Deneme planında belirtilen % oranlarına göre hazırlanan unlardan elde edilen kekler 1 saat soğutulduktan sonra polietilen torbalarda oda sıcaklığında 7 gün muhafaza edilmiştir. Bu süre sonunda kekler özel dilimleme kabında 25 mm yüksekliğinde kesilmiş ve özel sonda ile 30 mm çapında düz bir zemin üzerinde kek içi merkezini tam ortalayacak şekilde alınarak analize tabi tutulmuştur. Elde edilen TPA kurvesinden sertlik, kohesivlik, elastikiyet, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik parametreleri hesaplanmıştır. Kek içi tekstür profil analizi metodunun yürütüldüğü koşullar izelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kek içinde yapılan tekstür profili analizinin yürütüldüğü koşullar

Test modu	TPA
n test hızı	1,00 mm/s
Test hızı	1,00 mm/s
Test sonrası hız	1,00 mm/s
Sıkıştırma oranı	%40,00
Tetikleme gücü	30,00 g

Bu şartlar altında çizdirilen eğriden şekil 3.3'te belirtilen parametreler şu şekilde hesaplanmıştır:

cetvelden mm cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.4). Kek örnekleri pişirildikten sonra 1 saat soğutulmuş ve ardından dikey olarak merkezlerinden dikkatlice kesilmiş, milimetrik kağıt ile özel hazırlanmış olan şablonun üzerine kesilmiş yüzeyleri gelecek şekilde yerleştirilmiş ve metotta belirtilen yükseklikleri milimetrik şablondan okunmuştur. Bu değerler daha sonra indekslerin hesaplanmasında kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Kek ölçüm şablonu (AACC metot 10-91.01, 1999)

Hacim, simetri, üniformite indeksi ve büzülme değerleri kek ölçüm şablonu kullanılarak şu formüllere göre hesaplanmıştır (Şekil 3.3):

Hacim indeksi (mm)=B+C+D;

Simetri indeksi (mm)=(2xC)–(B–D);

Üniformite indeksi (mm)=B–D;

Büzülme (Shrink) değeri (mm)=Kek kalıbının çapı–Kekin çapı.

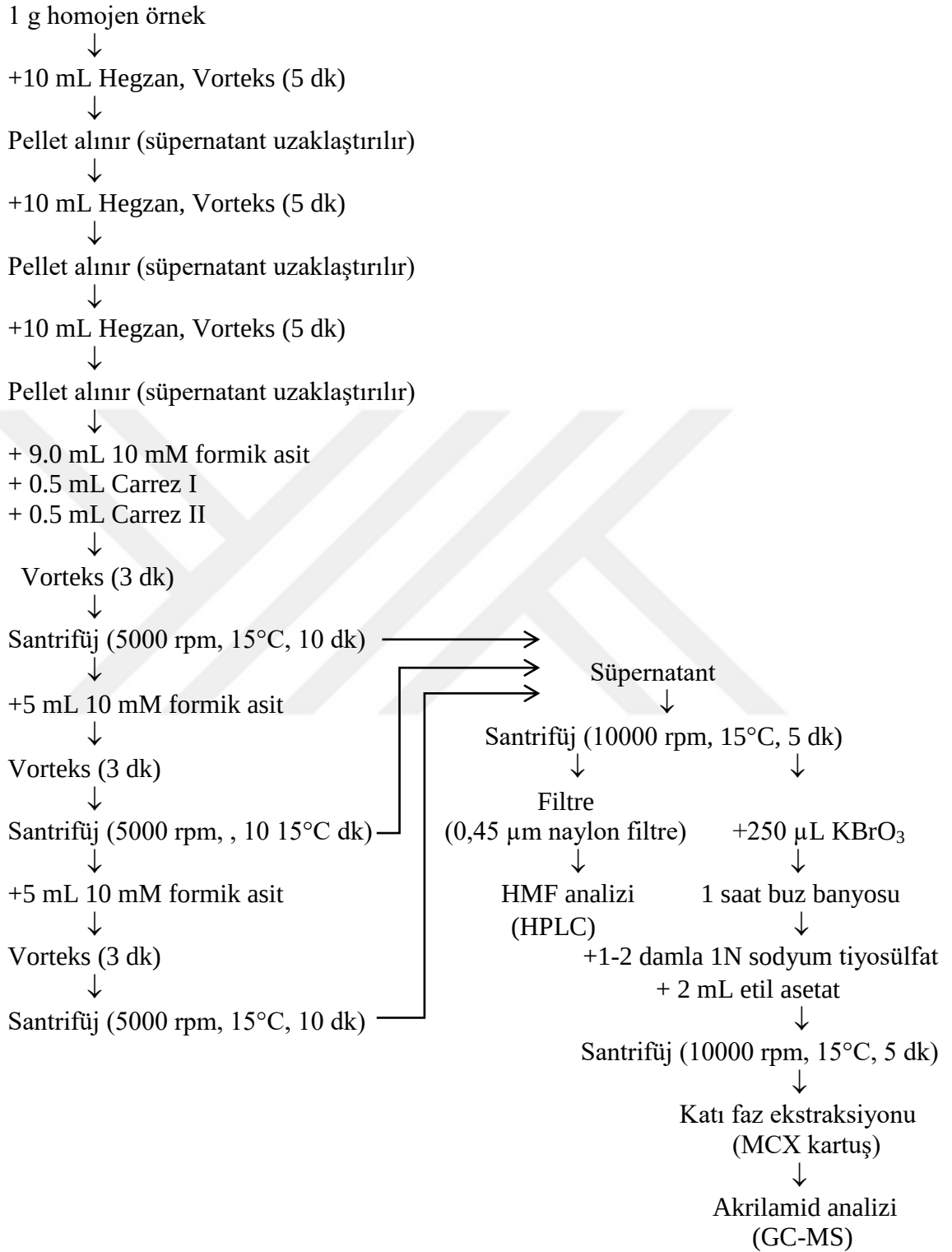
3.3.6.e. Kek kabuk ve kek iç renk yoğunlukları

Üretilen keklerin iç ve kabuk renk yoğunlukları Elgün vd (2002) tarafından belirtilen metota göre ölçülmüştür. Renk yoğunluklarının ölçümü ve sonuçların değerlendirilmesi, Uluslararası Aydınlatma Komisyonunun (CIELAB; Comission Internationale de l'Eclairage) formülüne göre yapılmıştır. Bu formül, üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup; L; 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, -a değeri yeşil, +a değeri kırmızı, -b değerleri mavi, +b sarı renk yoğunluklarını göstermektedir.

3.2.6.f. HMF

HMF analizi için homojenizasyon, ekstraksiyon ve katı faz ekstraksiyonu işlemleri Gökmen *et al.* (2009), Yıldırım (2010) ve Cengiz and Boyacı Gündüz (2014) tarafından verilen metotlarda küçük modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Kek örnekleri analiz öncesinde liyofilizasyon işlemine tabi tutularak 24 saat kurutulmuştur. Liyofilizatörden çıkarılan kek örnekleri belirtilen metotlarda bir takım değişiklikler yapılarak önce ekstraksiyona tabi tutulmuş sonra analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5'te çalışmada uygulanan HMF ve akrilamid analizi aşamaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.5. HMF ve akrilamid analizi aşamaları

Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile HMF analizi Agilent 1100 (Santa Clara, CA, USA) sistem ile yapılmıştır. Sistemde UV-VIS dedektör ve Nucleosil 5C18 (250x4,6 mm ID) kolon (HICHRON, Reading Berkshire, England) kullanılmıştır. Hareketli faz olarak 10:90 (v/v) metanol-su kullanılmış ve akış hızı 1 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır (oda sıcaklığında). HMF konsantrasyonu bir dış kalibrasyon kurvesi (55690-5-HMF, Fluka Chemika) kullanılarak belirlenmiş ve ölçümler 280 nm’de yapılmıştır (Rada-Mendoza *et al.* 2002). Her bir örnek iki defa analiz edilmiş ve ortalama değerler alınmıştır.

HMF stok çözeltisi 1,0 mg/mL derişimde su içerisinde hazırlanmıştır. Çalışma standart çözeltileri, stok çözeltiden günlük olarak 1000, 500, 250, 100, 50, 10, 5 ve 2,5 µg/mL derişimlerine ultra saf su ile seyreltilerek hazırlanmıştır.

3.3.6.g. Akrilamid

Akrilamid analizi için örneklerin ekstraksiyonunda, HPLC ile HMF analizi için uygulanan ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kek örneklerinde akrilamid miktarı analizi GC-MS (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi) kullanılarak Gökmen *et al.* (2009), Yıldırım (2010) ve Cengiz and Boyacı Gündüz (2014) tarafından verilen metotlarda küçük modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Örnek ekstraktları ve standart çözeltiler GC-MS’te pozitif elektron etkisi kullanılarak seçici iyon görüntüleme (SIM) metoduyla analiz edilmiştir. GC-MS kolonu olarak DB-225 (30 cm x 0,25 mm x 0,25 µm) ve hareketli faz olarak helyum kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 40°C’den 200°C’ye dakikada 30°C arttırılacak şekilde, analizde splitless modu kullanılmıştır (Robarge *et al.* 2003).

Standart çözeltilerin hazırlanması için kromatografik saflıktaki akrilamid standardından 10 µg/ 50 mL (200 ppb) derişimde ultra saf su içerisinde akrilamid stok çözeltisi hazırlanmıştır. Stok çözeltiden günlük olarak 200 ppb, 100 ppb, 50 ppb, 25 ppb, 10 ppb, 5 ppb ve 2,5 ppb olacak şekilde kalibrasyon çözeltileri hazırlanarak örneklere olduğu gibi aynı işlemlere tabi tutulup kalibrasyon kurvesi elde edilmiştir. Her bir örnek iki

defa analiz edilmiş ve ortalama değerler bildirilmiştir. Örneklerin akrilamid miktarları ppb ($\mu\text{g/kg}$) düzeyinde ölçülmüştür.

3.3.6.h. Görüntü işleme analizi

Pişmiş kek örnekleri 1 saat dinlenmenin ardından elektrikli bıçakla (Arçelik K 8210s) dikey olarak kesilerek iki eşit parçaya ayrılmıştır. Kesik yüzeyin görüntüsü yatay tarayıcı (HP Scanjet G2710) ile 1200 dpi çözünürlükte ve 64,6 x 49,8 mm boyutlarında alınmıştır. Görüntüler JPEG formatında kaydedilmiştir.

Çekilen görüntüler Image J (Image Processing and Analysis in Java) paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan bu program görüntüdeki iki faz (gözenekler ve yüzey) arasındaki kontrastı kullanmaktadır. Renkli görüntü Image J 1.49 (<http://imagej.nih.gov/ij/>) yazılımı kullanılarak önce RGB formatına ve ardından 8 bit gri skalaya çevrilmiştir. Bu formatta, taranmış görüntünün merkezinden mümkün olan en büyük kare alan seçilmiş ve kekteki gözenekleri yüzeyden ayırt edilebilir hale getiren ve çift renk bileşenli görüntü oluşturan Otsu algoritması uygulanmıştır (Otsu 1975). Sonuçlar, 1- toplam gözenek sayısı, 2- gözenek yoğunluğu (birim alandaki gözenek sayısı, gözenek/cm^2), 3- toplam gözenek alanı (mm^2), 4- gözeneklilik (gözenek alanının toplam alana oranının yüzdesi, %Alan) olarak verilmiştir (Gonzales and Butler 2006; Demirkol vd 2008; Çolakoğlu 2011; Sánchez-Pardo *et al.* 2012).

3.2.6.i. Duyusal analiz

Kek örneklerinin duyusal analizleri Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği bölümünde Tahıl laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Panelistler (14 kişi) bay ve bayan olmak üzere Gıda Mühendisliği bölümü öğretim üyeleri ve yüksek lisans/doktora öğrencilerinden seçilmiştir ve değerlendirme öncesi bilgilendirilmişlerdir. Üretilen kek örnekleri dilimlenmiş, dilimler her biri rastgele üç haneli olacak şekilde kodlanarak numaralandırılmış numune kapları içerisinde içme suyu ve duyusal değerlendirme formu (Şekil 3.6) eşliğinde panelistlere sunulmuş ve örneklerin duyusal

olarak değerlendirmeleri istenmiştir. Üretilen tüm kek örneklerinin oda sıcaklığında polietilen poşetler içinde 24 saat bekletildikten sonra sunulmalarına özen gösterilmiştir. Kek örnekleri dış görünüş, iç renk, tat, koku, aroma, tekstür, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik özellikleri açısından değerlendirmeye tabi tutulmuşlardır. Parametrelerin değerlendirilmesinde 9 puanlı hedonik skala (1=çok kötü, 9=çok iyi) kullanılmış ve panelistlerden her kek örneği için birden dokuza kadar puanlar verilmesi istenerek değerlendirme yapılmıştır (Meilgaard *et al.* 1999).

Duyusal değerlendirme formu								
Panelistin adı soyadı:								
Tarih:								
Örnek No:								
Puan veriniz (1-9)	Dış görünüş	İç renk	Tat	Koku	Aroma	Tekstür	Ağızda bıraktığı his	Genel kabul edilebilirlik
1 çok kötü								
5 orta								
9 çok iyi								

şekil 3.6. Kek duyusal değerlendirme formu

3.2.7. İstatistiksel analizler

Araştırma sonucu elde edilen veriler, SPSS, SPSS for Windows Release 10.0.1 (1999) paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. Önemli çıkan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar, Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanarak karşılaştırılmıştır (Yıldız ve Bircan 1991).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Bayat Ekmek Unlarının Nem İçeriği ve Renk Yoğunluğu Değerleri

Deneme keklerinin yapımında kullanılan bayat ekmeklerden elde edilen unlarda nem ve renk yoğunluğu değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bayat ekmek unlarına ait fiziksel analiz sonuçları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Nem (%)	Un Renk Değerleri		
			L	a	b
Ekşi Hamur İç	İnce	8,75	87,85	0,66	11,83
	Kaba	9,00	80,81	1,57	16,22
Normal Ekmek İç	İnce	8,25	89,58	0,42	10,87
	Kaba	8,67	85,67	0,88	12,71
Normal Ekmek Kabuk	İnce	8,83	83,55	3,92	20,80
	Kaba	9,08	77,08	6,02	24,60
Tam Buğday İç	İnce	7,92	84,16	1,31	13,89
	Kaba	8,67	74,15	3,13	18,93
Tam Buğday Kabuk	İnce	7,34	79,48	4,30	20,45
	Kaba	7,68	68,69	7,89	26,16

Açıklık ve koyuluğun bir ölçüsü olan L renk değeri, tüm ekmek çeşitlerinin içlerinden elde edilen bayat ekmek unlarında yüksek, bayat ekmek kabuklarında ise daha düşük çıkmıştır. L renk değeri, normal ekmek içinden elde edilen ince unlarda en yüksek, tam buğday ekmek kabuğundan elde edilen kaba unlarda ise en düşük bulunmuştur. Koyuluğun artmasına paralel olarak, kırmızılığın bir ölçüsü olan +a renk değeri de aynı değişimi sergilemiştir. Sarılığın bir ölçüsü olan +b renk değeri ise tam buğday ekmeğinden elde edilen kaba unda en yüksek, normal ekmek içinden elde edilen ince unda ise en düşük bulunmuştur.

4.2. Kek Üretiminde Kullanılan Un Karışımlarının Çirişlenme Özellikleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla hazırlanmış un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika

viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Viskozite (BU)			T_{jb} (°C)
			Pik	92°C’de 15 dk. sonunda	50°C’de	
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	219,00	99,00	199,00	72,10
		15	148,00	80,00	235,00	74,10
		30	128,00	71,00	214,00	77,10
		45	92,00	69,00	190,00	80,10
	Kaba	15	156,00	87,00	259,00	75,10
		30	115,00	80,00	243,00	78,10
		45	98,00	81,00	244,00	81,40
Normal Ekmek İç	İnce	15	146,00	79,00	219,00	73,40
		30	108,00	65,00	189,00	76,40
		45	72,00	54,00	159,00	79,40
	Kaba	15	171,00	88,00	239,00	73,40
		30	132,00	80,00	221,00	75,10
		45	98,00	70,00	206,00	79,40
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	161,00	80,00	234,00	74,10
		30	112,00	61,00	190,00	76,40
		45	91,00	61,00	184,00	78,10
	Kaba	15	161,00	92,00	250,00	73,40
		30	120,50	79,00	240,00	77,10
		45	100,00	80,00	237,00	79,40
Tam Buğday İç	İnce	15	149,00	79,00	220,00	73,40
		30	102,00	63,00	174,00	75,10
		45	82,00	58,00	149,00	78,10
	Kaba	15	159,00	84,00	259,00	73,40
		30	119,00	79,00	218,00	78,10
		45	82,00	69,00	199,00	81,10
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	159,00	84,00	244,00	73,40
		30	122,00	79,00	202,00	75,40
		45	109,00	79,00	199,00	78,10
	Kaba	15	164,00	96,00	269,00	74,10
		30	124,00	89,00	209,00	78,10
		45	94,00	84,00	199,00	81,10

Kek üretiminde kullanılan un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir. Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye kek içlerinin pik

viskozitesi, 15. dk viskozite değeri, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı değerleri üzerinde çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Viskozite (BU)						T _{jb} (°C)	
		Pik		92°C'de 15 dk. sonunda		50°C'de			
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	206,95	124,48**	254,63	169,75**	1248,55	756,69**	2,87	143,71**
Un İriliği (B)	1	632,81	380,64**	1548,80	1032,53**	12005,00	7275,76**	12,32	616,23**
Seviye (C)	3	61101,08	36752,53**	3227,80	2151,87**	9058,40	5489,94**	219,33	10966,63**
A X B	4	262,13	157,67**	21,43	14,28**	381,50	231,21**	2,62	131,04**
A X C	12	75,10	45,17**	59,43	39,62**	363,98	220,59**	0,633	31,65**
B X C	3	86,55	52,06**	191,60	127,73**	1547,40	937,82**	3,37	168,49**
A X B X C	12	83,44	50,19**	10,56	7,04**	165,73	100,44**	0,826	41,30**
Hata	40	1,663		1,500		1,650		0,020	

* ($p<0,05$) düzeyinde önemli

** ($p<0,01$) düzeyinde önemli

Çizelge 4.3'te $p<0,01$ düzeyinde önemli çıkan ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenlerine ait kek içi pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test (DÇKT) sonuçları sırasıyla Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ekmek çeşidi değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	Viskozite (BU)			T_{jb} (°C)
		Pik	92°C'de 15 dk. sonunda	50°C'de	
Ekşi Hamur İç	16	146,88c	83,25b	222,88a	76,262a
Normal Ekmek İç	16	145,63d	79,25d	203,88d	75,163d
Normal Ekmek Kabuk	16	147,94b	81,38c	216,63b	75,338c
Tam Buğday İç	16	141,38e	78,75d	202,13e	75,425c
Tam Buğday Kabuk	16	151,25a	88,63a	215,00c	75,550b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi en yüksek pik viskozitesi ve 15. dk viskozite değeri tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmek un karışımlarında tespit edilirken en düşük pik viskozitesi tam buğday ekmek içinden, 15. dk viskozite değeri ise tam buğday iç ve normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek un karışımlarında tespit edilmiştir. Bunun yanısıra ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek un karışımlarında pik viskozitesi değeri normal ekmek içinden elde edilen bayat un karışımlarıyla yapılandan önemli derecede yüksek tespit edilmiştir. Gerçekaslan (2006)'ın Trabzon Vakfıkebir ekmeği ve francala ekmeğinin bayatlamalarını çeşitli yöntemlerle araştırdığı çalışmada Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin içine ait pik viskozitesi ve 15. dakika viskozitesi değerleri francala ekmeğinkinden önemli derecede yüksek çıkmıştır ve bu sonuç elde ettiğimiz sonuçla paralellik göstermektedir. Amilograf test sonuçları ilk fırın fazında hamurun davranışı hakkında fikir vermektedir. Pik viskozitesi, fiziksel olarak parçalanmadan önce, ekmekteki nişasta granüllerinin serbestçe şişme kabiliyetlerini yansıtmaktadır. Yüksek şişme gücüne sahip nişasta içeren ekmek içi yüksek viskozite vermektedir (Wang *et al.* 2000). 50°C viskozitesi ve T_{jb} değeri en yüksek ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen un karışımlarında tespit edilirken en düşük 50°C viskozitesi değeri tam buğday iç ve en düşük T_{jb} değeri ise normal ekmek kabuğu ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen un karışımlarında görülmüştür. Benzer şekilde Gerçekaslan (2006) yaptığı çalışmada, Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin içine ait çirilenme sıcaklığı değeri francala ekmeğinkine göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Bu durumu uzun pişirme periyodunun ekmek içinde daha fazla nişasta zararına neden olduğundan dolayı çirilenme sıcaklığının artmasına neden olmasından kaynaklandığını belirtmiştir.

Çizelge 4.5. Un iriliği değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Viskozite (BU)			T_{jb} (°C)
		Pik	92°C'de 15 dk. sonunda	50°C'de	
İnce	40	143,800b	77,850b	199,850b	75,155b
Kaba	40	149,425a	86,650a	224,350a	75,940a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi un iriliğinin artması tüm viskozite değerlerinde ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığında önemli bir artışa neden olmuştur.

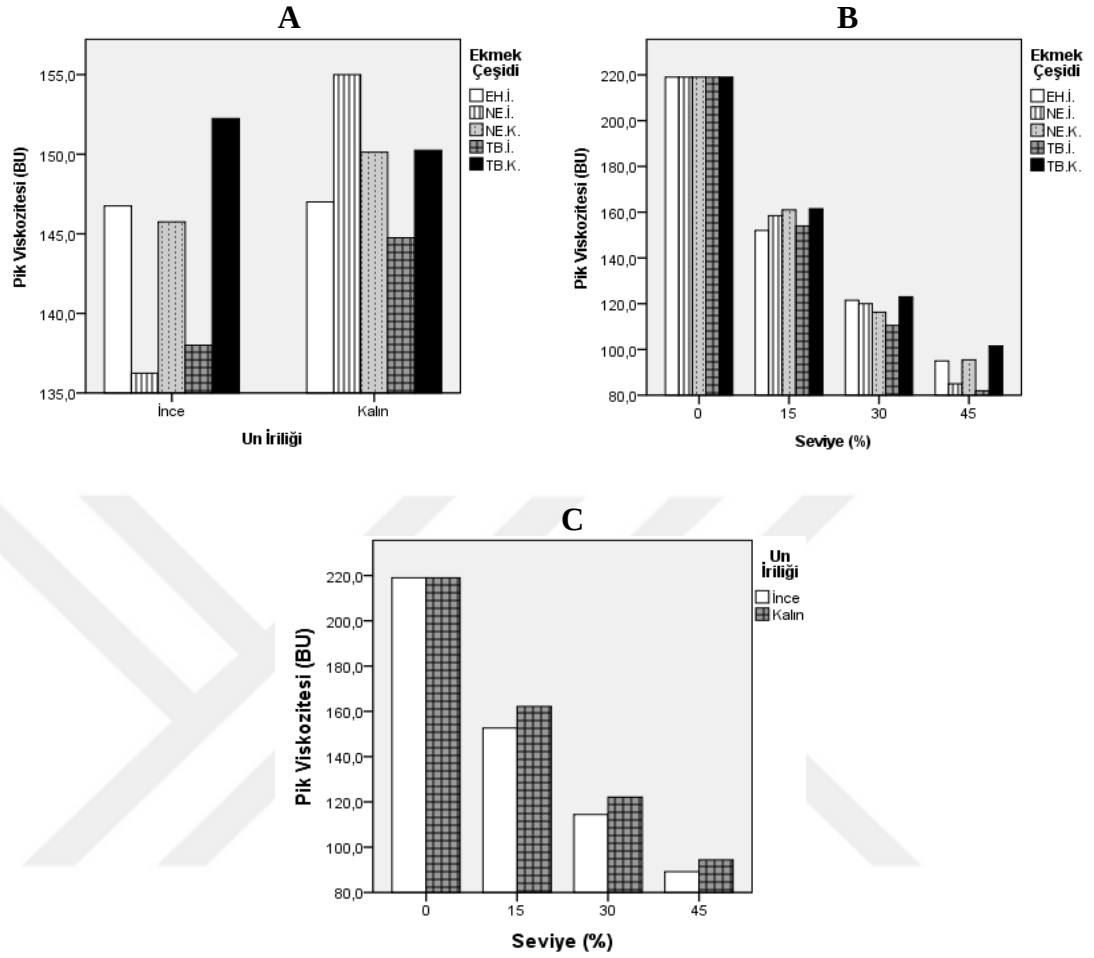
Çizelge 4.6. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin un karışımlarının pik viskozitesi, 15. dakika viskozitesi, 50°C viskozitesi ve jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_{jb}) değerleri ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	Viskozite (BU)			T _{jb} (°C)
		Pik	92°C'de 15 dk. sonunda	50°C'de	
0 (Kontrol)	20	219,000a	99,000a	199,000c	72,100d
15	20	157,400b	84,900b	242,800a	73,780c
30	20	118,250c	74,600c	210,000b	76,690b
45	20	91,800d	70,500d	196,600d	79,620a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır (p<0,05).

Kek içlerinde bayat ekmek unu seviyesinin artması viskozite değerlerinde genellikle önemli bir düşüşe jelatinizasyon başlangıç sıcaklığında ise artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.6). Çirişlenme sıcaklığı ekmek içindeki nişastanın şişmesine bağlı olarak viskozitede değişikliğe sebep olan ilk sıcaklıktır. Çirişlenme sıcaklığının pişme süresi ve depolama süresinin artmasıyla arttığı bildirilmiştir (Afoakwa and Sefa-Dedeh 2002).

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen un karışımlarının pik viskozitesi değeri üzerinde çok önemli düzeyde (p<0,01) etkisi saptanan (Çizelge 4.3) ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Un karışımlarının pik viskozitesi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Bütün karışım unlarında un iriliğinin artması genellikle pik viskozitesi değerini çok önemli derecede arttırıcı yönde etkili olmuştur. Ancak bu artış en çok normal ekmek içinden elde edilen un karışımlarında kendini göstermiştir (Şekil 4.1.A). Bütün bayat un çeşitlerinden elde edilen karışım unlarında seviyenin artması pik viskozitesi değerini düşürücü yönde etkili olmuştur (Şekil 4.1.B). Hem ince hem kaba bayat unların ilavesiyle elde edilen un karışımlarında seviyenin artması pik viskozitesini çok önemli derecede düşürmüştür. Ancak bu düşüş ince bayat ekmek unu ilaveli karışımlarda daha fazla olmuştur (Şekil 4.1.C).

4.3. Kek Miksinin pH, Özgöl Kütle ve Geri Ekstrüzyon Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait pH, özgül kütle ve geri ekstrüzyon değerlerine ait veriler Çizelge 4.7’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.9, Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait pH, özgül kütle ve geri ekstrüzyon değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	pH	Özgöl Kütle (g/cm ³)	Geri Ekstrüzyon			
					Sertlik (g)	Konsistens (g.s)	Kohesivlik (g)	Viskozite İndeksi (g.s)
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	6,75	1,115	102,16	964,92	67,60	549,09
		15	6,77	1,080	127,76	1200,12	92,49	734,01
		30	6,74	1,091	153,14	1428,11	116,29	901,30
		45	6,68	1,086	212,36	1956,25	166,65	1259,47
		60	6,61	1,056	314,71	2847,67	254,20	1859,47
	Kaba	15	6,77	1,066	113,96	1066,52	80,57	638,87
		30	6,69	1,064	114,98	1074,22	81,69	651,04
		45	6,68	1,018	124,47	1154,67	88,36	694,60
Normal Ekmek İç	İnce	60	6,60	1,015	147,17	1352,25	110,42	845,83
		15	6,88	1,149	126,81	1177,73	91,90	737,75
		30	6,84	1,150	174,92	1620,26	137,10	1052,12
		45	6,91	1,141	359,05	3207,37	338,83	2089,94
	Kaba	60	6,83	1,130	542,77	4635,18	464,04	3124,14
		15	6,82	1,137	131,02	1224,97	94,03	744,93
		30	6,84	1,148	193,64	1818,25	142,75	1097,44
		45	6,79	1,144	197,15	1828,05	152,67	1169,57
Normal Ekmek Kabuk	İnce	60	6,77	1,141	266,58	2398,36	205,68	1432,96
		15	6,79	1,136	144,02	1335,33	107,93	851,96
		30	6,92	1,151	234,63	2137,56	189,08	1379,52
		45	6,88	1,135	514,04	4561,24	434,25	3061,23
	Kaba	60	6,75	1,130	1151,88	9670,71	1016,60	7681,93
		15	6,96	1,085	134,03	1255,25	97,49	777,58
		30	6,93	1,094	168,45	1567,32	128,21	992,07
		45	6,81	1,067	224,83	2050,36	179,38	1350,51
Tam Buğday İç	İnce	60	6,80	1,065	390,60	3451,76	325,96	2370,72
		15	6,85	1,127	107,45	1000,63	76,29	611,79
		30	6,76	1,081	156,57	1462,67	116,80	909,66
		45	6,83	1,114	167,00	1536,30	127,54	992,78
		60	6,83	1,059	258,82	2373,24	209,45	1557,07
		15	6,82	1,068	98,56	925,04	68,51	546,65
		30	6,79	1,043	93,30	871,32	62,31	501,65

	Kaba	45	6,85	1,030	88,66	823,47	60,08	478,74
		60	6,80	0,967	84,32	776,18	57,16	447,73

Çizelge 4.7. (Devam)

Tam Buğday Kabuk	İnce	15	6,92	1,100	151,55	1409,52	114,26	894,23
		30	6,81	1,084	199,58	1841,93	153,68	1177,45
		45	6,64	1,080	282,88	2583,69	224,92	1673,18
		60	6,70	1,089	477,15	4237,98	396,66	2922,84
	Kaba	15	6,86	1,087	115,95	1085,67	83,49	671,01
		30	6,78	1,083	116,86	1088,39	83,49	667,97
		45	6,71	1,145	124,42	1149,84	90,17	713,88
		60	6,68	1,120	162,58	1498,46	124,01	939,19

Ekmek çeşidi ve seviye kek miksi pH değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olurken, un iriliğinin istatistiki olarak herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenleri, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerleri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslerinin pH, özgül kütle ve geri ekstrüzyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	pH		Özgül Kütle (g/cm ³)		Geri Ekstrüzyon	
						Sertlik (g)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	0,055	52,081**	0,015	979446,098**	110664,207	459,790**
Un İriliği (B)	1	0,001	1,220	0,014	859298,127**	305930,672	1271,088**
Seviye (C)	4	0,037	34,390**	0,004	235755,085**	249382,477	1036,140**
A X B	4	0,004	3,640	0,005	297080,231**	23093,822	95,951**
A X C	16	0,011	10,241**	0,002	121678,432**	38495,075	159,940**
B X C	4	0,000	0,413	0,001	55655,104**	99991,867	415,449**
A X B X C	16	0,003	3,133**	0,001	48339,622**	11408,956	47,402**
Hata	50	0,001		0,000		240,684	

* ($p<0,05$) düzeyinde önemli

** ($p<0,01$) düzeyinde önemli

Çizelge 4.8. (devam)

Varyasyon Kaynakları	SD	Geri Ekstrüzyon					
		Konsistens (g.s)		Kohesivlik (g)		Viskozite İndeksi (g.s)	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	7978081,577	378,736**	89116,507	424,771**	4664671,964	462,866**
Un İriliği (B)	1	22587444,391	1072,272**	252515,295	1203,605**	12586707,451	1248,952**
Seviye (C)	4	17981727,444	853,630**	199718,414	951,950**	9967400,056	989,044**
A X B	4	1529906,248	72,628**	18610,202	88,705**	1061448,391	105,325**
A X C	16	2635622,964	125,118**	31632,609	150,776**	1757672,299	174,410**
B X C	4	7128844,296	338,421**	80549,967	383,938**	4238090,730	420,537**
A X B X C	16	731619,215	34,731**	9708,229	46,274**	591490,885	58,692**
Hata	50	21065,025		209,799		10077,813	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.9. Ekmek çeşidi değişkeninin kek mikslерinin pH, özgül kütle ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	pH	Özgöl Kütle (g/cm ³)	Geri Ekstrüzyon			
				Sertlik (g)	Konsistens (g.s)	Kohesivlik (g)	Viskozite İndeksi (g.s)
Ekşi Hamur İç	20	6,70d	1,07e	151,29d	1400,96d	112,59d	868,28d
Normal Ekmek İç	20	6,82ab	1,14a	219,63b	1983,99b	176,22b	1254,69b
Normal Ekmek Kabuk	20	6,83a	1,11b	316,68a	2795,94a	261,41a	1956,37a
Tam Buğday İç	20	6,79b	1,07d	125,89e	1169,87e	91,33e	714,42e
Tam Buğday Kabuk	20	6,76c	1,10c	183,53c	1682,53c	140,59c	1075,79c

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi ekşi hamur ekmeğinden elde edilen kek miksi pH değeri en düşük çıkarken bunu sırasıyla tam buğday ekmeği ve normal ekmekten elde edilen bayat ekmek unlarıyla yapılan kek miksleri izlemiştir. Bunun nedeni, ekşi hamur ekmeği üretiminde ön hamur (sponge) diye tanımlanan ekşi hamurun 12 saat kadar bekletilerek, formülasyona ilave edilmesi ve hamurun yoğrulması ile normal ekmekten daha uzun süre bekletilmesi gösterilebilir. Tam buğday ekmeği üretiminde de normal

ekmeğe göre daha uzun süren fermentasyon işlemi bu ekmekten elde edilen unlarla yapılan kek miksinde pH'nın daha düşük çıkmasına sebebiyet vermiştir. Uysal (2004), Trabzon Vakfıkebir ekmeği üretimini modifiye ederek laboratuvar şartlarında beyaz tava ekmeği üretimi yaparak bu ekmeklerin kalitesi üzerine, ekşi hamur fermentasyon süresi ve ilave edilecek ekşi hamur miktarının etkisini incelemiştir. Fermentasyon süresi ve ilave edilen ekşi hamur katkısı artırıldıkça; ekmek içi ve hamur pH'sında düşüş olduğu tespit edilmiştir. Hamur fermentasyon süresi uzadıkça hamur pH'sı düşmekte, asitlik artmaktadır. Benzer durumun elde edilen sonuçlar doğrultusunda ekşi hamur ekmeklerinden elde edilen bayat ekmek unlarıyla yapılan kek mikslerinde etkisini gösterdiği söylenebilir. En yüksek özgül kütle değeri sırasıyla normal ekmek iç ve kabuğundan elde edilen bayat ekmek ilaveli un karışımlarından yapılan mikslerde görülürken en düşük özgül kütle değeri ekşi hamur ekmeği içi bayat ekmek unu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerde görülmüştür.

Geri ekstrüzyon testi, örneğin sertliği ve viskozitesinin bir göstergesidir. Maksimum güç ya da pik noktası örneğin sertliğini, negatif güç ise örneğin kohesivliğini ifade etmektedir. Pozitif güç ne kadar fazla ise örnek o kadar sert ve konsistensisi o kadar yüksek, negatif güç ne kadar fazla ise örnek o kadar viskoz ve kohesiv demektir. Örneğin kohesivliği ve viskozite indeksinin yüksek oluşu çekmeye karşı direncinin daha yüksek olduğunun da göstergesidir (Angioloni and Collar 2009). Normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerde kohesivlik değeri en yüksek bulunurken, en düşük kohesivlik değeri ise tam buğday içi bayat ekmek unu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Un iriliği değişkeninin kek mikslerinin pH, özgül ağırlık ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	pH	Özgül Kütle (g/cm ³)	Geri Ekstrüzyon			
				Sertlik (g)	Konsistens (g.s)	Kohesivlik (g)	Viskozite İndeksi (g.s)
İnce	50	6,78a	1,11a	254,71a	2281,92a	206,68a	1528,69a
Kaba	50	6,78a	1,09b	144,09b	1331,39b	106,18b	819,13b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.10'da un iriliğinin kek miksi pH değerleri üzerine istatistiki olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Un iriliği arttıkça kek miksi özgül kütle değeri azalmıştır. Benzer şekilde, Choi and Baik (2013) yapmış oldukları bir çalışmada un partikül iriliğinin kek miksi özgül ağırlığı üzerine olan etkisini incelemişler ve un partikül iriliğinin artmasıyla kek miksi özgül kütlede önemli derecede düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Bu durum, un iriliğinin azalması ile miksin karıştırılması sırasında yapıya daha fazla hava kabarcığının hapsedilmesi sonucunda miks yoğunluğunun azalıp kek hacminin ise artması ile açıklanmıştır.

Geri ekstrüzyon akışkanların akış özelliklerini belirlemek ve değerlendirmek için kullanılan ve özellikle süspansiyon halinde partikül içeren yapışkan özelliğe sahip materyaller için oldukça kullanışlı bir metottur. Bu tip materyallerin viskozite özelliklerinin belirlenmesinde rotasyonel viskozimetrelerin kullanılması sağlıklı sonuçlar elde edebilme olasılığını azaltmaktadır. Bu nedenle rotasyonel viskozimetreler akışkanlığı yüksek, partikül içermeyen ve kıvamı düşük ürünlerde tercih edilir. Çikolata ve domates konsantresi gibi yarı katı gıdalarda reolojik davranışları belirlemek amacıyla geri ekstrüzyon kullanılmaktadır (Gujral and Sodhi 2002). Un iriliğinin artması kek mikslarının sertlik, konsistens, kohesivlik ve viskozite indeksi değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait pH, özgül kütle ve geri ekstrüzyon değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

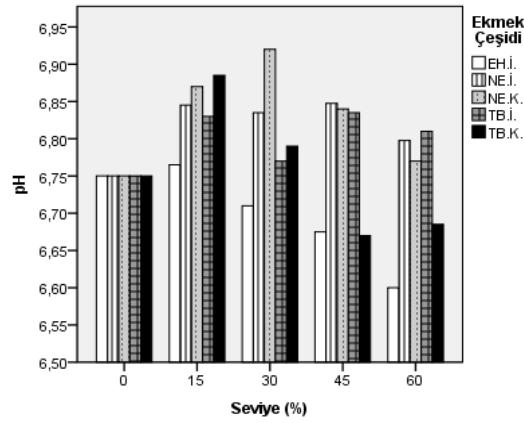
Seviye (%)	n	pH	Özgül Kütle (g/cm ³)	Geri Ekstrüzyon			
				Sertlik (g)	Konsistens (g.s)	Kohesivlik (g)	Viskozite İndeksi (g.s)
0 (Kontrol)	20	6,75d	1,12a	102,16e	964,92e	67,60e	549,09e
15	20	6,84a	1,10b	125,11d	1168,08d	90,69d	720,88d

30	20	6,81b	1,09c	160,61c	1491,00c	121,14c	933,02c
45	20	6,77c	1,09d	229,48b	2085,12b	186,28b	1348,39b
60	20	6,73d	1,08e	379,66a	3324,18a	316,42a	2318,19a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Miks özgül kütle değeri, karıştırma esnasında kek miksi içerisine nüfuz eden hava miktarını gösteren bir terimdir ve kekin çırpma özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılan önemli bir parametredir (Gözükara 2013). Bayat ekmek unu seviyesi değişkeni genellikle kek mikslerinin pH ve özgül kütle değerlerinde bir düşüş meydana getirirken, sertlik, konsistens, kohesivlik ve viskozite indeksi değerlerini artırıcı yönde etkilemiştir (Çizelge 4.11). Kek miksi özgül kütledeki bu azalış, çırpma sırasında havanın daha az kek miksi içerisine nüfuz ettiğinin bir göstergesi olabilir. Benzer şekilde, Seyhun *et al.* (2005)'un farklı nişasta tiplerinin mikrodalgada pişirilen keklerin bayatlamasının geciktirilmesi üzerine yapmış olduğu etkileri araştırdıkları çalışmada, kontrol miksleriyle kıyaslandığında önceden jelatinize edilmiş nişasta içeren kek mikslerinde özgül kütle değerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Miks formülasyonlarına ilave edilen bayat ekmek unu miktarındaki artışa paralel olarak miks örnekleri tüm geri ekstrüzyon parametreleri sistematik olarak artış sergilemiştir. Boz (2012)'un yapmış olduğu çalışmada dut pestili herlelerinin dokusal özelliklerine ilave edilen un seviyesinin (%6, 8, 10) etkisi araştırılmış ve herlelerdeki un seviyesinin artması tüm ekstrüzyon parametrelerinde koordineli bir artışa sebep olmuştur.

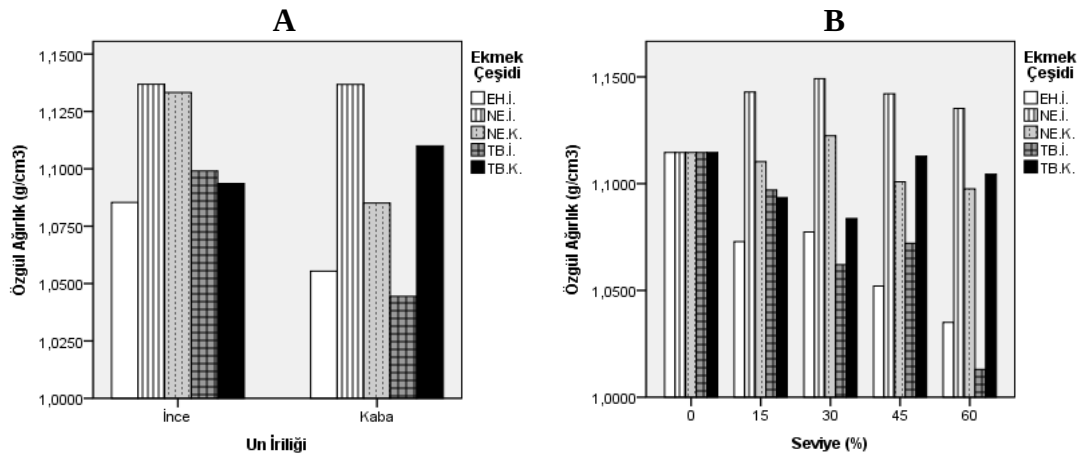
Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin pH değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x seviye interaksyonu Şekil 4.2'de gösterilmiştir.

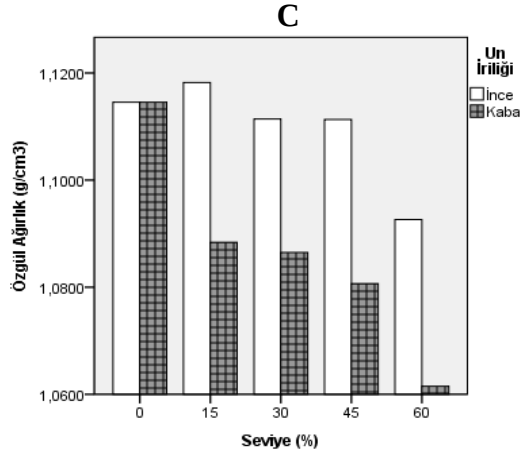


Şekil 4.2. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının pH değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye etkileşimini

Ekşi hamur ekmeğinden elde edilen bayat ekmek un karışımlarında seviye arttıkça pH düzenli bir şekilde düşmüş, diğer un karışımlarında ise seviye arttıkça genellikle pH değeri düşmekle birlikte genellikle kontrole göre daha yüksek pH değerleri vermiştir. %30 ilave seviyesinde normal ekmek kabuğundan elde edilen mikslerde en yüksek pH değeri, %60 seviyesinde ise ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen mikslerde en düşük pH değeri tespit edilmiştir (Şekil 4.2).

Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının özgül ağırlık değeri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimlerini Şekil 4.3'te gösterilmiştir.





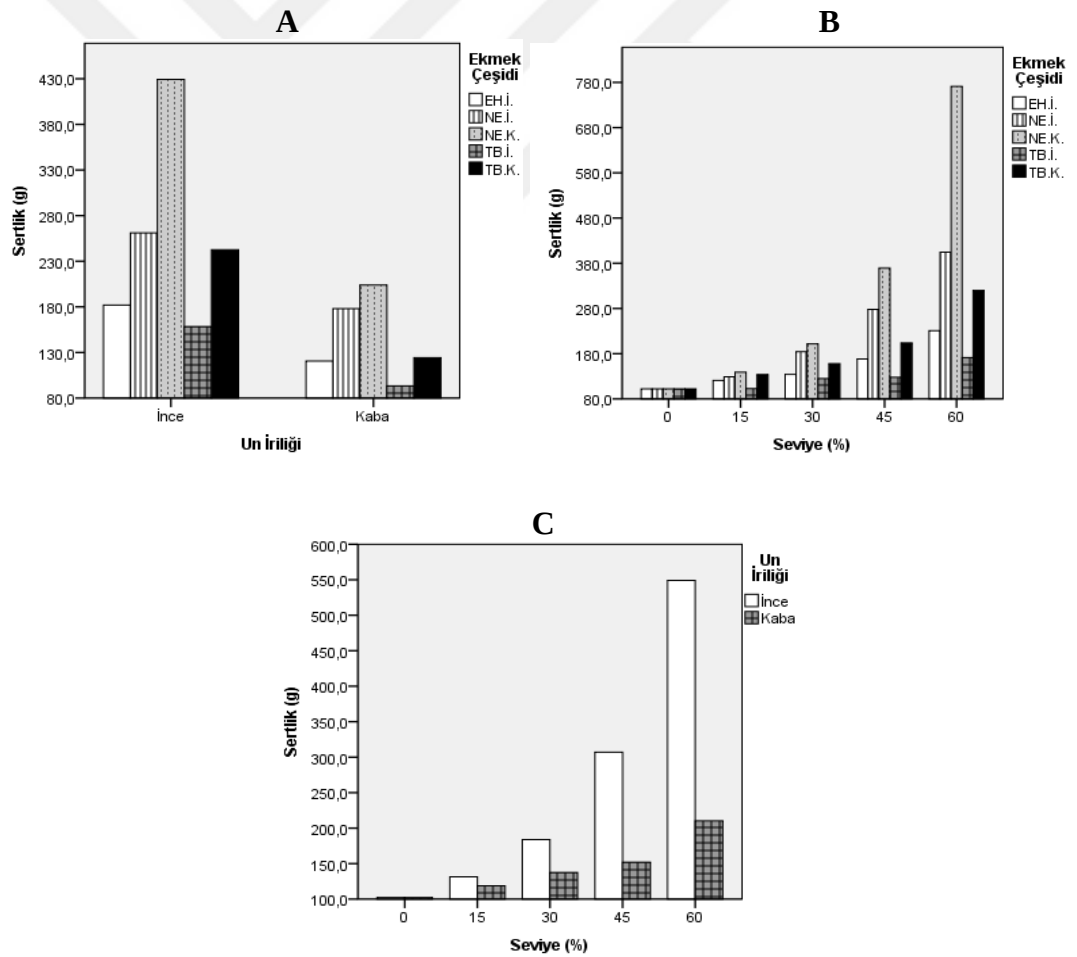
Şekil 4.3. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının özgül ağırlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Şekil 4.3.A’da görüldüğü gibi, ekşi hamur ekmeği içi, normal ekmek kabuğu ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen mikslerde un iriliğinin artması özgül kütle değerini düşürücü yönde etkili olurken, normal ekmek içi ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kek mikslarında ise özgül kütle değerini arttırıcı yönde etkili olmuştur.

Kontrol grubu ile kıyaslandığında normal ekmek içi ve tam buğday kabuk dışındaki tüm bayat ekmek unlarından elde edilen mikslerde seviyenin artması genellikle özgül kütle değerini genellikle düşürücü yönde etki etmiştir (Şekil 4.3.B).

Şekil 4.3.C’de görüldüğü gibi, kontrol grubuyla kıyaslandığında genellikle hem ince hem kalın bayat unların ilavesiyle elde edilen mikslerde seviyenin artması özgül kütle değerinin daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Bu düşüş kaba bayat ekmek unu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerde daha fazla görülürken en düşük özgül kütle değeri %60 ilave seviyeli kaba bayat ekmek unlarından elde edilen mikslerde tespit edilmiştir.

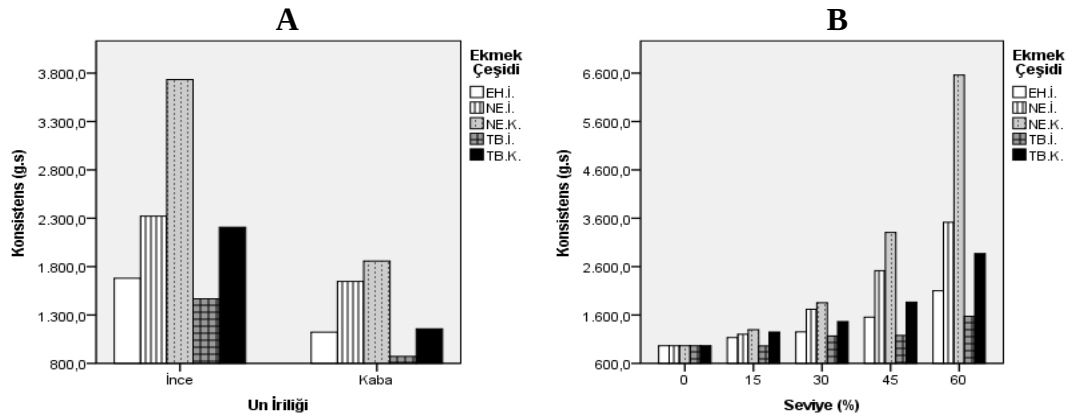
Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının sertlik değeri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



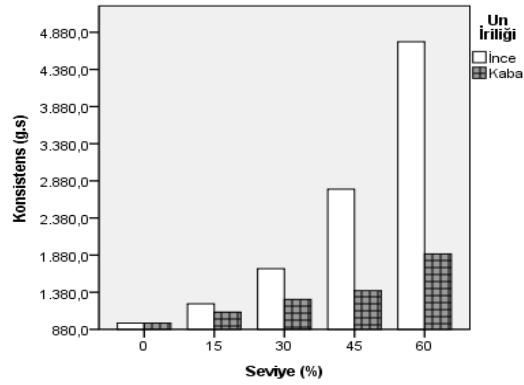
Şekil 4.4. Un karışımlarından elde edilen kek mikslерinin sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Şekil 4.4.A’da görüldüğü gibi bütün karışım unlarından elde edilen kek mikslarında un iriliğinin artması sertlik değerlerini azaltıcı yönde etkili olmuştur. Ancak bu azalış en çok normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerde gözlenmiştir. Ekmek çeşidi x seviye interasyionunda (Şekil 4.4.B) tüm bayat un çeşitlerinden elde edilen karışım unlarında seviyenin artması kek miksi sertlik değerini çok önemli düzeyde arttırıcı yönde etkili olmuştur. Bu artış kendini en çok %60 ilave seviyesinde normal ekmek kabuğu içeren kek mikslarında göstermiştir. Bununla birlikte tüm karışım unlarından elde edilen mikslerde bayat ekmek unu seviyesinin artması kontrol grubuna göre daha yüksek miks sertlik değerlerini vermiştir. İnce ve kaba bayat ekmek unu ilavesi ile elde edilen kek mikslarında bayat ekmek unu seviyesinin artması kek miksi sertlik değerinin artmasına neden olmuştur. Bu artış ince bayat ekmek unu ilaveli kek mikslarında daha çok görülmektedir (Şekil 4.4.C).

Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının konsistens değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.5’te gösterilmiştir.



C



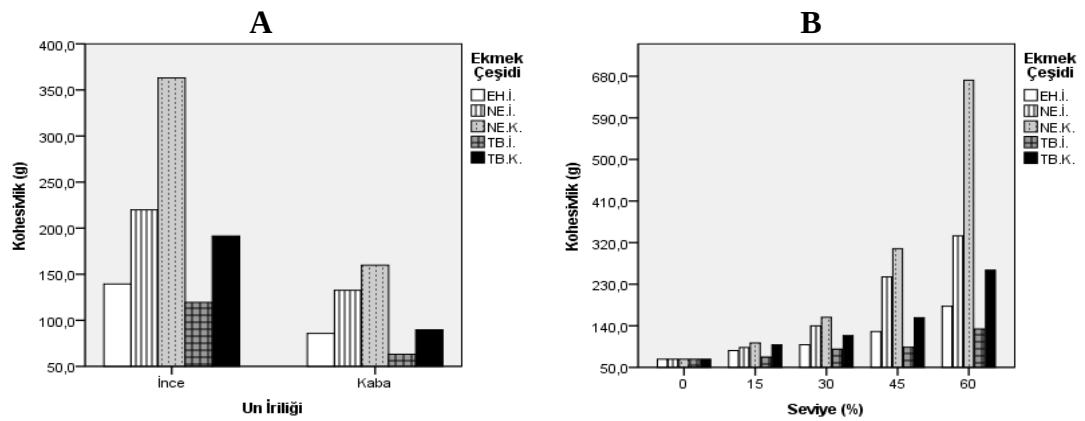
Şekil 4.5. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının konsistens değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

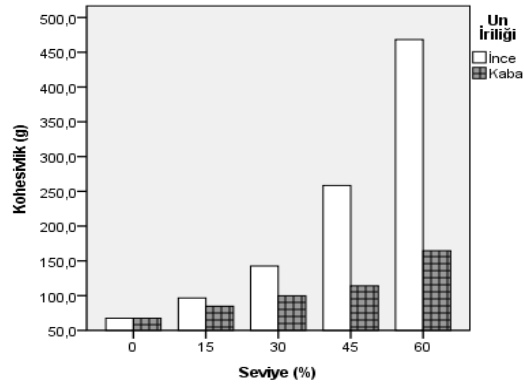
Ekmek çeşidi x un iriliği etkileşiminde (Şekil 4.5.A), bütün karışım unlarından elde edilen kek mikslarında un iriliğinin artması miksların konsistens değerlerini azaltıcı yönde etkili olmuştur. Ancak bu azalış en çok kek miksi sertlik değerinde olduğu gibi normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslarda gözlenmiştir. Miksların sertliğinde olduğu gibi un iriliğinin artması francala ekmeği kabuğundan elde edilen mikslarda konsistens değerindeki düşüş diğer örneklerle göre çok daha fazla olmuştur. Konsistens bir maddenin viskozite, kohezyon ve benzeri tüm reolojik özelliklerinin topluca tanımıdır. Tekstürel özellikler içinde yer alan viskozite ve konsistens gıdanın hem görünümü hem de kinestetik özelliği ile ilgilidir (Ertaş ve Doğruer 2010).

Şekil 4.5.B’de görüldüğü gibi, tüm bayat un çeşitlerinden elde edilen kek mikslarında bayat ekmek unu seviyesi arttıkça konsistens değerleri genellikle artış göstermiştir.

Tüm ince ve kaba bayat ekmek unu ilavesi ile elde edilen kek mikslarında bayat ekmek unu seviyesinin artması kek miksi konsistens değerlerinde artışa neden olmuştur. Bu artış tüm ilave seviyelerinde ince bayat ekmek unu ilaveli kek mikslarında daha çok görülmektedir (Şekil 4.5.C).

Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının kohesivlik değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri Şekil 4.6’da gösterilmiştir.





Şekil 4.6. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının kohesivlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

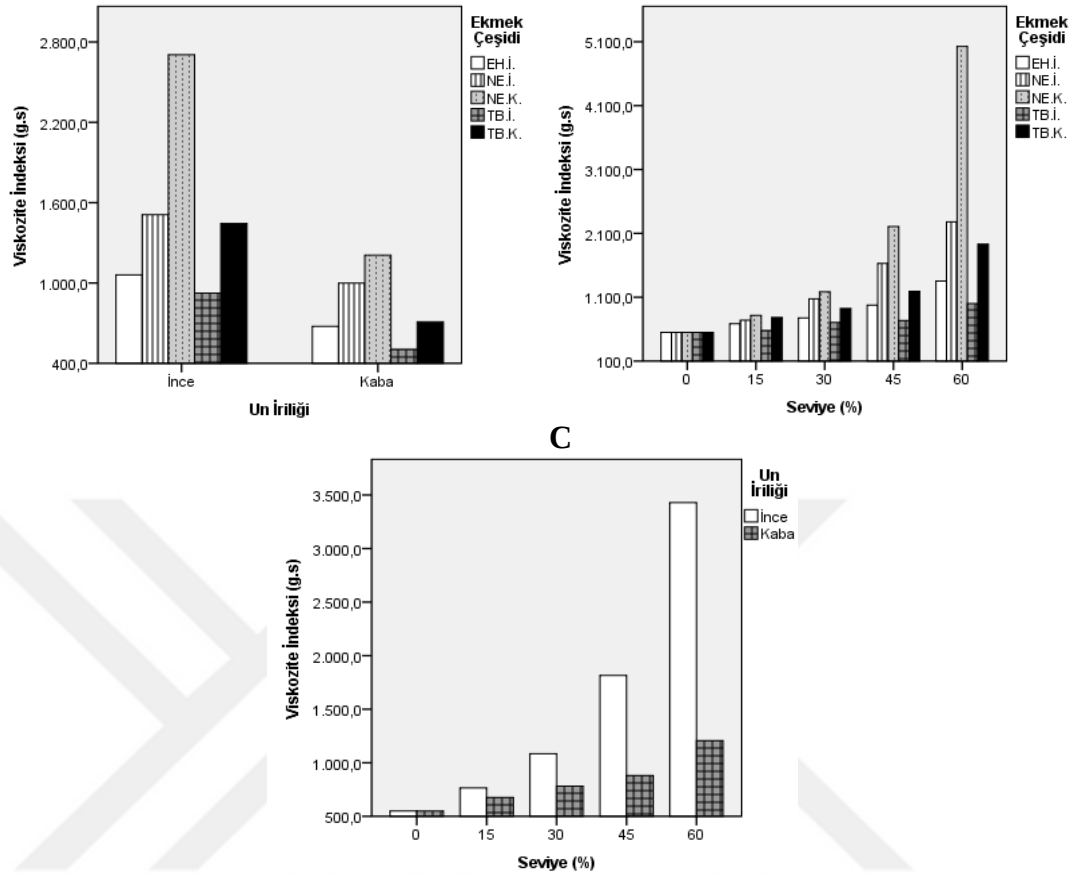
Şekil 4.6.A.'da hem ince hem kalın bayat ekmek unu ilaveli kek mikslarında normal ekmek kabuğundan elde edilen mikslere göre daha yüksek olduğu, un iriliğinin artmasıyla bu değerde büyük bir düşüşün olduğu da görülmektedir. Tüm bayat ekmek unu çeşitlerinden elde edilen mikslerde seviyenin artması kek miksi kohesivlik değerini artırıcı yönde etkili olmuştur (Şekil 4.6.B).

Şekil 4.6.C'de görüldüğü gibi sertlik ve konsistens değerlerinde olduğu gibi hem ince hem bayat ekmek unu ilavesi ile elde edilen mikslerde seviyenin artmasıyla birlikte kohesivlik değerlerinde çok önemli düzeyde artış meydana gelmiştir. Ancak bu artışın ince un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen mikslerde daha yüksek olduğu görülmektedir.

Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının viskozite indeksi değeri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.8), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

A

B



Şekil 4.7. Un karışımlarından elde edilen kek mikslerinin viskozite indeksi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Ekstrüzyon enerjisi olarak da kabul edilen viskozite indeksi, direnç ve uzama kabiliyeti ile yakından ilgilidir. Viskozite indeksi yüksek olan gıdaların çekilmeye ve gerilmeye karşı direnci de yüksek olmaktadır (Nasaruddin *et al.* 2011). Şekil 4.7.A'da bütün ekmek çeşitlerinden elde edilen kek mikslerinde un iriliğinin artmasıyla miks viskozite indeksi değerlerinde azalma meydana geldiği görülmektedir. Bütün ekmek çeşitlerinden elde edilen kek mikslerinde bayat ekmek unu ilave seviyesinin artması miks viskozite indeksi değerlerinin düzenli bir şekilde artmasını sağlamıştır (Şekil 4.7.B). Hem ince hem de kaba un iriliğinde bayat ekmek unu içeren mikslerde seviyenin artması viskozite indeksi değerlerini kontrol grubuna göre arttırıcı yönde etkili olmuştur. Tüm ilave seviyelerinde un iriliğinin azalması ile miks viskozite indeksi değerinde çok önemli derecede artış meydana gelmiştir. Bu artış en çok %60 bayat ekmek ilave seviyesinde görülmektedir (Şekil 4.7.C). İlave edilen ince bayat ekmek unu miktarı arttıkça kaba

una göre daha yüksek düzeyde suyun bağlanması nedeniyle akıcılık azalmış ve viskozite artmış olabilir.

4.4. Kek Miksinin Termoanalitik Özellikleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait T_i , T_p , T_c ve ΔH değerlerine ait veriler Çizelge 4.12’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13’te ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.14, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarına ait T_i , T_p , T_c ve ΔH değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	T_i (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	86,51	93,61	101,35	2,99
		15	86,50	93,38	105,05	2,89
		30	89,97	97,11	105,22	1,93
		45	88,88	96,27	103,98	1,37
		60	90,43	98,08	105,98	1,22
	Kaba	15	86,96	93,89	102,40	2,32
		30	86,02	93,74	102,57	1,97
		45	87,70	93,75	102,68	1,57
		60	90,58	97,22	103,48	0,85
Normal Ekmek İç	İnce	15	89,48	96,54	103,91	2,29
		30	88,41	95,54	103,42	1,89
		45	90,57	98,19	104,80	1,46
		60	91,23	99,63	104,97	0,97
Normal Ekmek İç	Kaba	15	87,30	94,33	102,18	2,31
		30	89,28	96,18	103,91	1,94
		45	87,53	94,64	102,78	1,59

Çizelge 4.12. (Devam)

		60	90,66	98,71	104,63	0,95
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	86,28	93,35	100,76	2,46
		30	86,10	92,91	100,41	2,09
		45	90,08	97,35	105,70	1,81
		60	89,14	98,93	105,77	1,32
	Kaba	15	86,40	93,71	102,08	2,50
		30	87,94	95,71	104,26	2,15
		45	89,48	97,47	104,64	1,40
		60	90,70	98,24	106,06	1,14

Tam Buğday İç	İnce	15	86,81	93,92	101,91	2,41
		30	87,66	94,44	103,07	2,07
		45	88,33	95,41	103,91	1,48
		60	90,39	96,56	104,10	0,99
	Kaba	15	85,63	93,04	101,36	2,62
		30	86,87	93,33	100,81	1,87
		45	87,43	94,02	101,77	1,74
		60	88,02	95,06	102,43	1,62
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	86,55	93,04	103,10	2,62
		30	86,58	93,33	102,84	2,16
		45	88,10	94,02	103,26	1,71
		60	87,75	95,06	103,90	1,52
	Kaba	15	86,66	93,96	102,16	2,46
		30	87,24	94,24	102,83	2,16
		45	88,67	95,74	103,39	1,53
		60	89,09	96,42	105,51	1,86

Ti: Jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı

Tp: Jelatinizasyon pik sıcaklığı

Tc: Jelatinizasyon bitiş sıcaklığı

ΔH : Entalpi değişikliği

Ekmek çeşidi ve seviye, kek miksi Tp değeri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olurken, un iriliği bu değeri istatistiki olarak önemli seviyede ($p<0,05$) etkilemiştir. Yine ekmek çeşidi ve seviye değişkenleri, Ti ve ΔH değerleri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili bulunurken, un iriliği değişkeninin istatistiki olarak bu değerler üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Ekmek çeşidi ve un iriliği değişkenleri Tc değeri üzerinde önemli seviyede ($p<0,05$) etkili olurken, seviye değişkeni bu değer üzerinde istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek mikslarının Ti, Tp, Tc ve ΔH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Ti (°C)		Tp (°C)		Tc (°C)		ΔH (J/g)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	6,26	4,49**	9,88	9,98**	4,79	3,42*	0,19	4,67**
Un İriliği (B)	1	3,31	2,38	7,06	7,13*	7,98	5,69*	0,00	0,01
Seviye (C)	4	36,55	26,26**	48,36	48,84**	31,51	22,50**	9,82	243,01**
A X B	4	3,57	2,57*	3,62	3,66*	5,98	4,27**	0,08	1,93
A X C	16	1,45	1,04	2,37	2,39*	2,12	1,51	0,06	1,56
B X C	4	0,95	0,68	1,50	1,52	1,44	1,03	0,02	0,46
A X B X C	16	1,76	1,26	1,58	1,59	1,61	1,15	0,07	1,63
Hata	50	1,39		0,99		1,40		0,04	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.14. Ekmek çeşidi değişkeninin kek mikslarının Ti, Tp, Tc ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	Ti (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH (J/g)
Ekşi Hamur İç	20	88,00ab	95,06bc	103,40a	2,01bc
Normal Ekmek İç	20	88,75a	96,09a	103,33a	1,94c
Normal Ekmek Kabuk	20	87,91b	95,49ab	103,24a	2,08ab
Tam Buğday İç	20	87,41b	94,29d	102,20b	2,08ab
Tam Buğday Kabuk	20	87,36b	94,66cd	102,97a	2,19a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Pişirme işleminden etkilenen nişastanın özelliklerini incelemek için çok farklı teknikler kullanılmaktadır. DSC nişasta jelatinizasyonuna bağlı olarak nişasta termal özelliklerini incelemek için en sık kullanılan tekniklerden birisidir (Sandhu *et al.* 2004; Mamat *et al.* 2010). DSC nişasta granüllerindeki kristallerin erimesi sırasındaki oluşan dönüşüm enerjisinin entalpisinin ölçümünde kantitatif veri sağlamaktadır (Singh *et al.* 2005; Mamat *et al.* 2010).

Çizelge 4.14'te görüldüğü gibi, en yüksek nişasta jelatinizasyonu başlangıç sıcaklığı değeri (Ti) ve jelatinizasyon pik sıcaklığı değeri (Tp) normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli mikslerde tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle normal ekmek

içinden elde edilen mikslerde nişasta, jelatinize olmak için diğer ekmek çeşitlerine göre daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Bu değeri ekşi hamur içinden elde edilen miksler takip etmiş, diğer ekmek çeşitlerinden elde edilen mikslerde T_i değerleri ortalamalarının ise istatistiki olarak birbirinden farksız olduğu görülmüştür. Tam buğday ekmeği içinden elde edilen mikslerde jelatinizasyon yani değişim sonrası sıcaklık değeri olan T_c değeri en yüksek tam buğday ekmeği içinden elde edilen kek mikslerinde tespit edilirken, diğer ekmek çeşitlerinin ilave edildiği kek mikslerinin T_c değerleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir. Tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmek unu ilaveli mikslerde nişastanın yeniden jelatinizasyonu için gerekli ısı miktarının yani ΔH değerinin diğer ekmek çeşitlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.15. Un iriliği değişkeninin kek mikslerinin T_i , T_p , T_c ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	T_i (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
İnce	50	88,07a	95,39a	103,31a	2,06a
Kaba	50	87,71a	94,86b	102,74b	2,06a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

İnce ve kaba bayat ekmek unlarından elde edilen miks örneklerinde nişastanın jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı (T_i) ve jelatinizasyon için gerekli olan ısı miktarı (ΔH) değerleri arasında istatistiki olarak bir fark çıkmazken, un iriliğinin artması jelatinizasyon pik sıcaklığı (T_p) ve jelatinizasyon bitiş sıcaklığı (T_c) değerlerinde bir düşüşe neden olmuştur (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.16. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin kek mikslerinin T_i , T_p , T_c ve ΔH değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Seviye (%)	n	T_i (°C)	T_p (°C)	T_c (°C)	ΔH (J/g)
0 (Kontrol)	20	86,51d	93,61d	101,35d	2,99a
15	20	86,85d	93,99d	102,49c	2,49b
30	20	87,61c	94,72c	102,93c	2,02c
45	20	88,67b	95,82b	103,69b	1,56d
60	20	89,79a	97,46a	104,68a	1,24e

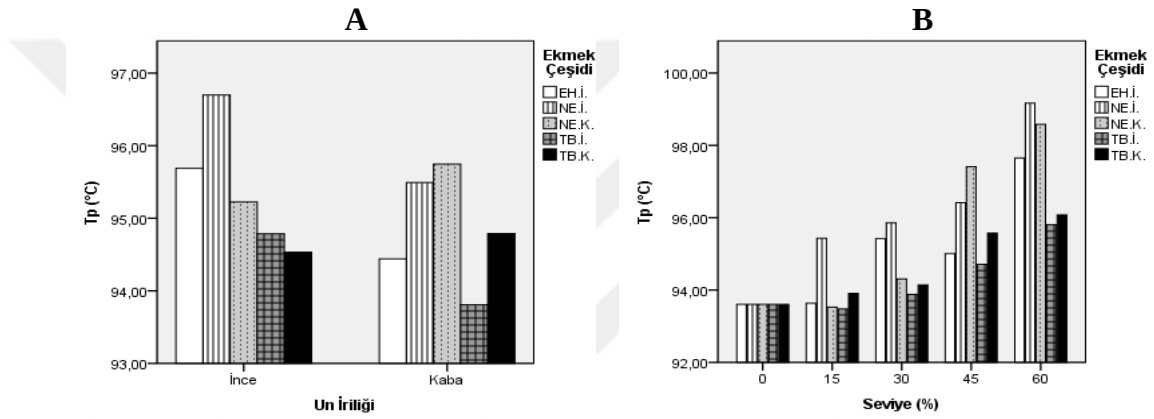
*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Örnek formülasyonlarındaki unun ve bayat ekmek ununun keke işlenmesi ile ortamdaki mevcut fazla sudan dolayı nişastada meydana gelen en önemli olay çirşilenmedir. Ayrıca bayat ekmek unu elde edilmesi için önce ekmek üretimi için unun pişirilmesi sonra ekmeğin soğutulması ve kuruması sırasında çirşilenmiş nişastanın yeniden organizasyonu da önemli olan diğer bir husustur.

Çirşlenme, genel anlamda zor çözünen bir madde olan nişastanın çözünür bir forma dönüşmesi olayıdır. Bu aynı zamanda nişasta için bir faz değişimidir. Nişastanın moleküller üstü yapıdaki çözülmesi olayına, nişastanın moleküller arası ve moleküller içi hidrojen bağlarının ısıtma sonucu endotermik olarak kırılarak azaltılması neden olmaktadır (Certel and Ertugay 1992). Bu bilgilere ve yukarıdaki bulgulara dayanarak (Çizelge 4.16), bayat ekmek unu seviyesi arttıkça kontrol grubuna göre nişastanın jelatinizasyonu için daha düşük seviyede ısının (ΔH) transfer edilmesinin gerekli olduğu söylenebilir. Nitekim Karaoğlu (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı yöntemler uygulanarak elde edilen modifiye nişastaların kek kalitesi üzerine olan etkileri incelenmiş ve önceden çirşlendirilmiş modifiye nişastalarda, muamele görmemiş nişastaya göre T_i , T_p ve T_c değerleri artarken, ΔH değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu bulgularla benzer sonuçlar çalışmamızda gözlemlenmiştir. Kontrol grubuyla kıyaslandığında T_i , T_p ve T_c değerlerinde genellikle bir artış meydana gelirken ΔH değerinde düşüş görülmektedir. Bu duruma önceden çirşendirme ile nişasta granüllerinin yapısının açılması ve bir parçalanma olması neden olarak gösterilebilir.

Buna bağılı olarak jelatinizasyon sıcaklığı yükselmektedir. Fakat önceden bir çirişlendirme işlemine tabi tutulduğundan dolayı jelatinizasyon için gerekli ısı ihtiyacı (ΔH) düşmektedir.

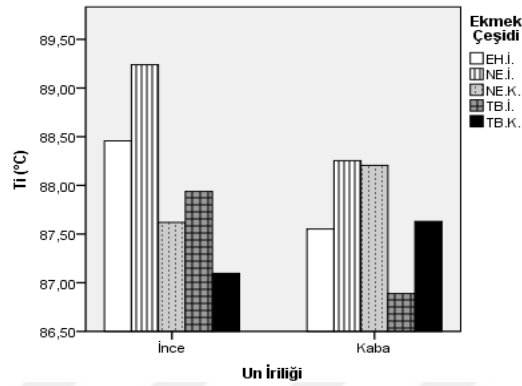
Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_p değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.13), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_p (jelatinizasyon pik sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksyonları

Şekil 4.8.A’da ekşi hamur iç, normal ekmek iç ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli mikslerde un iriliğinin artması T_p değerlerinde düşüşe neden olurken, normal ekmek kabuk ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmek ilaveli mikslerde T_p değerlerinde bir artışa sebep olmuştur. Genellikle tüm ekmek çeşitlerinde tüm karışım unlarından elde edilen mikslerde bayat ekmek unu seviyenin artması T_p değerlerinde düzenli bir artış meydana getirmiştir. Bu artış en çok normal ekmek içinden elde edilen mikslerde görülmüştür. Genellikle tüm karışım unlarından elde edilen mikslerde seviyenin artması kontrol grubuna göre T_p değerinin daha yüksek çıkmasına neden olmuştur (Şekil 4.8.B).

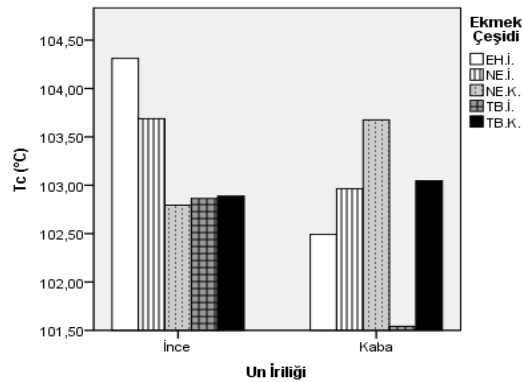
Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_p değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.13), ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_i (jelatinizasyon başlangıcı sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu

T_p değerinde olduğu gibi bayat ekmek içlerinden elde edilen mikslerde un iriliğinin artması T_i değerlerinde bir düşüşe neden olurken, bayat ekmek kabuklarından elde edilen mikslerde un iriliğinin artması T_i değerlerini arttırıcı yönde etki etmiştir (Şekil 4.9).

Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_c değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.13), ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Un karışımlarından elde edilen kek mikslarının T_c (jelatinizasyon bitiş sıcaklığı) değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu

Ekşi hamur iç, normal ekmek iç ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen mikslerde un iriliğinin artması Tc değerlerinde düşüşe neden olurken, normal ekmek kabuk ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen mikslerde Tc değerlerinde bir artışa sebep olmuştur. Un iriliğinin artmasıyla Tc değerinde meydana gelen en önemli düşüş tam buğday ekmeği içinden elde edilen mikslerde görülmektedir (Şekil 4.10).

4.5. Kek Kütle, Hacim, Spesifik Hacim ve Kek İçi Nem Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kütle, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.17’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.19, Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye keklerin kütle ve iç nem değerleri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olmuştur. Ekmek çeşidi ve seviye hacim ve spesifik hacim değerleri üzerine istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkili olurken un iriliği bu değerler üzerinde istatistiki olarak etki etmemiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.17. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kütle, hacim, spesifik hacim ve nem değerlerine ait ortalamalar

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Kütle (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	İç Nem (%)
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	50,4250	108,3350	2,1500	34,0854
		15	48,5850	107,5000	2,2100	33,7561
		30	49,0650	95,0000	1,9350	33,9884
		45	48,7800	85,8350	1,7600	34,6409
		60	50,1650	90,8350	1,8100	34,4088
	Kaba	15	48,3750	100,0000	2,0650	33,9427
		30	49,0500	90,0000	1,8350	33,5821
		45	49,4950	93,3350	1,8850	32,5765
		60	49,3500	79,1650	1,6000	34,0839
Normal Ekmek İç	İnce	15	49,9000	90,0000	1,8050	32,8993
		30	50,2000	79,1650	1,5750	32,9609
		45	50,5700	71,6650	1,4150	34,5063

	Kaba	60	50,6600	70,0000	1,3800	34,4369
		15	49,5000	98,3350	1,9900	33,6664
		30	50,0900	75,0000	1,4950	33,0064
		45	51,2350	75,8350	1,4800	33,5385
		60	49,9300	70,0000	1,4050	34,6559

Çizelge 4.17. (Devam)

Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	50,1550	90,8350	1,8100	33,2513
		30	50,3950	90,0000	1,7900	33,4726
		45	49,5150	80,8350	1,6300	33,9293
		60	50,2900	71,6650	1,4250	34,0620
	Kaba	15	49,8250	100,0000	2,0050	33,8879
		30	49,3400	82,5000	1,6700	33,9347
		45	48,7450	81,6650	1,6800	34,2458
		60	49,6300	71,6650	1,4450	33,5014
Tam Buğday İç	İnce	15	49,5750	110,0000	2,2200	34,6036
		30	49,1600	93,3350	1,9000	33,7099
		45	50,1650	90,8350	1,8100	34,1926
		60	50,2300	80,0000	1,5900	34,6038
	Kaba	15	49,5450	110,8350	2,2400	33,8746
		30	48,3000	100,0000	2,0700	34,1766
		45	48,2150	85,8350	1,7800	34,2137
		60	48,2100	81,6650	1,6950	33,0745
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	49,0250	105,0000	2,1450	34,5173
		30	49,1900	100,8350	2,0500	34,4897
		45	49,4900	85,8350	1,7350	34,2204
		60	49,5250	78,3350	1,5800	33,4029
	Kaba	15	48,7700	108,3350	2,2200	33,3905
		30	48,3900	95,8350	1,9800	33,4910
		45	49,3900	84,1650	1,7050	33,5817
		60	48,7500	78,3350	1,6100	33,5872

Çizelge 4.18. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kütle, hacim, spesifik hacim ve nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kütle (g)		Hacim (cm ³)		Spesifik Hacim (cm ³ /g)		İç Nem (%)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	3,45	42,19**	575,44	117,79**	0,29	171,52**	0,22	7,90**
Un İriliği (B)	1	4,41	54,03**	1,00	0,21	0,00	1,80	1,46	53,57**
Seviye (C)	4	4,12	50,44**	3311,92	677,96**	1,26	726,24**	0,54	19,77**
A X B	4	0,68	8,34**	18,86	3,86**	0,01	6,39**	0,50	18,41**
A X C	16	0,76	9,34**	61,60	12,61**	0,03	17,37**	0,47	17,21**

B X C	4	0,73	8,92**	27,74	5,68**	0,01	4,79**	0,41	14,89**
A X B X C	16	0,28	3,44**	27,70	5,67**	0,01	5,89**	0,49	18,08**
Hata	50	0,082		4,885		0,002		0,027	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.19. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin kütle, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	Kütle (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	İç Nem (%)
Ekşi Hamur İç	20	49,37c	95,83ab	1,94ab	33,92b
Normal Ekmek İç	20	50,29a	84,67d	1,69d	33,78c
Normal Ekmek Kabuk	20	49,87b	88,58c	1,78c	33,85bc
Tam Buğday İç	20	49,42c	96,92a	1,96a	34,06a
Tam Buğday Kabuk	20	49,34c	95,34b	1,93b	33,89bc

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi, en yüksek kütle değeri normal ekmek içi ilaveli keklerde tespit edilirken bunu normal ekmek kabuğu ilave edilen kekler izlemiştir. Ekşi hamur iç, tam buğday iç ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde ise kütle değerinde istatistiki olarak fark çıkmamış ve en düşük ağırlık değeri tespit edilmiştir. Tam buğday ekmeği içinden elde edilen keklerde hacim ve spesifik hacim değerleri en yüksek çıkmış, bunu tam buğday kabuk, ekşi hamur iç, normal ekmek kabuk ve normal ekmek içlerinden elde edilen kekler izlemiştir. Benzer bir sonuç Gómez *et al.* (2010) tarafından kek kalitesine belirli oranlarda kepek ilavesinin etkisini araştırdıkları çalışmalarında tespit edilmiştir. Kek formülasyonunda kepek miktarının artması hacim ve spesifik hacim değerlerinde bir artış meydana getirmiştir. En yüksek kek iç nem değeri tam buğday ekmeği içinden, en düşük kek iç nem değeri ise normal ekmek içinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Tam buğday ekmeği içi ilave edilen keklerde kek içi nem değerinin diğer örneklerle göre yüksek çıkması tam buğdayın işlenmiş buğdaya göre daha fazla lif içermesinden ve dolayısıyla yüksek su tutma kapasitesinden kaynaklandığı söylenebilir (Gül ve Dizlek 2008). Nem ile ilgili

olarak benzer sonuçlar Grigelmo-Miguel *et al.* (1999) tarafından rapor edilmiştir. Çalışmada farklı ilave seviyelerinde diyet lifi kek formülasyonlarına dahil edilmiş ve diyet lifi ilave seviyesinin kek nem miktarını kontrole göre arttırdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Un iriliği değişkeninin keklerin kütle, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Kütle (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	İç Nem (%)
İnce	50	49,87a	92,37a	1,85a	34,02a
Kaba	50	49,45b	92,17a	1,86a	33,78b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi, un iriliği artması kek kütle ve iç nem değerlerini istatistiki olarak önemli derecede düşürmüştür. Hem ince hem de kaba un karışımlarından elde edilen keklerde hacim ve spesifik hacim değerleri arasında istatistiki olarak bir fark çıkmamıştır. Levent ve Bilgiçli (2013) tarafından yapılan çalışmada, kek formülasyonunda kaba ve ince buğday unu ilavesinin kek ağırlık değeri üzerinde istatistiki olarak bir etkisinin olmadığı, un iriliğinin artmasıyla hacim değerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen sonuçla bu çalışma arasındaki farklılık kek formülasyonundaki farklılıktan kaynaklanabileceği gibi bahsi geçen çalışmada formülasyona dahil edilen un iriliğinin farklı olmasından da (500-750 µm, 250-500 µm) kaynaklanabilir. Choi and Baik (2013) ise yapmış oldukları çalışmada, kek üretiminde üç farklı un iriliği (>88 µm, 55–88 µm ve <55 µm) kullanmışlar ve sonuç olarak, un iriliğinin azalmasıyla kek miksi yoğunluğunun ve viskozitesinin azaldığını kek hacminin ise arttığını tespit etmişlerdir. Kek hacmindeki bu artışı, ince un iriliğinin daha geniş yüzey alanından dolayı miksin karıştırılması boyunca daha fazla hava kabarcığının yapıya hapsedilmesiyle açıklamışlardır. Çalışmamızda un iriliğinin artması kek hacim değeri üzerinde istatistiki olarak anlamlı çıkmasa da Çizelge 4.20 incelendiğinde un iriliğinin artması ile kek hacim değerinde

küçük bir düşüş olduğu da gözlenmektedir. Yine çalışmamız ile bu çalışmada kullanılan un irilikleri ve formülasyon farklılıkları bu sonuca sebep olmuş olabilir.

Çizelge 4.21. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait kütle, hacim, spesifik hacim ve iç nem değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

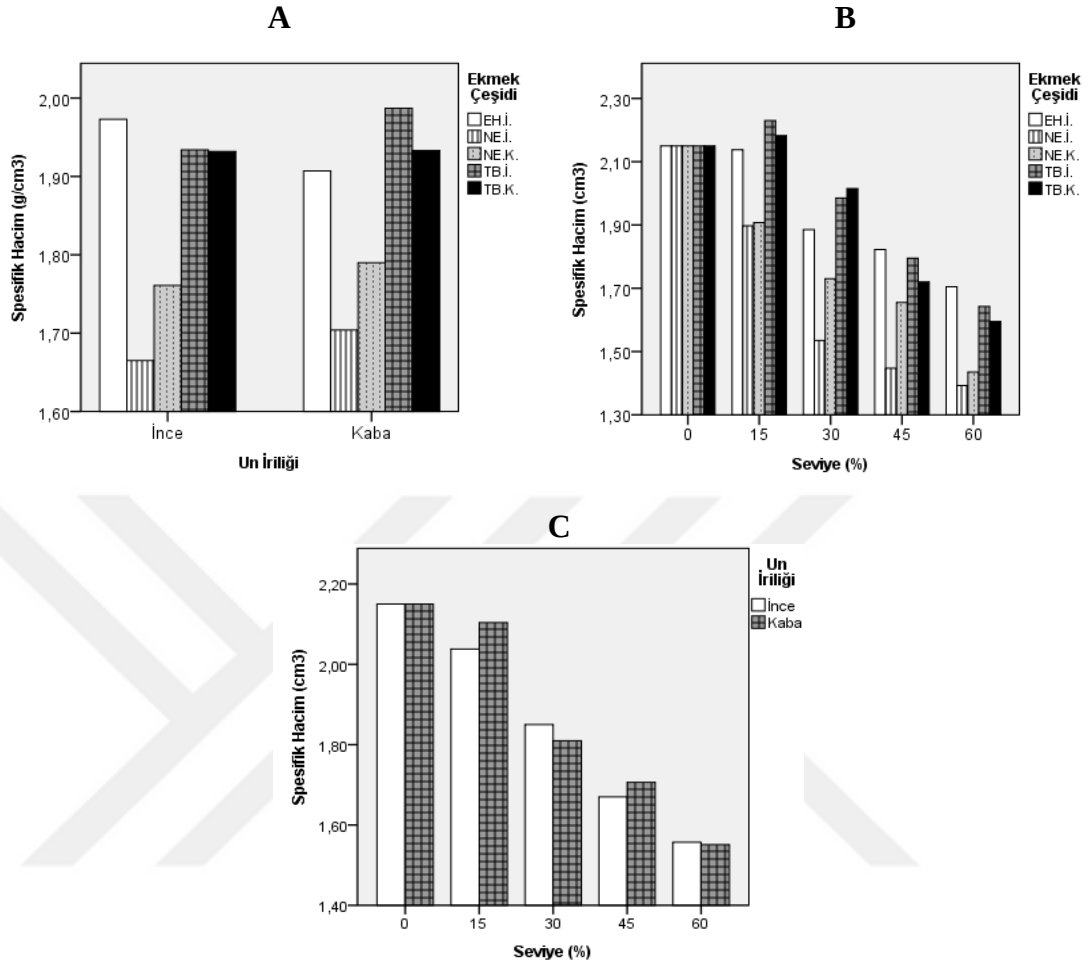
Seviye (%)	n	Kütle (g)	Hacim (cm ³)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	İç Nem (%)
0 (Kontrol)	20	50,43a	108,34a	2,15a	34,09a
15	20	49,33c	102,08b	2,07b	33,78c
30	20	49,32c	90,17c	1,83c	33,68c
45	20	49,56b	83,58d	1,69d	33,97b
60	20	49,67b	77,17e	1,55e	33,98ab

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi, seviyenin artması kek ağırlık ve iç nem değerlerinde bir düşüşe neden olmuştur. En yüksek kütle ve iç nem değeri kontrol grubunda gözlemlenirken, bu değeri %45 ve %60 ilave seviyeleri izlemiştir. Bununla birlikte bu seviyeler arasında istatistiki olarak bir fark çıkmamıştır. En düşük kütle ve iç nem değeri %15 ve %30 ilave seviyelerinde tespit edilmiştir. Bayat ekmek unu seviyesi arttıkça kek hacim ve spesifik hacim değerleri birbirleriyle orantılı olarak düşüş göstermiştir. Hacim ve spesifik hacimle ilgili olarak benzer sonuçlar Karaoğlu *et al.* (2001) tarafından belirlenmiştir. Modifiye nişastaların kullanımının kek kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, kek formülasyonuna önceden jelatinize edilmiş nişasta ilave seviyesinin artmasıyla kontrol kekine göre hacim ve spesifik hacim değerlerinde istatistiki olarak önemli seviyede (p<0,05) düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin spesifik hacim değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.18), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B), un iriliği x seviye (C) interaksyonları Şekil 4.11’de ve ekmek çeşidi x un iriliği x seviye interaksyonu Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



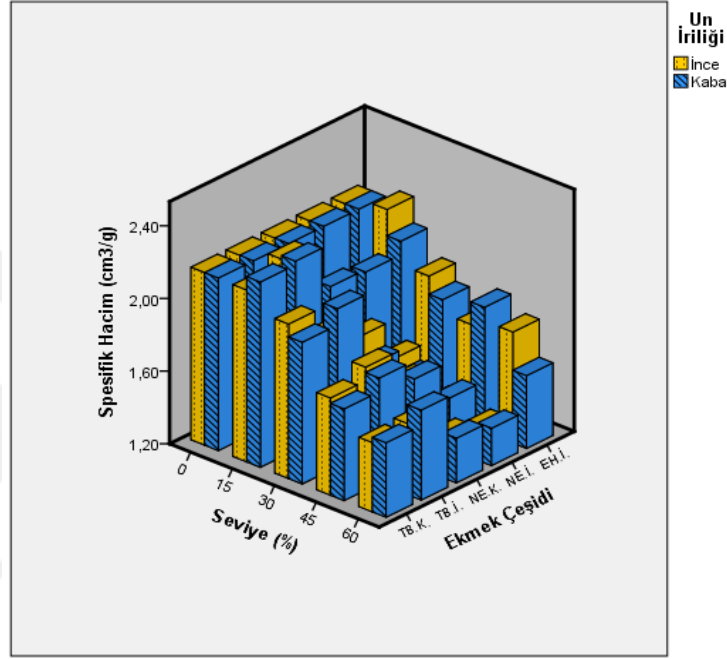


Şekil 4.11. Un karışımlarından elde edilen keklerin spesifik hacim değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Şekil 4.11.A’da görüldüğü gibi, ekşi hamur içi ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması kek spesifik hacim değerini düşürürken, diğer un karışımlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması spesifik hacim değerini arttırmıştır.

Tüm un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artması spesifik hacim değerlerini düşürücü yönde etki etmiştir. Bununla birlikte tam buğday ekmeği iç ve kabuğunun %15 seviyesinde ilave edildiği kekler dışındaki tüm karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artması spesifik hacim değerinin kontrol grubuna göre daha düşük çıkmasına neden olmuştur (Şekil 4.11.B).

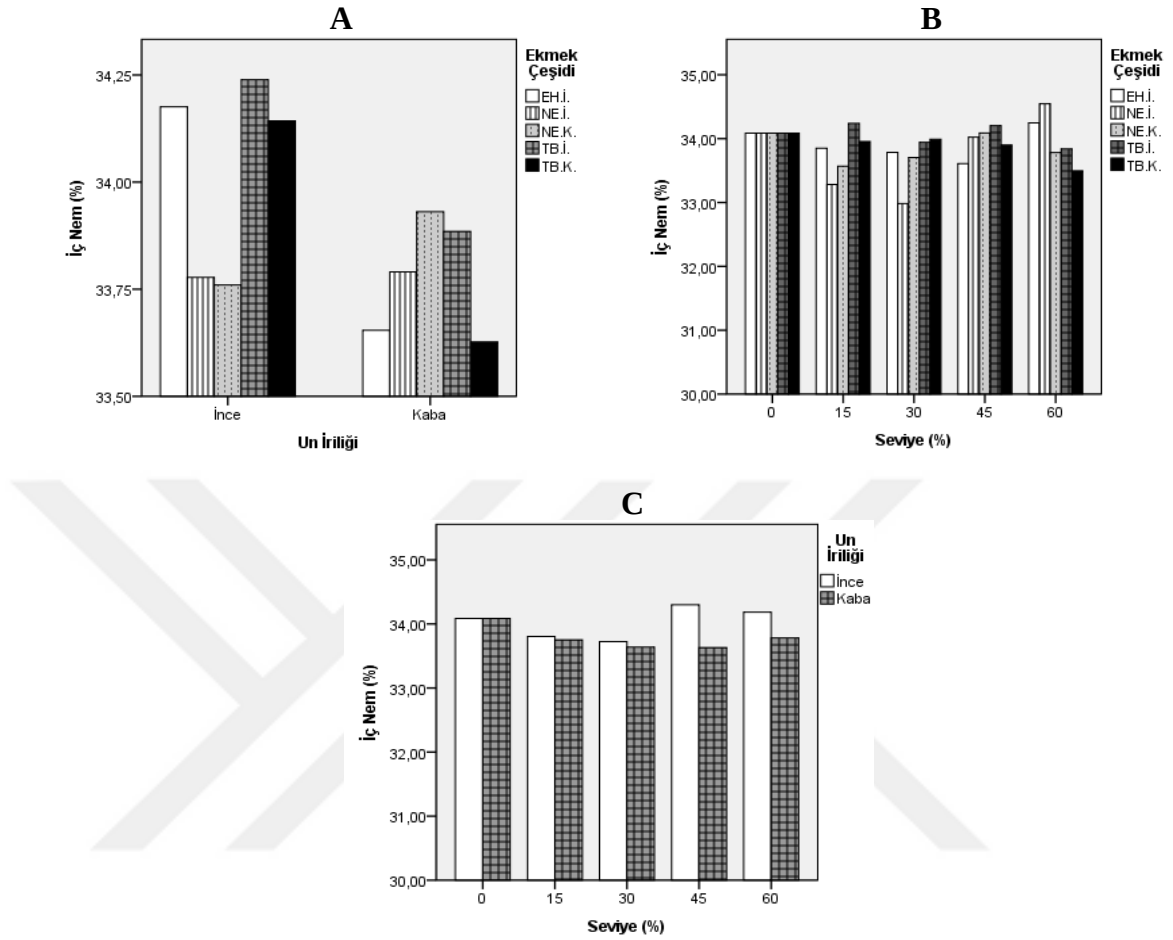
Şekil 4.11.C incelendiğinde hem ince hem de kaba un iriliklerinde ilave seviyesinin artması keklerin spesifik hacim değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir. Her iki un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde spesifik hacim değeri tüm ilave seviyelerinde kontrol grubuna göre daha düşük çıkmıştır.



Şekil 4.12. Un karışımlarından elde edilen keklerin spesifik hacim değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği x seviye etkileşimi

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, %15 ilave seviyesindeki kaba un iriliğinde tam buğday ekmeği içi ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde spesifik hacim değeri en yüksek değere sahip olmuştur.

Un karışımlarından elde edilen keklerin iç nem değeri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.18), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Un karışımlarından elde edilen keklerin iç nem değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları

Şekil 4.13.A’da görüldüğü gibi, normal ekmek iç ve normal ekmek kabuğunda elde edilen keklerde un iriliğinin artmasıyla kek içi nem değerinde bir artış meydana gelirken, ekşi hamur iç, tam buğday iç ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde iç nem değerinde bir düşüş meydana gelmiştir. En yüksek kek iç nemi değeri un iriliği ince tam buğday ekmeği içinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir.

Ekşi hamur iç, francala kabuk ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde seviyenin artması iç nem değerlerinin kontrol grubuna göre genellikle daha düşük çıkmasına neden olmuştur. Tüm karışım unlarından elde edilen keklerde seviye arttıkça iç nem değerlerinde istatistiki olarak farklılıklar görülmekle birlikte bu değerlerin kontrol gurubuna yakın olduğu görülmektedir (Şekil 4.13.B).

Şekil 4.13.C’de görüldüğü gibi hem ince hem kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde %30 ilave seviyesine kadar seviyenin artması kek iç nem değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Bu azalış kaba un karışımlarından elde edilen keklerde daha çok görülmüştür. İnce un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde %45 ve %60 ilave seviyelerinde kek içi nem değerlerinde önemli bir artış görülmekle birlikte bu ilave seviyelerinde un iriliğinin artmasıyla iç nem değerlerinde önemli bir düşüş gözlenmiştir.

4.6. Kek Hacim, Simetri, Üniformite İndeksi ve Büzülme Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.22’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23’te ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.24, Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.22. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Hacim İndeksi (mm)	Simetri İndeksi (mm)	Üniformite İndeksi (mm)	Büzülme Değeri (mm)
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	121,50	15,00	7,00	3,50
		15	125,50	11,00	1,00	2,00
		30	118,50	12,00	0,00	4,00
		45	108,50	10,00	2,00	2,00
		60	107,50	14,00	2,00	3,00
	Kaba	15	125,50	11,00	3,00	3,00
		30	116,50	14,00	0,00	2,00
		45	112,50	15,00	1,00	2,00
		60	102,50	13,00	1,00	3,00

Çizelge 4.22. (Devam)

Normal Ekmek İç	İnce	15	119,00	16,00	2,00	2,00
		30	116,50	17,00	1,00	2,00
		45	108,50	16,00	2,00	2,00
		60	101,50	14,00	4,00	2,00
	Kaba	15	120,50	16,00	2,00	3,00
		30	116,00	11,50	3,50	2,00
		45	106,50	12,00	2,00	1,00
		60	98,00	14,50	0,50	2,00
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	122,50	11,00	1,00	2,00
		30	118,50	15,00	3,00	3,00
		45	112,50	12,00	0,00	2,00
		60	103,50	12,00	2,00	2,00
	Kaba	15	124,50	15,00	1,00	2,00
		30	113,50	11,00	1,00	2,00
		45	108,00	15,00	0,00	2,00
		60	109,50	12,00	0,00	3,00
Tam Buğday İç	İnce	15	123,50	16,00	2,00	2,00
		30	125,50	14,00	2,00	1,00
		45	111,50	16,00	0,00	2,00
		60	117,50	16,00	2,00	3,00
	Kaba	15	129,50	10,00	4,00	3,00
		30	123,00	12,00	3,00	2,00
		45	114,50	13,00	1,00	3,00
		60	111,00	10,50	2,50	3,00
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	127,00	12,50	1,50	3,00
		30	110,50	23,00	7,00	3,00
		45	117,00	16,50	0,50	3,00
		60	114,00	15,00	2,00	2,00
	Kaba	15	124,50	9,00	3,00	1,00
		30	120,00	13,50	2,50	3,00
		45	111,50	13,00	3,00	3,00
		60	105,50	16,00	0,00	3,00

Ekmek çeşidi ve seviye keklerin, hacim indeksi ve büzülme değeri üzerinde istatistiki olarak $p < 0,01$ seviyesinde etkili olmuştur. Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye keklerin, simetri indeksi değerleri üzerine $p < 0,01$ seviyesinde etkili olmuştur. Üniformite indeksi değerleri üzerinde ise ekmek çeşidi ve seviye $p < 0,01$ seviyesinde etkili olurken, un iriliğinin etkisi ise $p < 0,05$ seviyesinde önemli olmuştur (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hacim İndeksi (mm)		Simetri İndeksi (mm)		Üniformite İndeksi (mm)		Büzülme Değeri (mm)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	129,14	32,61**	13,67	75,92**	4,87	81,08**	0,90	9,00**
Un İriligi (B)	1	10,24	2,59	40,96	227,56**	0,36	6,00*	0,04	0,40
Seviye (C)	4	1022,24	258,14**	13,67	75,92**	113,07	1884,42**	5,50	55,00**
A X B	4	1,47	0,37	21,69	120,47**	2,09	34,75**	0,54	5,40**
A X C	16	24,72	6,24**	8,66	48,10**	3,28	54,73**	0,78	7,75**
B X C	4	16,47	4,16**	10,89	60,47**	5,39	89,75**	0,44	4,40**
A X B X C	16	22,47	5,68**	8,83	49,05**	2,58	42,98**	0,82	8,15**
Hata	50	3,96		0,18		0,06		0,10	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.24. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	Hacim İndeksi (mm)	Simetri İndeksi (mm)	Üniformite İndeksi (mm)	Büzülme Değeri (mm)
Ekşi Hamur İç	20	116,00c	13,00d	2,40c	2,80a
Normal Ekmek İç	20	112,95d	14,70a	3,10b	2,30c
Normal Ekmek Kabuk	20	115,55c	13,30c	2,20d	2,50bc
Tam Buğday İç	20	119,90a	13,75b	3,05b	2,60ab
Tam Buğday Kabuk	20	117,30b	14,85a	3,35a	2,80a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Şümnu (2001), kek örneklerinin hacim indeksi değerlerinin, yalnızca kekin dış görünüşü hakkında bilgi veren bir analiz olması bakımından değil aynı zamanda kekin iç yapısının gelişimi hakkında da fikir veren bir analiz olması bakımından önemli olduğunu ve bu indeks değerinin kek kalitesini ortaya koyan önemli bir ölçüt olduğunu belirtmiştir. Çizelge 4.24'te görüldüğü gibi en yüksek kek hacim indeksi değeri tam buğday ekmeği içi kullanılarak elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Bu değeri tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kekler izlemiştir. Normal ekmek kabuk ve ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen keklerde bu değer bakımından istatistiki bir fark

görülmezken en düşük kek hacim indeksi değeri normal ekmek içinden elde edilen keklerde gözlemlenmiştir.

Tam buğday iç ve normal ekmek içinden elde edilen keklerin simetri indeksi değerleri en yüksek çıkmış ve bu iki un karışımından elde edilen keklerin simetri indeksi değeri arasında istatistiki bir fark görülmemiştir. Bu değeri sırasıyla tam buğday iç, normal ekmek kabuk ve ekşi hamur içinden elde edilen kekler izlemiştir.

En yüksek üniformite indeksi değeri tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde görülürken bunu normal ekmek iç ve tam buğday iç, ekşi hamur iç ve normal ekmek kabuğundan elde edilen kekler izlemiştir.

Ekşi hamur içi ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde büzülme değerleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir ve en yüksek büzülme değeri bu keklerde görülmüştür. Başka bir ifadeyle kek karışımının pişme sonrasında kek kalıbının tabanında aldığı büzülme miktarı en yüksek çıkmıştır. Bu değeri tam buğday iç, normal ekmek kabuk ve normal ekmek içinden elde edilen kekler izlemiştir.

Çizelge 4.25. Un iriliği değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Hacim İndeksi (mm)	Simetri İndeksi (mm)	Üniformite İndeksi (mm)	Büzülme Değeri (mm)
İnce	50	116,66a	14,56a	2,88a	2,58a
Kaba	50	116,02a	13,28b	2,76b	2,62a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.25'te görüldüğü gibi, un iriliği hacim indeksi ve büzülme değeri üzerinde istatistiki olarak etkili olmamıştır. Un iriliğinin artması hem simetri indeksi hem de üniformite indeksi değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir. Simetri indeksi endüstride, keklerin üst kısımlarının yüzey profillerini belirlemek için kullanılır. Simetri indeksi değerinin pozitif bir değere sahip olması kek üst yüzeyinin arzu edilen şekilde bombeli

olduğunu, negatif bir değer alması ise kekin üzerinde bir çöküntü olduğunu gösterir (Şümnu 2001).

Çizelge 4.26. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin hacim indeksi, simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	Hacim İndeksi (mm)	Simetri İndeksi (mm)	Üniformite İndeksi (mm)	Büzülme Değeri (mm)
0 (Kontrol)	20	121,50b	15,00a	7,00a	3,50a
15	20	124,20a	12,75d	2,05c	2,30d
30	20	117,85c	14,30b	2,30b	2,40bc
45	20	111,10d	13,85c	1,15e	2,20d
60	20	107,05e	13,70c	1,60d	2,60b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Kontrol grubuyla kıyaslandığında %15 bayat ekmek unu ilavesi keklerde hacim indesinde bir artış meydana getirmiş, fakat artan ilave seviyelerinde hacim indeksi değerinde düşüş görülmüştür. Bayat ekmek unu ilave seviyesinin artmasının kek hacim indeksi değerini genel olarak düşürdüğü söylenebilir. Çizelge 4.26 incelendiğinde, en yüksek simetri indeksi, üniformite indeksi ve büzülme değeri kontrol grubunda tespit edilmiştir. Ayrıca bu değerlerde bayat ekmek unu ilave seviyesinin artmasıyla düzenli olmasa da genel olarak bir düşüşün meydana geldiği söylenebilir.

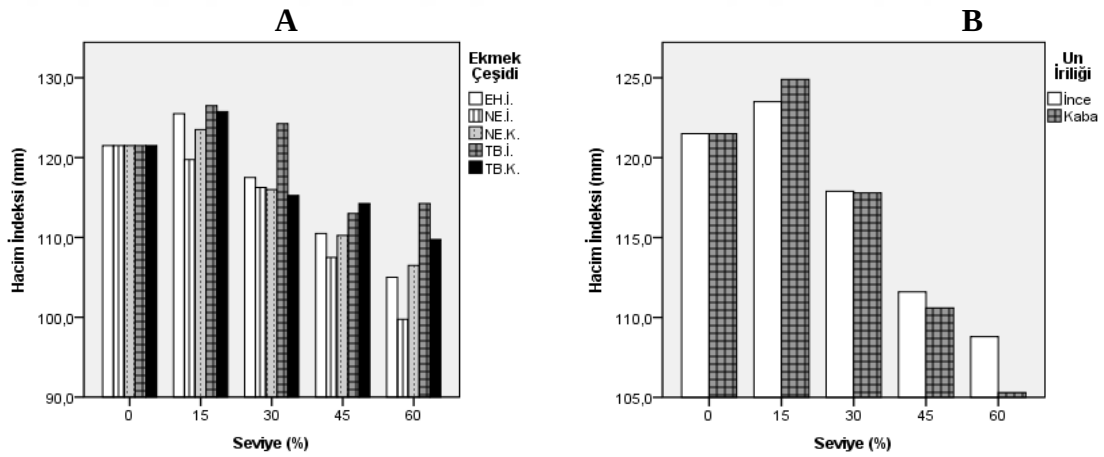
%15 ilave seviyesinde daha fazla olmak üzere %30 ilave seviyesinde simetri indeksi değerinde düşüş görülmüştür. %45 ve 60 ilave seviyelerinde ise istatistiki bir fark görülmemiştir. Simetri indeksi değeri küçük olan keklerin dış hatlarının (profillerinin) düze yakın, simetri indeksi değeri yüksek olan keklerin ise tepe (uç) noktalarının daha yüksek olduğuna ve dolayısıyla kekte belirgin bir bombe olduğu bildirilmektedir (Dizlek ve ark 2008). Dolayısıyla bayat ekmek unu ilave seviyesinin artmasının kontrol grubuna göre keklerde istenmeyen çöküntü miktarını arttırdığı söylenebilir.

Üniformite indeksi kek simetrisinin bir ölçütü olarak kullanılmaktadır. Optimum özellikteki bir kek için bu indeks değeri kek simetrisi ölçüsü olarak kullanılmaktadır.

Optimum bir kek için bu değerin sıfır olması arzu edilmektedir. Çünkü pozitif ya da negatif değerler kekin bir tarafının diğer tarafına göre daha yüksek olduğunu gösterir (Şümnu 2001). En yüksek üniformite indeksi değeri kontrol gurubunda tespit edilmiştir. Seviyenin artması bu değerin kontrole göre istatistiki olarak önemli derecede azalmasına neden olmuştur.

Büzülme değeri ise, pişirme sırasında kalıba doldurulan hamurun taban çapında meydana gelen küçülmeyi ifade etmek için kullanılmaktadır (Dizlek vd 2008). En yüksek büzülme yani kek kalıbı tabanı kenarlarından çekilme kontrol gurubu keklerde görülürken en düşük büzülme değeri %15 ve 45 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin hacim indeksi değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.23), ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Un karışımlarından elde edilen keklerin hacim indeksi değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye, (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksyonları

Tüm karışım unlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artması hacim indeksi değerlerinde genellikle düşüş meydana getirmiştir (Şekil 4.14.A). Her iki un iriliğindeki un karışımlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artması kek hacim indeksi değerlerinde genellikle bir düşüşe neden olmuştur. Bu düşüş

genellikle kaba un karışımlarından elde edilen keklerde genellikle daha çok görülmüştür. Kontrol grubuna göre %30, 45 ve 60 ilave seviyelerinde un iriliğinin artması hacim indeksi değerini düşürücü yönde etkilemiştir. %15 ilave seviyesinde un iriliğinin artması kontrole göre hacim indeksi değerinde bir artış sağlamıştır (Şekil 4.14.B).

4.7. 1. gün Kek İçi Tekstür Profili Özellikleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek örneklerinin 1. gün tekstür profili değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.27’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.29, Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait 1. gün kek içi tekstür profili değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	1. gün				
			Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenabilirlik
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	8,057	0,066	0,594	0,993	4,751
		15	6,427	0,019	0,597	0,986	3,785
		30	8,260	0,020	0,586	0,989	4,789
		45	8,354	0,009	0,577	0,980	4,723
		60	9,332	0,013	0,597	0,944	5,261
	Kaba	15	6,034	0,009	0,603	0,993	3,615
		30	7,761	0,011	0,598	0,964	4,479
		45	8,883	0,004	0,623	0,986	5,454
		60	11,084	0,003	0,613	0,967	6,560
Normal Ekmek İç	İnce	15	7,766	0,018	0,594	0,990	4,571
		30	8,903	0,026	0,584	0,982	5,107
		45	10,197	0,031	0,560	0,953	5,436
		60	12,709	0,012	0,596	0,957	7,242
	Kaba	15	6,186	0,022	0,586	0,993	3,597
		30	9,262	0,020	0,595	0,988	5,438
		45	11,281	0,019	0,614	0,995	6,885
		60	12,706	0,019	0,592	0,962	7,240

Çizelge 4.27. (Devam)

Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	6,939	0,033	0,605	0,999	4,192
		30	7,744	0,018	0,590	0,993	4,539
		45	9,940	0,021	0,590	0,970	5,689
		60	12,454	0,009	0,618	0,974	7,490
	Kaba	15	7,002	0,051	0,609	0,994	4,240
		30	8,916	0,027	0,613	0,989	5,409
		45	10,002	0,007	0,639	0,977	6,237
		60	14,210	0,007	0,649	0,993	9,151
Tam Buğday İç	İnce	15	7,903	0,052	0,568	0,976	4,383
		30	8,094	0,016	0,590	0,957	4,572
		45	9,262	0,053	0,543	0,929	4,671
		60	9,557	0,041	0,591	0,950	5,364
	Kaba	15	7,122	0,004	0,567	0,961	3,887
		30	7,934	0,002	0,603	0,999	4,786
		45	9,631	0,005	0,590	0,956	5,434
		60	10,671	0,002	0,589	0,962	6,046
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	6,425	0,008	0,583	1,000	3,746
		30	7,339	0,010	0,595	0,976	4,262
		45	8,383	0,006	0,595	0,982	4,901
		60	10,568	0,004	0,585	0,972	6,008
	Kaba	15	6,108	0,009	0,575	1,000	3,509
		30	7,651	0,008	0,591	0,969	4,383
		45	9,553	0,003	0,549	0,969	5,076
		60	11,562	0,001	0,591	0,993	6,798

Çizelge 4.28. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	1. gün					
		Sertlik (N)		Yapışkanlık (N.sn)		Kohesivlik	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	6,673	15,747**	0,001	20,399**	0,002	38,493**
Un İriliği (B)	1	1,961	4,629*	0,001	39,649**	0,002	38,143**
Seviye (C)	4	63,667	150,244**	0,010	297,884**	0,001	10,042**
A X B	4	0,321	0,757	0,001	24,822**	0,001	11,778**
A X C	16	1,817	4,288**	0,000	6,663**	0,000	6,415**
B X C	4	2,125	5,014**	0,000	5,466**	0,001	12,441**
A X B X C	16	0,303	0,715	0,000	3,693**	0,000	5,669**
Hata	50	0,424		0,000		0,000	

Çizelge 4.28. (Devam)

Varyasyon Kaynakları	SD	1. gün			
		Elastikiyet		Çiğnenebilirlik	
		KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	0,001	16,946**	3,345	22,117**
Un İriliği (B)	1	0,001	13,168**	2,248	14,862**
Seviye (C)	4	0,003	38,403**	21,364	141,268**
A X B	4	0,000	2,548	0,184	1,214
A X C	16	0,000	5,369**	0,838	5,543**
B X C	4	0,000	4,974**	1,334	8,823**
A X B X C	16	0,000	3,724**	0,192	1,269
Hata	50	0,000		0,151	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenleri 1. gün yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri üzerinde istatistiki olarak çok önemli düzeyde (p<0,01) etkilemiştir. Ekmek çeşidi ve seviye değişkenleri 1. gün sertlik değerini çok önemli düzeyde (p<0,01) etkilerken, un iriliği bu değer üzerinde önemli (p<0,05) düzeyde etkide bulunmuştur.

Çizelge 4.29. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	1.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
Ekşi Hamur İç	20	8,225b	0,022b	0,598b	0,979b	4,817b
Normal Ekmek İç	20	9,512a	0,029a	0,591c	0,981b	5,502a
Normal Ekmek Kabuk	20	9,332a	0,030a	0,609a	0,988a	5,645a
Tam Buğday İç	20	8,629b	0,030a	0,583d	0,968c	4,865b
Tam Buğday Kabuk	20	8,370b	0,018c	0,585d	0,985ab	4,819b

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.29'da görüldüğü gibi, normal ekmek içi ve normal ekmek kabuğu unu ilaveli keklerde 1. gün sertlik değerleri diğer un karışımlarından elde edilen keklere göre daha

yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte, ekşi hamur iç, tam buğday iç ve tam buğday kabuk çeşitlerinden elde edilen keklerde 1. gün sertlik değerleri ortalamaları arasında istatistiki olarak önemli bir fark görülmemiştir. Sertlik ile rutubet arasında zıt bir ilişki vardır ve su içeriği arttıkça gıdanın sertliği azalma göstermektedir (Ertaş ve Doğruer 2010). Nem miktarı yüksek olan ekmeklerde bayatlama oranının daha düşük olduğu bildirilmektedir. Yüksek nem içeriği, daha fazla nişasta jelatinizasyonuna imkan sağladığı için ekmeğin bayatlamasını geciktirmektedir (Fessas and Schiraldi 1998). Tam buğday unundan elde edilen kek çeşitlerinde 1. gün sertlik değerinin normal ekmek çeşitlerinden elde edilen keklere göre daha düşük çıkmasının nedeni olarak tam buğday ununda lif ve kepek miktarının fazla olmasının yapıda daha fazla suyun tutulmasına olanak sağlaması olarak gösterilebilir. Çeşitli ekşi hamur ve katkıların ekmeğin sertliği ve bayatlaması üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada sadece ekşi hamur fermentasyonunun nişastanın retrogradasyonunu geciktirmede etkili olduğu ve bu etkinin asitleşme derecesine ve laktik asit bakterisi türüne bağlı olduğu vurgulanmıştır (Corsetti *et al.* 2000). Bunun dışında Vakfikebir ekmeğinden izole edilen çeşitli laktik asit bakterilerinin ekmek üretiminde kullanım imkanının araştırıldığı bir çalışmada (Gerçekaslan 2012), starter kültürlerin kullanıldığı ekmek içlerinin 1. gün sertlik değerlerinin kontrole göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 4.29'a bakıldığında benzer şekilde ekşi hamurdan elde edilen ekmek içlerinin yapıldığı keklerde de normal ekmekten elde edilen keklere göre 1. gün sertlik değerinin düşük olduğu görülmüştür.

Normal ekmek iç, normal ekmek kabuk ve tam buğday ekmeği içi ilave edilmiş keklerde 1. gün yapışkanlık değeri ortalamaları arasında istatistiki bir fark görülmezken, formülasyona ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek unu ilave edildiğinde yapışkanlık değeri düşmüş, en düşük yapışkanlık değeri ise tam buğday ekmeği kabuk ilaveli keklerde tespit edilmiştir. En yüksek kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri normal ekmek kabuğundan elde edilen bayat ekmek unu katkılı un karışımlarından üretilen keklerde görülmüştür.

Çizelge 4.30. Un iriliği değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	1.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
İnce	50	8,673b	0,030a	0,588b	0,977b	4,979b
Kaba	50	8,954a	0,022b	0,598a	0,983a	5,279a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Un iriliğinin artması tüm kek içi 1. gün tekstür profili değerleri ortalamaları üzerinde istatistiki olarak anlamlı düzeyde etki etmiştir (Çizelge 4.30). Un iriliğinin artması 1. gün sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerini arttırıcı yönde etkilerken, yapışkanlık değerinde azalmaya neden olmuştur. Kohesivlik değeri yüksek olan gıdaların ağızda algılanması ve parçalanması zorlaşmaktadır. Bu nedenle kohesivlik değerinin belli bir seviyeye kadar düşük olması arzu edilebilir (Boz 2012). Kek örneklerinde belirlenen sertlik değerleri ile yapışkanlık değerleri ters orantılı olarak değişim göstermiş ve genel olarak sertlik değerleri yüksek olan örneklerin yapışkanlık değerleri düşük çıkmıştır.

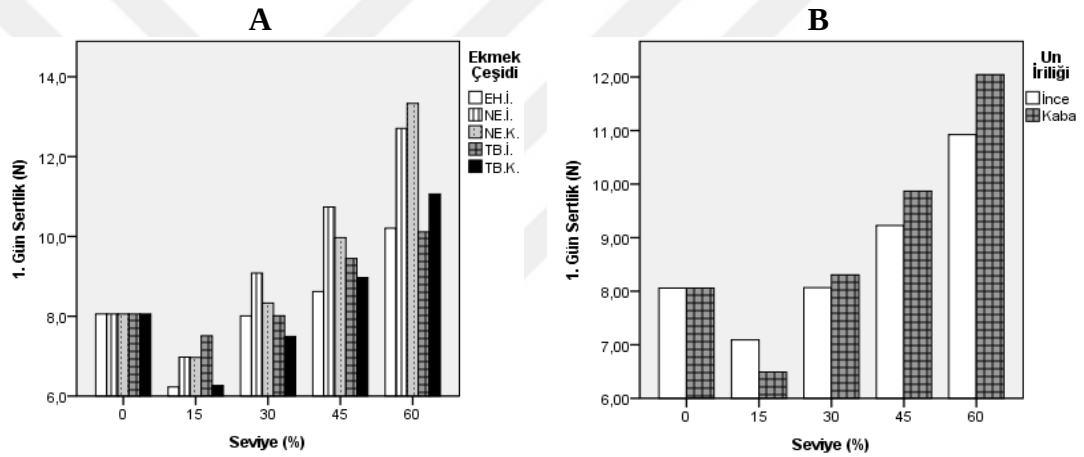
Çizelge 4.31. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin 1. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	1.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
0 (Kontrol)	20	8,057c	0,066a	0,594bc	0,993a	4,751c
15	20	6,791d	0,022b	0,589cd	0,989a	3,953d
30	20	8,186c	0,016c	0,595b	0,981b	4,776c
45	20	9,548b	0,016c	0,588d	0,969c	5,451b
60	20	11,485a	0,011d	0,602a	0,967c	6,716a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.31’de bayat ekmek unu ilave seviyesinin artmasının genellikle keklerin 1. gün sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini arttırdığı görülmektedir. Sertliğin artmasının tam aksine seviyenin artmasıyla yapışkanlık ve elastikiyette düşüş meydana gelmiştir. Seviyenin artmasıyla kohesivlik arasında sistematik bir değişim görülmemiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin 1. gün sertlik değeri üzerinde üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları Şekil 4.15’te gösterilmiştir.

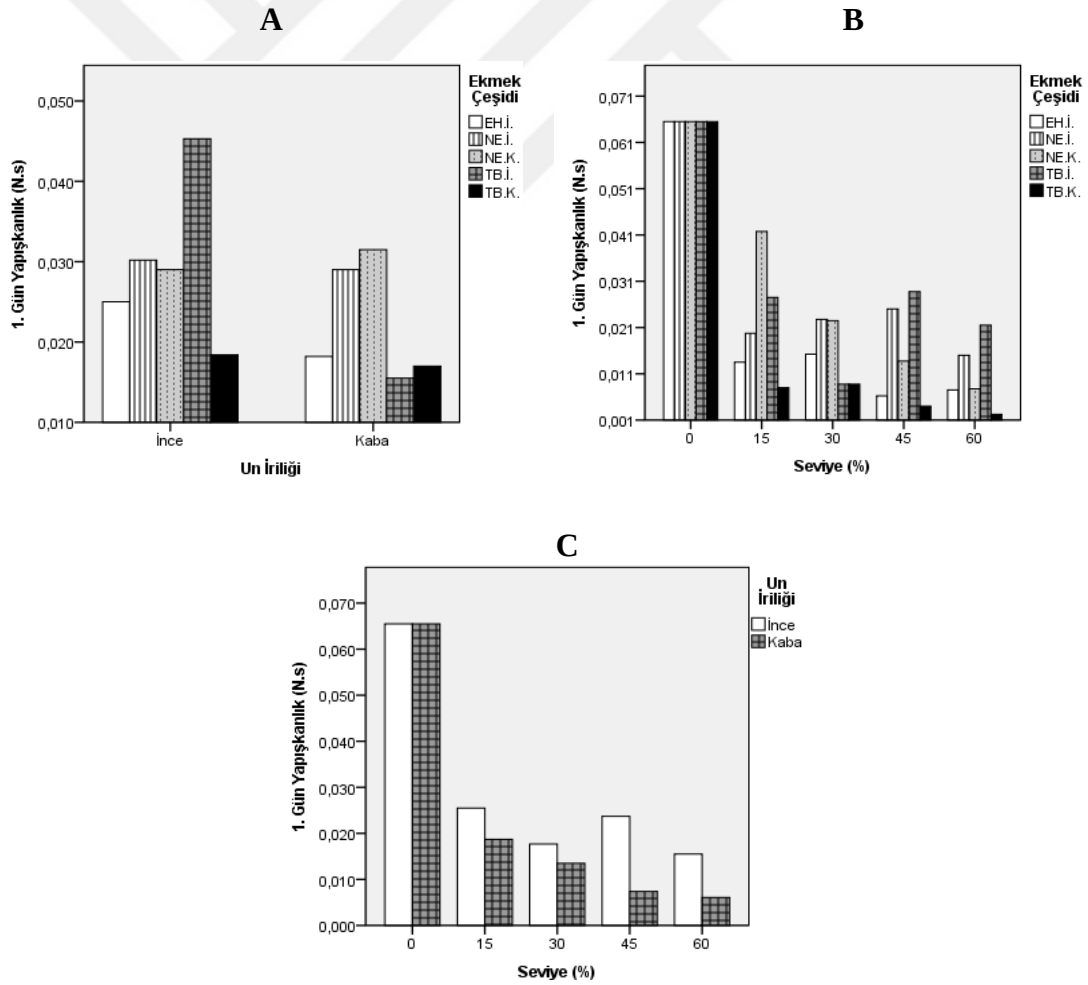


Şekil 4.15. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerindeki etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları

Sertlik, gıda maddesinin uygulanan herhangi bir etkiye karşı koyma gücüdür. Başka bir ifadeyle katı gıda partiküllerin dişler arasında ve yarı katı gıdaların damak ve dil arasındaki basınca karşı koyması için gerekli güçtür (Ertaş ve Doğruer 2010). Sertlik dokunma ile belirlenebilen bir kalite kriteridir ve özellikle fırın ürünlerinde tüketim kalitesini etkileyen en önemli kalite kriterlerinden biridir. Şekil 4.15.A’da tüm karışım unlarından elde edilen keklerde %15 ilave seviyesi keklerin 1. gün sertlik değerlerinin kontrol grubuna göre daha da düşük çıkmasına neden olduğu ancak bu ilave seviyesinden sonra tüm karışım unlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artmasının kek sertlik değerlerini düzenli bir şekilde arttırdığı görülmektedir.

Şekil 4.15.B’de hem ince hem kaba bayat unların ilavesiyle elde edilen keklerde %30 ilave seviyesinden sonra seviyenin artması 1. gün kek sertlik değerlerini arttırmıştır. Ancak bu artış kaba bayat ekmek unu ilaveli keklerde daha fazla olmuştur. Hem ince hem de kaba bayat unların ilavesiyle edilen keklerde %15 ilave seviyesi kek sertlik değerinin kontrol grubuna göre daha düşürmüştür.

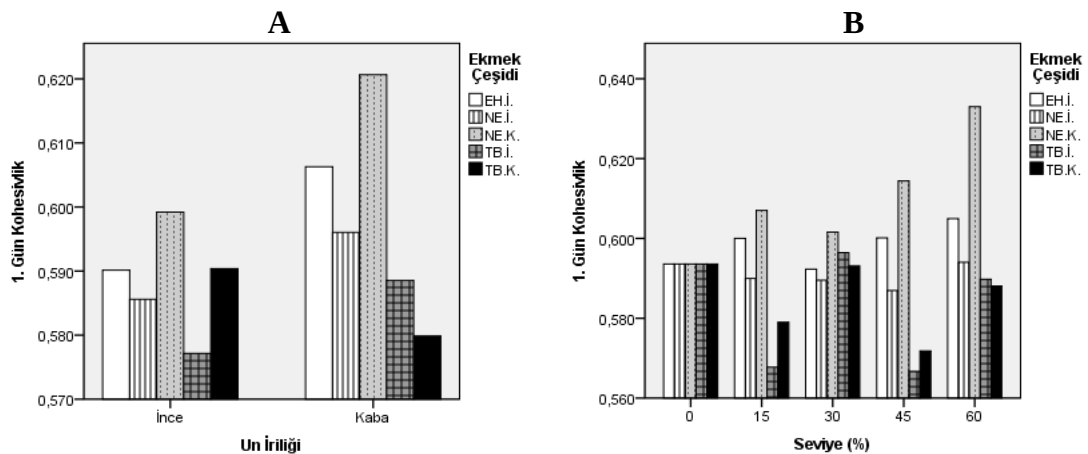
Un karışımlarından elde edilen keklerin 1. gün yapışkanlık değeri üzerinde üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

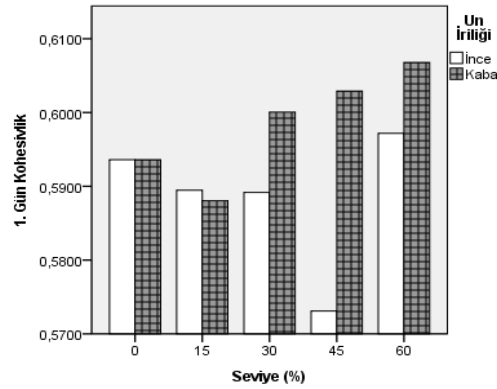


Şekil 4.16. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün dış yapışkanlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları

Yapışkanlık, gıda yüzeyi ile gıdaların ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan güçtür (Ertaş ve Doğruer 2010). Normal ekmek kabuğundan elde edilen un karışımları dışındaki tüm karışım unlarında un iriliğinin artması 1. gün kek yapışkanlık değerlerini düşürücü yönde etki etmiştir. Bu düşüş en çok tam buğday ekmeği içinden elde edilen keklerde görülmüştür (Şekil 4.16.A). Bütün karışım unlarından elde edilen keklerde seviyesinin artması kontrol grubuna göre keklerin yapışkanlık değerlerini düşürmüştür (Şekil 4.16.B). Hem ince hem de kaba bayat ekmek unu ilavesi ile elde edilen keklerde seviyenin artması kek yapışkanlık değerlerini genellikle düşürücü yönde etkilemiştir. Bu düşüş kaba bayat ekmek unlarından elde edilen keklerde daha fazla olmuştur. Un karışımlarından elde edilen keklerde seviyesinin artması kek yapışkanlık değerlerini kontrol grubuna göre daha da düşürmüştür (Şekil 4.16.C).

Un karışımlarından elde edilen keklerin 1. gün kohesivlik değeri üzerinde üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.17’de gösterilmiştir.





Şekil 4.17. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün kohesivlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

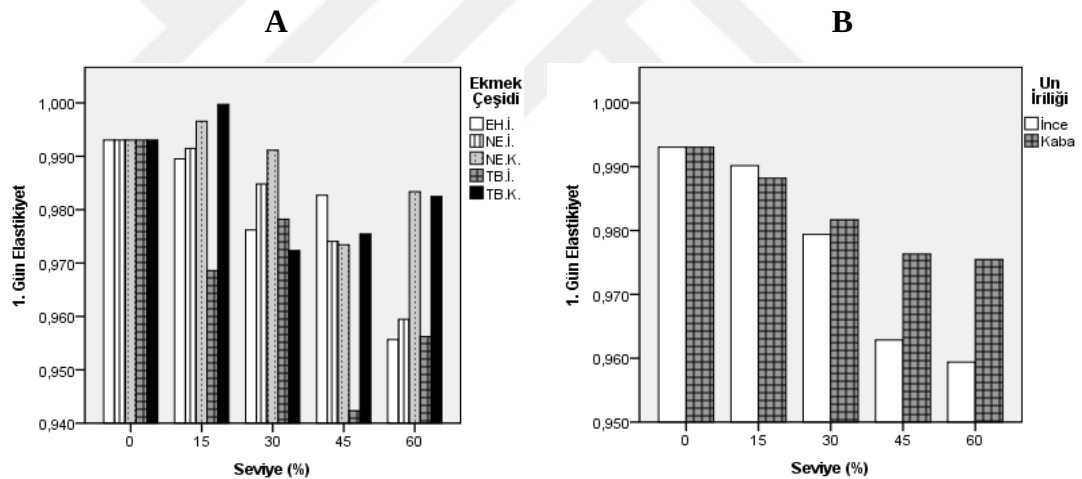
Şekil 4.17.A'da tam buğday ekmeği kabuğu unu ilavesiyle elde edilen keklerde un iriliğinin artması keklerin 1. gün kohesivlik değerlerini düşürdüğü, diğer tüm karışım unlarından elde edilen keklerde ise kek kohesivlik değerlerini arttırdığı görülmektedir.

Şekil 4.17.B'de tüm bayat ekmek unu karışımlarında seviyenin artması keklerde 1. gün kohesivlik değerlerinde düzenli bir değişim meydana getirmeyen en yüksek kohesivlik değeri normal ekmek kabuğundan elde edilen un karışımlarından yapılan %60 ilave seviyesindeki keklerde tespit edilmiştir.

Kohesivlik değeri maddenin ilk deformasyondan sonra ikinci bir deformasyona nasıl dayandığını ve ayrıca fiziksel anlamda da iç bağların dayanma gücünü gösteren bir parametredir (Karaoğlu *et al.* 2008). Kohesivlik, ürünün parçalanma veya yapısının bozulması oranı ve yeteneğini gösterir. Duyusal olarak ise ürün ısıtılırken, kopmadan önceki deformasyon miktarını belirtmektedir. Kohesivliği yüksek olan gıdaların ağızda parçalanması oldukça zor olduğu için kohesivlikteki artışın tüketiciler tarafından arzu edilmediği belirtilmektedir (Park *et al.* 2012). Şekil 4.17.C'de hem ince hem de kaba un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde kontrol grubuna göre %15 ilave seviyesinde 1. gün kohesivlik değerinde düşüş görülürken, artan ilave seviyelerinde bu değerde genellikle artış meydana gelmiştir. Bu artış genellikle kaba un iriliğine sahip un karışımlarında daha çok olmuştur. Bu bağlamda un karışımlarında un iriliğinin

artmasıyla birlikte bayat ekmek unu ilave seviyesinin artmasının genel olarak kek örneklerinin kohesivlik değerlerini artırması nedeniyle tüketiciler tarafından arzu edilmeyen bir değişikliğe neden olduğu ifade edilebilir.

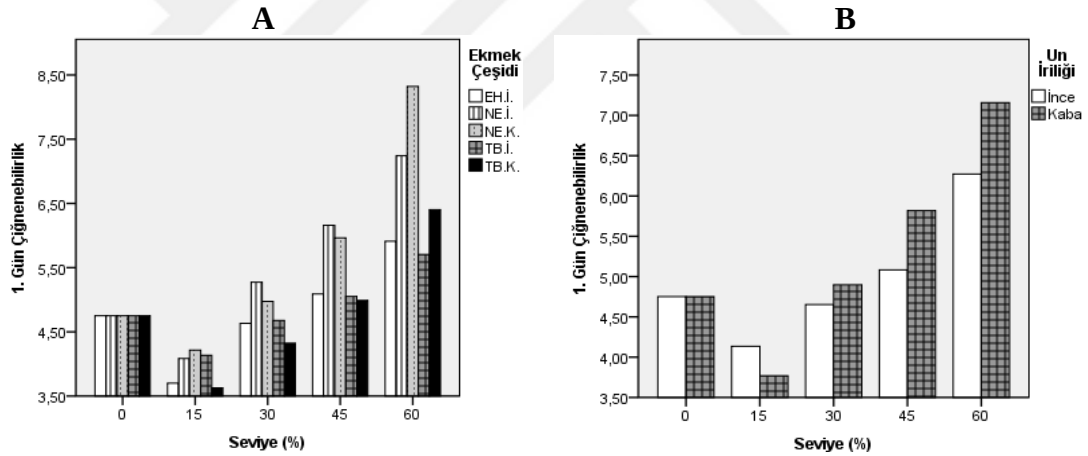
Un karışımlarından elde edilen keklerin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları

Elastikiyet, ürünün birinci sıkıştırımdan sonra eski haline ne düzeyde dönebildiğinin bir göstergesidir. Şekil 4.18.A’da, karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artmasıyla 1. gün elastikiyet değerlerinde genel olarak bir azalmanın meydana geldiği fakat bu azalmanın düzenli olmadığı görülmektedir. Şekil 4.18.B’de, hem ince hem de kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu ilave seviyesinin artması 1. gün elastikiyet değerini düşürücü yöne etkilemiştir. Bu düşüş genel olarak kaba un ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde daha çok olmuştur.

Un karışımlarından elde edilen keklerin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.28), ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve un iriliği x seviye (B) interaksiyonları

Çiğnenebilirlik, katı gıdaların çiğnenerek yutmaya hazır hale gelebilmesi için harcanan enerji miktarının göstergesidir. Yüksek çiğnenebilirlik değeri, ağızda verdiği lastiğimsi histen ötürü istenmemektedir (Karaoğlu *et al.* 2008). Şekil 4.19.A’da tüm karışım unlarından elde edilen kek örneklerinde seviyenin artmasıyla 1. gün çiğnenebilirlik değerleri düzenli bir şekilde artmıştır. Karışım unlarından elde edilen kek örneklerinde genellikle %30 ilave seviyesinden sonra artan bayat ekmek unu seviyesi elastikiyet değerlerinin genellikle kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmasıyla sonuçlanmıştır. En yüksek elastikiyet değeri normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımından elde edilen

keklerde %60 ilave seviyesinde görülmüştür. %15 ilave seviyesinde tüm ekmek çeşitlerinde çiğnenebilirlik değerleri kontrol grubundan daha düşük çıkmıştır. Şekil 4.19.B’de her iki un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artması çiğnenebilirlik değerlerinde çok önemli derecede bir artış meydana getirmiştir. %15 ilave seviyesinde un iriliğinin artması çiğnenebilirlik değerinde bir azalmaya, diğer ilave seviyelerinde ise düzenli bir artışa neden olmuştur. Bu artış kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde daha fazla meydan gelmiştir.

4.8. 7. Gün Kek İçi Tekstür Profili Özellikleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek örneklerinin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.32’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33’te ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.34, Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.32. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait 7. gün kek içi tekstür profili değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	7. gün				
			Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	15,120	0,009	0,945	0,441	6,315
		15	13,138	0,003	0,907	0,448	5,342
		30	16,491	0,006	0,900	0,457	6,770
		45	21,143	0,007	0,895	0,473	8,960
		60	21,615	0,017	0,888	0,497	9,556
	Kaba	15	13,654	0,008	0,902	0,460	5,666
		30	15,928	0,006	0,905	0,432	6,220
		45	17,589	0,005	0,906	0,464	7,433
		60	27,990	0,010	0,896	0,515	12,928
Normal Ekmek İç	İnce	15	17,353	0,012	0,910	0,442	6,977
		30	20,507	0,011	0,925	0,467	8,853
		45	22,249	0,001	0,943	0,491	10,332
		60	23,358	0,008	0,927	0,514	11,162
	Kaba	15	14,552	0,004	0,964	0,477	6,713
		30	17,516	0,006	0,931	0,490	7,984
		45	26,208	0,022	0,904	0,537	12,720
		60	29,007	0,012	0,911	0,462	12,223
Normal	İnce	15	14,860	0,010	0,949	0,461	6,509

Ekmek Kabuk		30	17,854	0,015	0,926	0,478	7,907
		45	21,898	0,014	0,927	0,487	9,896
		60	25,832	0,008	0,921	0,532	12,669
	Kaba	15	13,184	0,002	0,925	0,444	5,419
		30	22,621	0,003	0,925	0,503	10,528
		45	22,162	0,002	0,918	0,537	10,940
		60	22,185	0,001	0,930	0,547	11,297
Tam Buğday İç	İnce	15	14,471	0,005	0,920	0,433	5,829
		30	16,663	0,003	0,936	0,482	7,515
		45	19,718	0,008	0,895	0,441	7,785
		60	22,104	0,020	0,876	0,484	9,381
	Kaba	15	14,119	0,004	0,961	0,434	5,915
		30	14,508	0,003	0,896	0,464	6,038
		45	18,409	0,009	0,877	0,463	7,510
		60	22,591	0,005	0,891	0,461	9,271
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	13,849	0,001	0,936	0,431	5,592
		30	15,160	0,003	0,921	0,443	6,183
		45	19,146	0,000	0,903	0,466	8,055

Çizelge 4.32. (Devam)

	Kaba	60	24,587	0,013	0,911	0,482	10,794
		15	11,323	0,006	0,912	0,409	4,230
		30	16,055	0,003	0,905	0,442	6,436
		45	19,333	0,008	0,894	0,386	6,672
		60	21,850	0,001	0,906	0,421	8,337

Çizelge 4.33. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	7. gün					
		Sertlik (N)		Yapışkanlık (N.sn)		Kohesivlik	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	32,340	17,948**	0,000	2,806*	0,002	5,735**
Un İriliği (B)	1	0,059	0,033	0,000	5,346*	0,000	0,360
Seviye (C)	4	345,331	191,657**	0,000	4,465**	0,006	16,250**
A X B	4	2,532	1,405	0,000	5,131**	0,000	0,466
A X C	16	5,479	3,041**	0,000	1,484	0,000	1,210
B X C	4	4,212	2,337	0,000	4,776**	0,000	1,112
A X B X C	16	9,471	5,256**	0,000	3,125**	0,001	1,510
Hata	50	1,802		0,000		0,000	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.33. (devam)

Varyasyon Kaynakları	SD	7. gün			
		Elastikiyet		Çiğnenebilirlik	
		KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	0,008	19,917**	17,682	23,445**
Un İriliği (B)	1	0,000	0,364	0,101	0,134
Seviye (C)	4	0,009	22,875**	82,571	109,484**
A X B	4	0,002	4,451**	1,828	2,424
A X C	16	0,001	3,573**	2,667	3,536**
B X C	4	0,001	1,361	0,256	0,339
A X B X C	16	0,001	2,281*	2,281	3,025**
Hata	50	0,000		0,754	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Varyans analizi sonuçlarına ana varyasyon kaynaklarından göre ekmek çeşidi ve seviye değişkenleri 7. gün sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri üzerinde istatistiki olarak çok önemli seviyede (p<0,01) etmiştir. Un iriliği değişkeninin ise bu değerler üzerinde istatistiki olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır. Ekmek çeşidi ve un iriliği, yapışkanlık değerine önemli düzeyde (p<0,05) etki ederken, seviye çok önemli düzeyde (p<0,01) etki etmiştir.

Çizelge 4.34. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	7.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
Ekşi Hamur İç	20	17,779c	0,008ab	0,909b	0,463b	7,551b
Normal Ekmek İç	20	20,099a	0,009a	0,931a	0,476a	8,959a
Normal Ekmek Kabuk	20	19,083b	0,007ab	0,931a	0,487a	8,779b
Tam Buğday İç	20	17,282c	0,007ab	0,914b	0,455b	7,187bc
Tam Buğday Kabuk	20	17,154c	0,005b	0,918b	0,436c	6,893c

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.34'te görüldüğü gibi, ekmek çeşitlerinin 7. gün sertlik değerleri arasında farklılık vardır fakat ekşi hamur iç, tam buğday iç ve tam buğday kabuktan elde edilen keklerde bu fark istatistiki açıdan önemsizdir. En yüksek sertlik değeri normal ekmek iç sonrasında ise normal ekmek kabuk çeşidinden elde edilen keklerde görülmüştür.

Yapışkanlık değeri hemen hemen tüm kek çeşitlerinde istatistiki olarak aynı çıkmıştır. Normal ekmek iç ve normal ekmek kabuktan elde edilen keklerde kohesivlik değeri istatistiki olarak aynı ve diğer çeşitlere göre yüksek çıkmıştır. Diğer çeşitlerde de kohesivlik değerleri istatistiki olarak aynıdır. Normal ekmek iç ve normal ekmek kabuk çeşidinden elde edilen keklerde elastikiyet değerleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiştir ve en yüksek değer tespit edilmiştir. En yüksek elastikiyet değeri bu grupta görülürken en düşük tam buğday kabuktan elde edilen keklerde görülmüştür. Yine normal ekmek iç çeşidinden elde edilen kekler en yüksek çiğnenebilirlik değerine sahip olurken en düşük değer tam buğday kabuk çeşidinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.35. Un iriliği değişkeninin keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	7.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
İnce	50	18,304a	0,008a	0,922a	0,465a	7,906a
Kaba	50	18,255a	0,006b	0,919a	0,462a	7,842a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Un iriliğinin 7. gün sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri üzerinde istatistiki olarak etkisi bulunamamıştır. Un iriliğinin artması 7. gün yapışkanlık değerini düşürücü etkide bulunmuştur (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.36. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin 7. gün kek içi tekstür profili değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

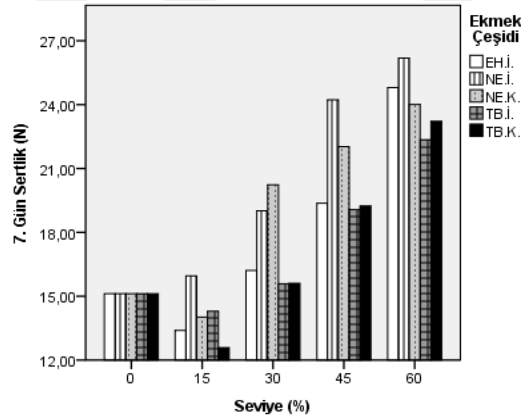
Seviye (%)	n	7.Gün				
		Sertlik (N)	Yapışkanlık (N.sn)	Kohesivlik	Elastikiyet	Çiğnenebilirlik
0 (Kontrol)	20	15,120d	0,009a	0,945a	0,441c	6,315d
15	20	14,050e	0,005b	0,929b	0,444c	5,819d
30	20	17,329c	0,006b	0,917ab	0,466b	7,443c

45	20	20,785b	0,008ab	0,906c	0,474b	9,030b
60	20	24,112a	0,009a	0,906c	0,492a	10,762a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Kek formülasyonuna ilave edilen bayat ekmek miktarındaki artışa bağlı olarak kek örneklerinin 7. gün sertlik değerleri %15 ilave seviyesinden sonra artmıştır. En yüksek yapışkanlık değeri kontrol ve %60 ilave seviyesinde görülürken, diğer seviyelerde yapışkanlık değeri istatistiki olarak farklı bulunmamış ve düşük çıkmıştır. Seviyenin artması kohesivlik değerini düşürücü etki gösterirken, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerini ise genellikle arttırmıştır (Çizelge 4.36).

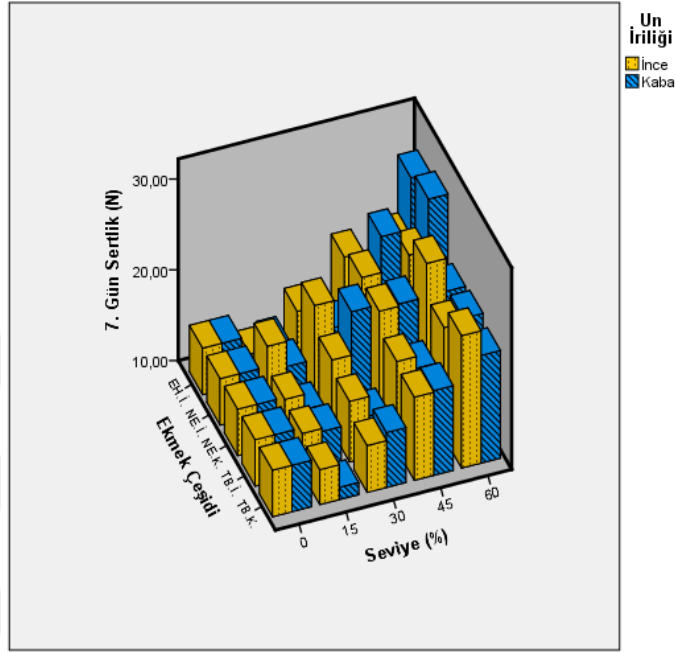
Un karışımlarından elde edilen keklerin 7. gün sertlik değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkisi saptanan (Çizelge 4.33), ekmek çeşidi x seviye (A) interaksyonu Şekil 4.20’de ve ekmek çeşidi x seviye x un iriliği interaksyonu ise Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye interaksyonu

Şekil 4.20’de görüldüğü gibi bütün karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artmasıyla 7. gün sertlik değerlerinde çok önemli düzeyde artış meydana gelmiştir. %60 ilave seviyesinde normal ekmek içinden elde edilen keklerde sertlik en yüksek değerine ulaşmıştır. Hem %15 hem de %30 bayat ekmek ilave seviyelerinde tam buğday ekmeği içi ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen un karışımlarından yapılan keklerde

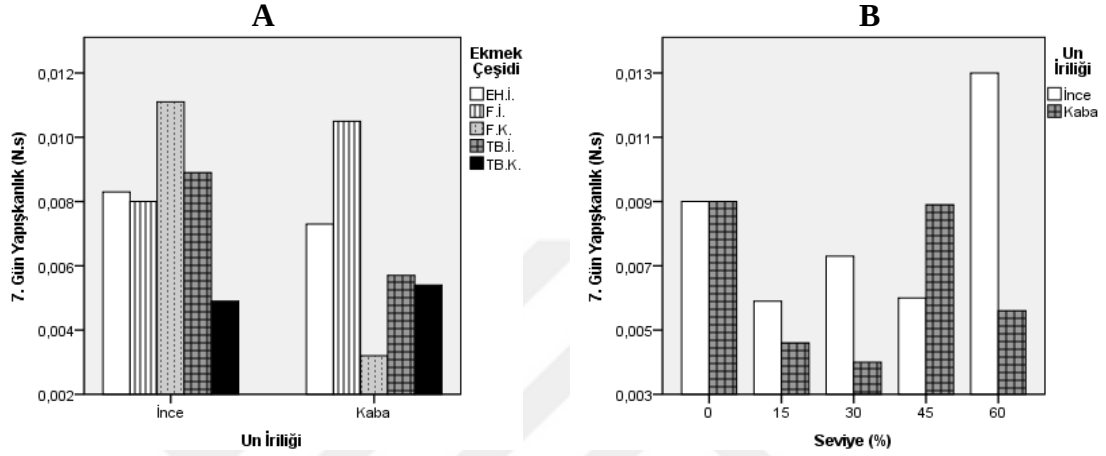
7. gün sertlik değeri diğer çeşitlerden elde edilen keklere göre genellikle düşük çıkmıştır. Bu değer özellikle %15 ilave seviyesinde ise kontrolden daha düşük %30 ilave seviyesinde ise kontrolle hemen hemen aynı olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.21. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün sertlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği x seviye etkileşimi

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi kontrol grubuyla kıyaslandığında en düşük kek sertlik değerleri genellikle %15 ilave seviyesinde tüm ekmek çeşitlerinden elde edilen karışım unlarında kaba un iriliğine sahip keklerde tespit edilmiştir. En düşük 7. gün sertlik değeri ise %15 ilave seviyesinde tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kaba un iriliğindeki keklerde görülmüştür.

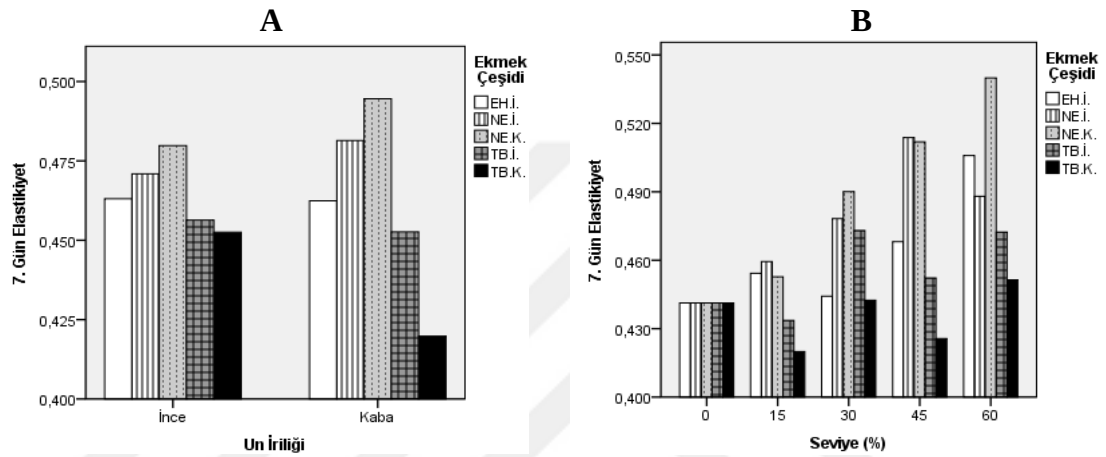
Un karışımlarından elde edilen keklerin 7. gün yapışkanlık değeri üzerinde çok önemli düzeyde ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.33), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve un iriliği x seviye (B) etkileşimleri Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün yapışkanlık değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve un iriliği x seviye (B) etkileşimleri

Şekil 4.22.A’da görüldüğü gibi, ekşi hamur ekmeği iç, normal ekmek kabuk ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen keklerde un iriliğinin artması 7. gün kek içi yapışkanlık değerlerini düşürürken, normal ekmek iç ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde bu değer un iriliğinin artmasıyla yükselmiştir. Şekil 4.22.B’de genellikle ince un iriliğine sahip keklerde yapışkanlık değerlerinin tüm seviyelerde daha yüksek olduğu görülmektedir. En yüksek yapışkanlık değeri ince un iriliği ve %45 ilave seviyesine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde görülmektedir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin 7. gün yapışkanlık değeri üzerinde çok önemli düzeyde ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.33), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimleri Şekil 4.23’te gösterilmiştir.

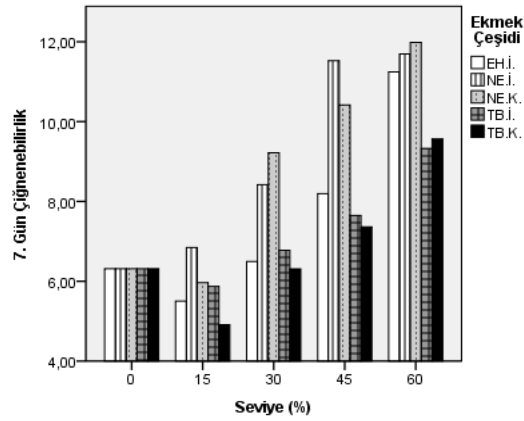


Şekil 4.23. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimleri

Şekil 4.23.A’da ekşi hamur ekmeği iç, tam buğday ekmeği iç ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde un iriliğinin artmasıyla elastikiyet değerlerinde bir azalış, normal ekmeği iç ve normal ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde ise bu değerlerde artış olduğu görülmektedir. Şekil 4.23.B’de görüldüğü gibi, tüm karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artması elastikiyet değerlerinde genel olarak bir artışa neden olmuştur fakat bu artışın düzenli bir artış olmadığı görülmektedir. Tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde tüm seviyelerde elastikiyet değerleri kontrol grubuna yakın çıkmıştır. Elastikiyet değerindeki en önemli artış %60 seviyesinde normal ekmeği kabuğundan elde edilen keklerde görülmüştür.

Un karışımlarından elde edilen keklerin 7. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde çok önemli düzeyde ($p < 0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.33), ekmek çeşidi x seviye (A) etkileşimi Şekil 4.24’te gösterilmiştir.





Şekil 4.24. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin 7. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye etkileşimi

Şekil 4.24'te görüldüğü gibi, tüm karışım unlarından elde edilen kek örneklerinde bayat ekmek unu seviyesinin artması çiğnenebilirlik değerlerinde bir artışa neden olmuştur. %15 ilave seviyesinde normal ekmek iç çeşidi dışındaki bayat ekmek unu çeşitlerinde çiğnenebilirlik değeri kontrol grubundan düşük çıksa da artan seviyelerde bayat ekmek unu çeşitlerinde bu değer kontrol grubuna göre daha yüksek çıkmıştır. Elastikiyet değerinde olduğu gibi en yüksek çiğnenebilirlik değeri %60 ilave seviyesinde normal ekmek kabuk ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde tespit edilmiştir.

4.9. Kek İçi Renk Yoğunluğu Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin iç renk yoğunluğu değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.37'de ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait iç renk değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Kek İç Renk Değerleri		
			L	a	b
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	74,52	-1,66	20,36
		15	74,00	-1,37	20,10
		30	74,16	-1,21	19,94
		45	72,86	-0,87	20,01
	Kaba	60	72,60	-0,43	19,92
		15	71,51	-0,92	20,27
		30	71,21	-1,05	20,11
		45	70,68	-0,59	20,41
Francala İç	İnce	60	70,51	-0,43	19,78
	Kaba	15	74,17	-1,94	18,91
		30	70,42	-1,44	19,99
		45	73,26	-1,75	21,32
	Kaba	60	71,75	-0,89	21,15
		15	72,57	-1,79	19,56
		30	70,36	-1,58	20,97
		45	70,32	-1,53	19,90
Francala Kabuk	İnce	60	70,32	-1,01	20,48
	Kaba	15	71,98	-0,61	22,07
		30	68,50	0,72	23,10
		45	67,42	2,29	22,38
	Kaba	60	68,23	2,94	24,45
		15	68,91	-0,04	20,34
		30	66,25	1,38	20,80
		45	66,97	2,29	23,26
Tam Buğday İç	İnce	60	66,46	3,45	23,98
	Kaba	15	71,98	-1,14	19,49
		30	70,28	-0,16	19,17
		45	67,72	0,26	19,35
	Kaba	60	65,91	1,04	19,10
		15	71,32	-0,79	19,74
		30	68,86	0,36	20,63
		45	67,20	0,97	20,07
Tam Buğday Kabuk	İnce	60	65,63	1,66	19,98
	Kaba	15	70,37	0,43	21,67
		30	67,43	2,14	22,02
		45	64,81	3,71	23,82
	Kaba	60	62,78	4,78	23,11
		15	69,79	0,68	21,00
		30	65,21	2,62	21,43
		45	61,02	4,13	21,78
		60	58,71	5,42	21,10

Çizelge 4.38. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait iç renk değerleri varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kek İç Renk Değerleri					
		L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	108,76	875,62**	42,03	7265,28**	20,59	296,68**
Un İriliği (B)	1	54,21	436,47**	1,83	315,51**	1,21	17,44**
Seviye (C)	4	170,03	1368,92**	34,16	5904,76**	4,34	62,53**
A X B	4	1,92	15,43**	0,14	24,36**	2,33	33,61**
A X C	16	14,29	115,03**	4,27	737,37**	2,48	35,67**
B X C	4	3,46	27,84**	0,12	19,79**	0,19	2,72
A X B X C	16	1,15	9,28**	0,05	8,26**	0,91	13,11**
Hata	50	0,12		0,01		0,07	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli 0,4

Ana varyasyon kaynaklarından ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye keklerin iç L, a ve b renk değerleri üzerinde istatistiki olarak p<0,01 seviyesinde etkili olmuştur (Çizelge 4.38).

Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenlerinin ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.39, Çizelge 4.40 ve Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.39. Ekmek çeşidi değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	Kek İç Renk Değerleri		
		L	a	b
Ekşi Hamur İç	20	72,65a	-1,02d	20,13d
Normal Ekmek İç	20	72,22b	-1,52e	20,29c
Normal Ekmek Kabuk	20	69,37d	0,91b	22,11a
Tam Buğday İç	20	69,79c	-0,11c	19,82e
Tam Buğday Kabuk	20	66,91e	2,06a	21,66b

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çizelge 4.39’da görüldüğü gibi, ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat un ilave edilen kek içlerinde L değeri en yüksek bulunmuştur. Bunu sırasıyla, normal ekmek içi, tam buğday ekmeği içi, normal ekmek kabuğu ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kek içleri izlemiştir. Formülasyona ilave edilen normal ekmek kabuğu ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmek unu ilavesi keklerde kek içi L değerlerinin diğer karışım unlarına kıyasla daha da düşmesine neden olmuştur. Ekmeklerin pişirilmesi sırasında meydana gelen esmerleşme reaksiyonları (Capuano *et al.* 2008) kabuk kısmında iç kısma göre daha fazladır (Gallagher *et al.* 2003). Bu da renkte bir koyulaşmaya neden olur. Bu sebepten dolayı kek üretiminde kullanılan ekmek kabuklarının, kek iç renginin koyulaşmasına sebep olduğu söylenebilir. pH değeri son ürünün rengi üzerinde etkili olmaktadır. pH’daki küçük bir azalma ürünün iç renginin daha beyaz olmasına neden olmaktadır (Çelik ve Kotancılar 1995). Baardseth *et al.* (2004), yapmış oldukları araştırmada ekşi hamur hazırlanmasında kullanılan laktik asit bakterileri ile yürütülen fermentasyon işlemiyle ekmeklerin akrilamid seviyesinde %75 oranında azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Bu azalmanın nedeni olarak ortam pH’sının (kontrol hamur pH 6; ekşi hamur mayalı hamur pH 3.7) düşük olması gösterilmiştir. Bizim çalışmamızda da ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen keklerde diğer ekmek içlerinden elde edilen keklere göre koyulaşmanın en az olduğu görülmüştür. pH düşüşü ve kek içi koyuluğu değerlerindeki değişim birbirini destekler niteliktedir. Renk tayininde kullanılan Hunter sistemine göre L; 0=siyahtan 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, -a değeri yeşil, +a değeri kırmızı, -b değerleri mavi, +b sarı renk yoğunluklarını göstermektedir (Elgün vd 2002). Tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilmiş bayat ekmek unu ilave edilmiş keklerde daha fazla olmak üzere normal ekmek kabuğu ilaveli kek içlerinde kırmızımsılık, tam buğday ekmeği iç ilaveli keklerde daha fazla olmak üzere ekşi hamur ekmeği iç ve en az da normal ekmeği içinden elde edilen kek içlerinde yeşilimsilik tespit edilmiştir. En yüksek sarımsılık normal ekmek kabuğu ilaveli kekler olmak üzere bu değeri sırasıyla tam buğday ekmek kabuğu, normal ekmek içi, ekşi hamur ekmek içi ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen kek içleri izlemiştir.

Çizelge 4.40. Un iriliği değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Kek İç Renk Değerleri		
		L	a	b
İnce	50	70,926a	-0,071b	20,913a
Kaba	50	69,453b	0,199a	20,693b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Un iriliğinin artması kek içi koyuluğunu arttırmıştır. Kaba ekmek unundan elde edilen kek içleri kırmızımsı renk değerindeyken, un iriliğinin azalması ile kek içi a renk değeri yani kırmızılık azalmıştır. Un iriliğinin artması kek içi sarımsılığını azaltmıştır (Çizelge 4.40).

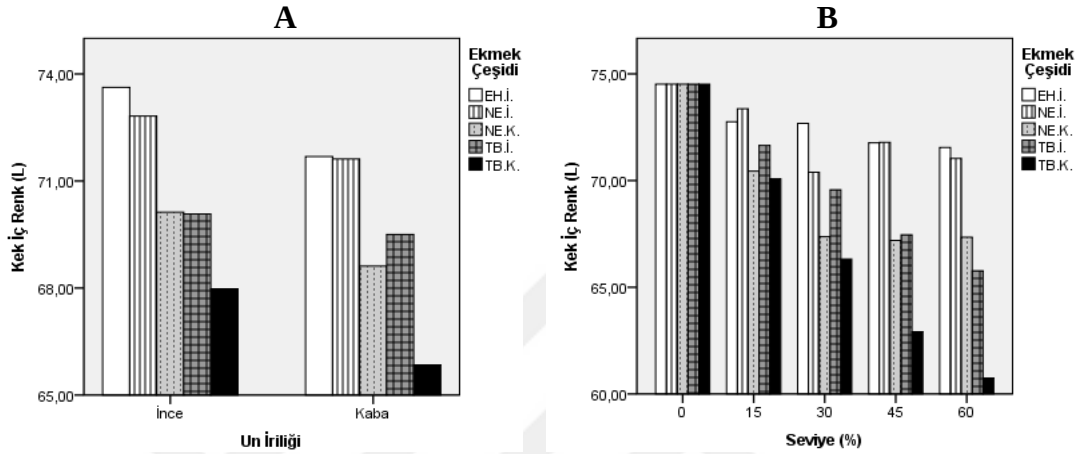
Çizelge 4.41. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait kek iç renk değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	Kek İç Renk Değerleri		
		L	a	b
0 (Kontrol)	20	74,52a	-1,66e	20,31c
15	20	71,66b	-0,75d	20,36c
30	20	69,26c	0,18c	20,81b
45	20	68,22d	0,89b	21,23a
60	20	67,29e	1,65a	21,30a

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi, bayat ekmek unu seviyesinin artması kek içi L renk değerini düşürücü etki göstermiştir. Bayat ekmek unu seviyesi arttıkça kek içi koyuluğu artmıştır. Seviyenin artması kek içi +a (kırmızılık) değerini arttırıcı yönde etkilemiştir. Yine seviyenin artması +b renk değerini arttırıcı şekilde etkilemiştir. Kontrol grubu ve %15 seviyeleri arasında ve %40 ve 60 seviyeleri arasında b renk değeri bakımından istatistiki bir fark görülmemiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin iç L renk değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.38), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimlerini Şekil 4.25'te gösterilmiştir.



Şekil 4.25. Un karışımlarından elde edilen keklerin iç L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimleri

Tüm un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde un iriliğinin artmasıyla kek içi L renk değerlerinde önemli derecede düzenli bir şekilde azalma meydana gelmiştir. Her iki un iriliğinde en açık kek iç rengi ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen kek içlerinde görülürken en koyu kek içi rengi tam buğday kabuğundan elde edilen kek içlerinde tespit edilmiştir. Tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kek içlerinin en düşük L renk değerine sahip olmasında ilk faktörün kabuktan gelen esmerleşme reaksiyonu ürünleri olduğu, diğer faktörün ise randımanı yüksek unların renginin düşük randımanlı unlara göre daha esmer ve koyu olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Elgün vd 2002) (Şekil 4.25.A).

Bütün karışım unlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artması kontrol grubuyla kıyaslandığında kek içi L renk değerlerinde düşüşe sebep olmuştur. Tam buğday ekmeği kabuk, tam buğday ekmeği iç, normal ekmek kabuk ve ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen kek içlerinde genellikle L renk değerinde düzenli bir azalma meydana gelmiştir. Normal ekmek içinden elde edilen kek içlerinde ise %15 ve 30

seviyelerinde kek iç L renk değerinde düzenli bir azalma görülürken %45 seviyesinde bir artış ve %60 seviyesinde yine bir düşüş görülmüştür (Şekil 4.25.B).

4.10. Kek Kabuğu Renk Yoğunluğu Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kabuk renk yoğunluğu değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.42’de ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43’te verilmiştir.

Çizelge 4.42. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait kabuk renk değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Kek Kabuk Renk Değerleri		
			L	a	b
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	58,80	11,06	32,98
		15	56,43	14,70	28,83
		30	59,28	11,34	32,60
		45	61,01	11,93	33,02
		60	59,91	11,81	31,77
	Kaba	15	57,33	12,70	29,20
		30	60,50	9,15	30,42
		45	57,66	8,92	30,69
		60	58,79	9,54	30,09
Normal Ekmek İç	İnce	15	54,22	13,92	32,95
		30	55,06	14,81	29,91
		45	57,12	12,92	31,28
		60	61,09	9,80	32,21
	Kaba	15	58,72	11,51	32,21
		30	59,68	8,94	31,90
		45	60,68	10,21	34,99
		60	61,99	8,65	32,08
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	58,50	11,18	33,32
		30	59,37	10,78	31,24
		45	58,16	10,95	30,89
		60	60,62	10,16	31,04
	Kaba	15	53,62	15,37	25,08
		30	55,42	13,31	27,97
		45	57,27	10,45	30,03
		60	56,87	12,01	29,22

Çizelge 4.12. (devam)

Tam Buğday İç	İnce	15	59,34	11,69	34,65
		30	56,89	12,76	31,30
		45	56,10	11,30	30,37
		60	54,67	13,25	24,33
	Kaba	15	54,85	12,60	28,07
		30	57,37	10,17	27,84
		45	55,08	11,63	26,02
		60	53,57	11,71	25,64
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	57,69	12,05	29,75
		30	55,28	11,99	28,34
		45	54,31	13,31	25,68
		60	54,92	11,36	27,00
	Kaba	15	56,07	12,32	28,48
		30	53,60	12,37	24,53
		45	51,75	11,89	23,57
		60	50,26	11,99	22,45

Çizelge 4.43. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kek Kabuk Renk Değerleri					
		L		a		b	
		KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	47,48	152,85**	1,82	9,25**	66,57	48,26**
Un İriliği (B)	1	14,29	46,02**	10,98	55,68**	64,03	46,42**
Seviye (C)	4	13,83	44,51**	10,62	53,86**	55,07	39,92**
A X B	4	22,40	72,12**	12,79	64,86**	12,37	8,97**
A X C	16	12,98	41,79**	2,82	14,32**	13,21	9,58**
B X C	4	3,68	11,84**	3,27	16,58**	7,44	5,39*
A X B X C	16	3,87	12,47**	2,32	11,74**	5,51	3,99**
Hata	50	0,31		0,19		1,38	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Ana varyasyon kaynaklarından ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye keklerin kabuk L, a ve b renk değerleri üzerinde istatistiki olarak $p<0,01$ seviyesinde etkili olmuştur (Çizelge 4.43).

Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenlerinin ortalama değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.44, Çizelge 4.45 ve Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Çizelge 4.44. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	Kek Kabuk Renk Değerleri		
		L	a	b
Ekşi Hamur İç	20	58,85a	11,22c	31,26b
Normal Ekmek İç	20	58,61a	11,29c	32,35a
Normal Ekmek Kabuk	20	57,74b	11,63b	30,47c
Tam Buğday İç	20	56,55c	11,72ab	29,42d
Tam Buğday Kabuk	20	55,15d	11,94a	27,57e

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.44'te görüldüğü gibi, ekşi hamur ekmeği içi ve normal ekmek içi ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk renk yoğunluğu değerleri arasında istatistiki olarak fark görülmemiş ve en yüksek L değeri bu keklerde tespit edilmiştir. En düşük kek kabuk L renk değeri ise tam buğday ekmeği kabuk çeşitinden elde edilen kek kabuklarında bulunmuştur. Tam buğday ekmeği kabuğu ve içi ilave edilen un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk a değerleri diğer un karışımlarından elde edilen örneklerle göre yüksek çıkmış ve bunu sırasıyla normal ekmek kabuk ve aralarında istatistiki bir fark görülmeyen normal ekmek iç ile ekşi hamur ekmeği iç çeşitlerinden elde edilen kek kabuklarının a renk değerleri vermiştir. Normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli un karışımlarından elde edilen kekler kek kabuğu b renk değeri bakımından en yüksek değere sahip bulunmuştur.

Çizelge 4.45. Un iriliği değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Kek abuk Renk Değerleri		
		L	a	b
İnce	50	57,76a	11,89a	31,01a
Kaba	50	57,00b	11,23b	29,41b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Un iriliğinin artmasıyla L, a ve b renk değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Un iriliğinin artması kek iç renginde görüldüğü gibi kek kabuk renginde de koyulaşmaya neden olmuştur (Çizelge 4.45).

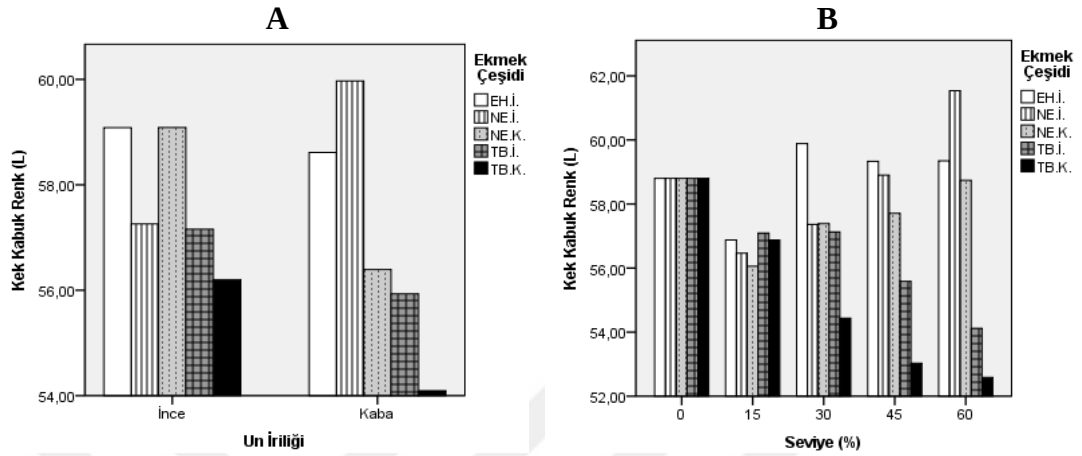
Çizelge 4.46. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin kabuk renk değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	Kek Kabuk Renk Değerleri		
		L	a	b
0 (Kontrol)	20	58,80a	11,06c	32,98a
15	20	56,67c	12,80a	30,25b
30	20	57,24b	11,56b	29,60b
45	20	56,91bc	11,35b	29,65b
60	20	57,27b	11,03c	28,58c

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Çizelge 4.46’da görüldüğü gibi, en yüksek kabuk L ve b renk değerleri kontrol grubunda bulunmuş ve seviyenin artması genellikle bu değerleri düşürmüştür. Kabuk L renk değeri %30 ve %60 un seviyesinde birbirine yakın çıkarken en düşük %15 un seviyesinde tespit edilmiştir. En yüksek kabuk a renk değeri %15 seviyesinde bulunmuştur.

Un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk L renk değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.43), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksiyonları Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk L renk değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimleri

Normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli un karışımları dışındaki tüm karışım unlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması kek kabuk L değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir. Başka bir deyişle bu un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde un iriliğinin artması kabuk renginde koyulaşmaya sebep olmuştur (Şekil 4.26.A).

Ekşi hamur ekmeği içi, normal ekmek içi ve normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde seviyenin artması genellikle kabuk L değerlerini arttırıcı yönde etkilemiştir. Tam buğday ekmeği içi ve kabuğunun ilave edildiği un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde ise seviyenin artması genellikle kabuk L değerlerini düşürmüş yani kabuklarda rengin koyulaşmasına neden olmuştur (Şekil 4.26.B).

4.11. Keklerin HMF ve Akrilamid İçerikleri

Farklı ekmek çeşitlerinden elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek örneklerinin kabuk ve iç HMF ve akrilamid değerlerine

ait ortalamalar Çizelge 4.47’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.48’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Farklı ekmek çeşitlerinden elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek kabuk ve kek içlerine ait HMF ve akrilamid değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Seviye (%)	Kek Kabuk		Kek İç	
		HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)	HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)
Ekşi Hamur İç	0 (K)	14,74	179,37	10,08	13,88
	30	24,46	109,30	20,78	11,55
	60	28,11	144,98	23,78	9,07
Normal Ekmek İç	30	21,11	108,77	18,04	17,76
	60	28,99	143,34	24,49	19,78
Normal Ekmek Kabuk	30	16,27	135,61	14,07	19,15
	60	24,05	167,52	20,45	10,33
Tam Buğday İç	30	21,44	145,87	18,31	9,33
	60	27,47	140,50	23,25	14,50
Tam Buğday Kabuk	30	21,29	173,53	18,19	10,66
	60	27,36	157,01	23,16	14,50

Çizelge 4.48. Farklı ekmek çeşitlerinden elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Kek Kabuk				Kek İç			
		HMF (ppm)		Akrilamid (ppb)		HMF (ppm)		Akrilamid (ppb)	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	14,26	6,05*	738,15	70,54**	9,58	1,47	28,50	7,79*
Seviye (B)	2	387,83	164,39**	5141,02	491,29**	424,78	65,22**	0,166	0,05
A X B	8	5,05	2,14	497,01	47,49**	3,38	0,52	23,32	6,38*
Hata	15	2,36		10,46		6,51		3,66	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Çizelge 4.48’de, ana varyasyon kaynaklarından ekmek çeşidi değişkeni kek kabuğu akrilamid değerini, seviye değişkeni ise kek kabuğu HMF ve akrilamid değerleri ile kek içi HMF değerini çok önemli (p<0,01) düzeyde etkilemiştir.

Maillard reaksiyonu oldukça karmaşık bir reaksiyon zinciri olup, reaksiyon ürünlerinin oluşumu birçok faktörden etkilenmektedir. Bunların içerisinde sıcaklık, süre, su aktivitesi, oksijen, pH, reaksiyon kaynakları ve konsantrasyonları ve gıdanın kimyasal bileşimi en önemli faktörlerdir (Ramírez-Jiménez *et al.* 2000; Capuano *et al.* 2008).

Çizelge 4.49. Ekmek çeşidi değişkeninin kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	Kek Kabuk		Kek İç	
		HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)	HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)
Ekşi Hamur İç	6	22,4350a	144,5500d	18,2133a	11,4967c
Normal Ekmek İç	6	21,6133a	143,8267d	17,5383a	17,1400a
Normal Ekmek Kabuk	6	18,3500b	160,8317b	14,8650a	14,4533b
Tam Buğday İç	6	21,2133a	155,2450c	17,2100a	12,5683bc
Tam Buğday Kabuk	6	21,1317a	169,9683a	17,1433a	13,0133bc

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.49'da görüldüğü gibi, ekmek çeşidi değişkeni özellikle akrilamid değerleri üzerinde istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. Ekşi hamur ekmeği iç, normal ekmek iç, tam buğday ekmeği iç ve tam buğday ekmeği kabuk ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde kabuk HMF değerleri arasında istatistiki olarak fark görülmezken, normal ekmek kabuk ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde kabuk HMF miktarının diğer örneklerle göre daha düşük çıktığı görülmektedir. Yine ekmek çeşidi değişkeni kek içi HMF değerleri arasında istatistiki olarak bir değişim yaratmamıştır. En yüksek kek kabuk akrilamid miktarı tam buğday ekmeği kabuk, en düşük ise ekşi hamur ekmeği ve normal ekmeği içinden elde edilen karışım unlarından yapılan keklerde bulunmuştur.

Yapılan çalışmalarda akrilamid oluşumunun pH'dan etkilendiği, pH'nın hem amino grubunun hem de şekerin reaktivitesini etkilediği ve akrilamid oluşumu için optimum pH'nın 7-8 olması gerektiği belirlenmiştir (Rydberg *et al.* 2003). Asparajin ve glukoz içeren model sistemde yapılan bir çalışmada pH 7'den 4'e düşürülerek akrilamid

oluşumunu %99 oranında azaltılmıştır. pH'nın azalması sonucunda asparajinin serbest protonlu α -amino grubu, protonlu amine dönüştüğünden ($-\text{NH}_3^+$) Schiff bazı oluşumu dolayısıyla akrilamid oluşumu engellenmiş olmaktadır (Jung *et al.* 2003). Kek içi akrilamid miktarı en yüksek normal ekmek içi, en düşük ise ekşi hamur ekmeği ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Ekşi hamur ekmeği üretiminde ekşi hamurun 12 saat kadar bekletilerek, formülasyona ilave edilmesi ve hamurun yoğrulması ile francala ekmeğinden daha uzun süre bekletilmesi pH'da bir düşüşe neden olmuştur. Ekşi hamur ekmeği iç ve normal ekmek içi ilaveli un karışımlarından elde edilen mikslerin pH değerleri ile bu çeşitlerden elde edilen kek içlerinin akrilamid seviyeleri arasındaki değişim birbirlerini destekler niteliktedir.

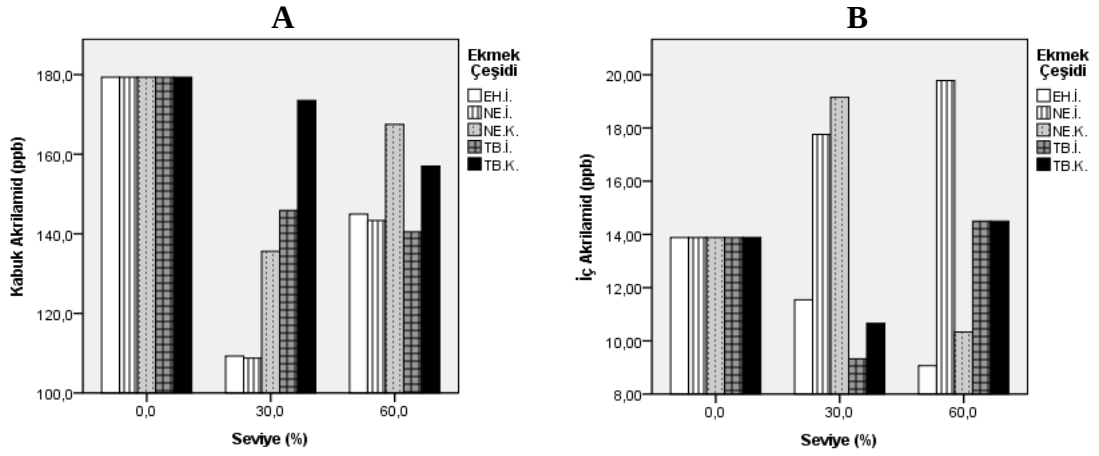
Çizelge 4.50. Bayat ekmek unu seviyesi değişkenine ait kek kabuk ve kek içlerinin HMF ve akrilamid değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Seviye (%)	n	Kek Kabuk		Kek İç	
		HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)	HMF (ppm)	Akrilamid (ppb)
0 (Kontrol)	10	14,74c	179,37a	10,08c	13,88a
30	10	20,91b	134,61c	17,88b	13,69b
60	10	27,19a	150,67b	23,03a	13,64c

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.50'de görüldüğü gibi, seviyenin artması kek kabuk ve iç HMF değerlerini arttırmıştır. En yüksek kek kabuk akrilamid miktarı kontrol grubunda en düşük ise %30 ilave seviyesinde gözlemlenmiştir. Seviyenin artması kek içi akrilamid miktarını birbirine yakın fakat düşürücü yönde etkilemiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin kabuk ve içlerine ait akrilamid değerleri üzerinde önemli ($p < 0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.48), ekmek çeşidi x seviye (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) interaksiyonları Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



Şekil 4.27. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin kabuk akrilamid değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (A) ve kek örneklerinin iç akrilamid değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x seviye (B) etkileşimleri

Şekil 4.27.A’da ekşi hamur ekmeği içi, normal ekmek içi ve normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artması kabuk akrilamid miktarında artış meydana gelirken, tam buğday ekmeği içi ve kabuğu ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde kabuk akrilamid miktarında düşüş meydana gelmiştir. Tüm un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde seviyenin artması kontrol grubuna göre kabuk akrilamid miktarını düşürmüştür. En yüksek akrilamid miktarı kontrol grubunda, en düşük ekşi hamur ve francala iç çeşitleri birbirine yakın olmakla birlikte normal ekmek içi ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde %30 ilave seviyesinde bulunmuştur.

Şekil 4.27.B’de görüldüğü üzere, ekşi hamur ekmeği içi ve normal ekmek kabuğu ilave edilen karışım unlarından elde edilen kek içlerinde akrilamid miktarında düşüş meydana gelirken, normal ekmek içi, tam buğday ekmeği içi ve kabuğu ilave edilen karışım unlarından elde edilen kek içlerinde artış meydana gelmiştir. En yüksek akrilamid miktarı %60 ilave seviyesinde normal ekmek içi ilaveli karışım unlarından elde edilen kek içlerinde tespit edilmiştir.

4.12. Kek Örneklerinin Görüntü İşleme Analizi Değerleri

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek örneklerinin görüntü işleme analizi değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.51’de, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.52’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.53, Çizelge 4.54 ve Çizelge 4.55’te verilmiştir.

Çizelge 4.51. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait görüntü işleme analizi değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Toplam Gözenek Sayısı	Gözenek Yoğunluğu	Toplam Gözenek Alanı (mm ²)	Gözeneklilik
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	2112,5	338,0	161,23	25,80
		15	2994,0	479,0	166,43	26,63
		30	2955,0	473,0	147,18	23,55
		45	2812,0	450,0	135,62	21,70
		60	1825,5	292,0	137,42	21,99
	Kaba	15	1440,5	230,0	158,46	25,35
		30	2717,5	435,0	170,31	27,25
		45	2867,5	459,0	174,12	27,86
		60	4253,0	680,5	221,61	35,46
Normal Ekmek İç	İnce	15	1738,0	278,0	141,37	22,62
		30	1744,5	279,0	148,30	23,73
		45	1088,0	174,0	106,55	17,05
		60	2846,5	455,0	157,49	25,20
	Kaba	15	1471,5	235,0	122,36	19,58
		30	2010,5	321,5	131,38	21,02
		45	1382,0	221,0	109,51	17,52
		60	3723,5	596,0	199,64	31,94
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	2169,5	347,0	135,58	21,69
		30	1523,5	244,0	122,69	19,63
		45	2066,5	331,0	108,67	17,39
		60	3731,0	597,0	116,61	18,66
	Kaba	15	2415,5	386,0	149,41	23,91
		30	2252,5	360,0	141,20	22,59
		45	3869,5	619,0	189,67	30,35
		60	3371,5	539,5	160,41	25,67
Tam Buğday İç	İnce	15	1805,0	288,5	131,27	21,00
		30	1854,5	296,5	163,46	26,15
		45	877,5	140,5	145,48	23,28
		60	1981,5	317,0	134,34	21,50

Çizelge 4.51. (devam)

Tam Buğday Kabuk	Kaba	15	1129,5	181,0	134,10	21,46
		30	1682,5	269,0	181,84	29,10
		45	3055,5	489,0	232,38	37,18
		60	2702,5	432,0	199,35	31,90
	İnce	15	2063,5	330,0	122,50	19,60
		30	1837,5	294,0	121,52	19,44
		45	1801,5	288,0	177,44	28,39
		60	2403,5	384,5	125,60	20,10
	Kaba	15	2404,0	385,0	182,11	29,14
		30	2224,5	356,0	160,41	25,67
		45	2215,0	354,0	191,34	30,61
		60	2852,5	456,5	235,14	37,62

Çizelge 4.52. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin görüntü işleme analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Gözenek Sayısı		Gözenek Yoğunluğu	
		KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	1903009,7	6423,2**	48788,6	6557,6**
Un İriligi (B)	1	2510640,3	8474,2**	64211,6	8630,6**
Seviye (C)	4	3240345,5	10937,1**	82973,4	11152,3**
A X B	4	94081,4	317,6**	2392,8	321,6**
A X C	16	610402,9	2060,3**	15661,5	2105,0**
B X C	4	1573779,9	5311,9**	40295,0	5415,9**
A X B X C	16	658785,7	2223,6**	16866,7	2267,0**
Hata	50	296,27		7,44	

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Gözenek Alanı (mm ²)		Gözeneklilik	
		KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	2310,9	1096,1**	59,16	1095,6**
Un İriligi (B)	1	19556,2	9275,9**	500,6	9272,3**
Seviye (C)	4	1891,2	897,0**	48,41	896,6**
A X B	4	1261,4	598,3**	32,29	598,1**
A X C	16	1241,9	589,1**	31,79	588,9**
B X C	4	4001,1	1897,8**	102,43	1897,1**
A X B X C	16	586,9	278,4**	15,03	278,3**
Hata	50	2,11		0,054	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.52), ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenleri görüntü işleme analizi değerlerinin tümü üzerinde ($p<0,01$) düzeyinde etkili bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Ekmek Çeşidi	n	Toplam Gözenek Sayısı	Gözenek Yoğunluğu	Toplam Gözenek Alanı (mm ²)	Gözeneklilik
Ekşi Hamur İç	20	2609,0a	417,45a	163,36b	26,14b
Normal Ekmek İç	20	2022,9d	323,55d	143,91c	23,03c
Normal Ekmek Kabuk	20	2562,5b	409,95b	144,67c	23,15c
Tam Buğday İç	20	1931,4e	308,95e	164,47a	26,32a
Tam Buğday Kabuk	20	2202,7c	352,40c	163,85ab	26,22ab

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farksızdır ($p<0,05$).

Bilgisayar görüntüleme sistemleri gıda ve tarım endüstrisinde hızlı, ekonomik, tutarlı ve objektif kontrol ve değerlendirme sağladıkları için günümüzde gittikçe artarak kullanılmaktadır (Brosnan and Sun 2002; Narendra and Hareesh 2010). Bilgisayar ya da makine görüntü analizi, gerçek bir görüntünün bilgisayarlar ya da başka aletler tarafından yakalanıp analiz edilmesi prensibine dayanan bir teknolojidir. Görüntü işleme ve görüntü analizi bilgisayar görüntü analizi teknolojisinin temelini oluşturmaktadır. Görüntü analizi, analizi edilecek alanda, ilgili örneğin arka plandan ayıklanması ile sayısal olarak bilgi elde etme işlemidir. Elde edilen bu bilgi ise müteakip kontrol sistemlerinde karar verme aşamasında kullanılır (Demirkol vd 2008). Gıda endüstrisinde görüntü analizi farklı ürünlerde kullanılmaktadır. Fırıncılık ürünlerinde de görüntü işleme analizi ile ilgili olarak bir takım çalışmalar mevcuttur. Bunun yanı sıra, literatürde fırın ürünlerinin geri dönüşümü amacıyla pastacılık ürünlerinde kullanılmasının yeni ürünün gözenek yapısına etkilerini konu alan bir çalışma yoktur. Farklı kek formülasyonlarında keklerin gözenek yapılarının görüntü işleme yöntemi ile belirlenmesi önemli diğer husustur.

Çizelge 4.53'te görüldüğü gibi, en yüksek toplam gözenek sayısı ve gözenek yoğunluğu ekşi hamur ekmeği iç ilaveli un karışımından elde edilen keklerde bulunmuştur. Gözenek sayısı ve gözenek yoğunluğu değerleri tüm karışım unlarında birbirleriyle orantılı olarak değişim göstermiştir. Bu değerleri sırasıyla normal ekmek kabuk, tam buğday ekmeği kabuk, normal ekmek iç ve tam buğday ekmeği iç ilaveli karışım unlarından elde edilen kekler izlemiştir. Sánchez-Pardo *et al.* (2012), mikrodalga ve konvansiyonel fırında pişirilen kekler için en iyi pişirme süresi şartlarını araştırdıkları çalışmada, keklerin iç yapısını image görüntü işleme ile analiz etmişler ve mikrodalga ve konvansiyonel fırında pişirilmiş keklerin toplam gözenek sayısı ve gözenek yoğunluğu arasında istatistiki bir fark olmadığını, toplam gözenek alanı değerlerinin ise istatistiki olarak ($p<0,05$) düzeyinde anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir. Mikrodalga ile pişirilen keklerde konvansiyonel pişirmeye göre toplam hücre sayısında %7'lik azalmanın, mikrodalga pişirmede jelatinizasyonun konvansiyonel pişirmeye göre daha yavaş olmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Bu sonuca yakın bir veri Sánchez-Pardo *et al.* (2008) tarafından tespit edilmiştir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmada mikrodalga ile pişirilmiş kek içlerinde ve konvansiyonel fırında pişirilmiş kek içlerine göre toplam hücre sayısı bakımından %16'lık bir azalma tespit etmişlerdir.

Toplam gözenek alanı ve gözeneklilik değerleri tüm karışım unlarından elde edilen keklerde uyumlu bir değişim göstermiştir. En yüksek toplam gözenek alanı ve gözeneklilik değeri tam buğday ekmeği iç ve tam buğday ekmeği kabuk unu içeren keklerde görülürken bunu ekşi hamur ekmeği iç ilaveli karışım unlarından üretilen kekler izlemiştir. En düşük toplam gözenek alanı ve gözeneklilik değeri ise normal ekmek iç ve normal ekmek kabuk ilaveli keklerde görülmüş ve bu iki karışım unundan elde edilen kekler arasında bu değerler bakımından istatistiki bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.53).

Çizelge 4.54. Un iriliği değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerleri ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

Un İriliği	n	Toplam Gözenek Sayısı	Gözenek Yoğunluğu	Toplam Gözenek Alanı (mm ²)	Gözeneklilik
İnce	50	2107,2b	337,12b	142,07b	22,73b
Kaba	50	2424,1a	387,80a	170,04a	27,21a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.54'te un iriliğinin artmasıyla tüm görüntü işleme değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Un iriliğindeki artışın görüntü işleme değerleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.55. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin görüntü işleme analizi değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları *

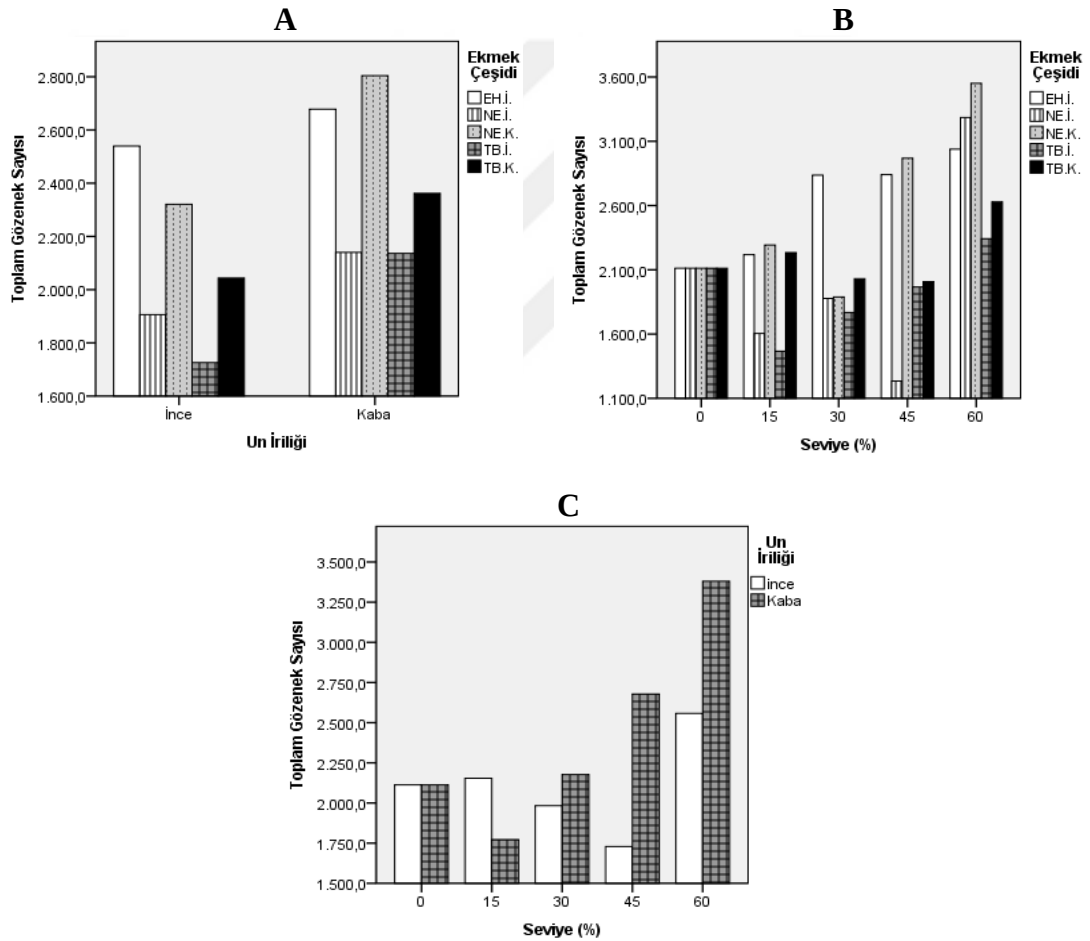
Seviye (%)	n	Toplam Gözenek Sayısı	Gözenek Yoğunluğu	Toplam Gözenek Alanı (mm ²)	Gözeneklilik
0 (Kontrol)	20	2112,5c	338,00c	161,23b	25,79b
15	20	1963,1e	313,95e	144,36e	23,09e
30	20	2080,3d	332,80d	148,83d	23,81d
45	20	2203,5b	352,55b	157,08c	25,13c
60	20	2969,1a	475,00a	168,76a	27,00a

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Gözenek yoğunluğu, kesiti alınan kek örneğinin birim alandaki gözenek sayısını (gözenek/cm²), gözeneklilik ise gözenek alanının toplam alana oranının yüzdesini (%Alan) ifade etmektedir. Çizelge 4.55'te görüldüğü gibi, kontrol grubu dışındaki ilave seviyelerinde artışın meydana gelmesi toplam gözenek sayısı ve gözenek yoğunluğunda bir artış meydana getirmiştir. Toplam gözenek alanı ve gözeneklilik değerleri ilave seviyelerinde birbirleriyle uyumlu olarak değişim sergilemiştir. Farklı seviyelerdeki gözeneklilik değerleri karşılaştırıldığında kontrol grubu dışında seviyenin artması ile keklerin yüksek gözenek alanı oranına sahip oldukları gözlenmiştir. Isıtma sırasında gazların çözünürlüğünde bir azalma gözlenir ve sıcaklık artışı ile karbondioksit serbest

kalır. Bu durum ısınmakta olan hamurun kabarmasına yardımcı olur (Demirkol vd 2008).

Un karışımlarından elde edilen keklerin toplam gözenek sayısı değeri üzerinde üzerinde çok önemli düzeyde ($p<0,01$) etkisi saptanan (Çizelge 4.52), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin toplam gözenek sayısı değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları

Ekmek, kek ve bunun gibi unlu mamüllerin temel özelliği, hafif, gözenekli, yumuşak ve hacimli bir yapıya sahip olmalarıdır. Bu ürünlerin kabarması ister maya hücrelerinin

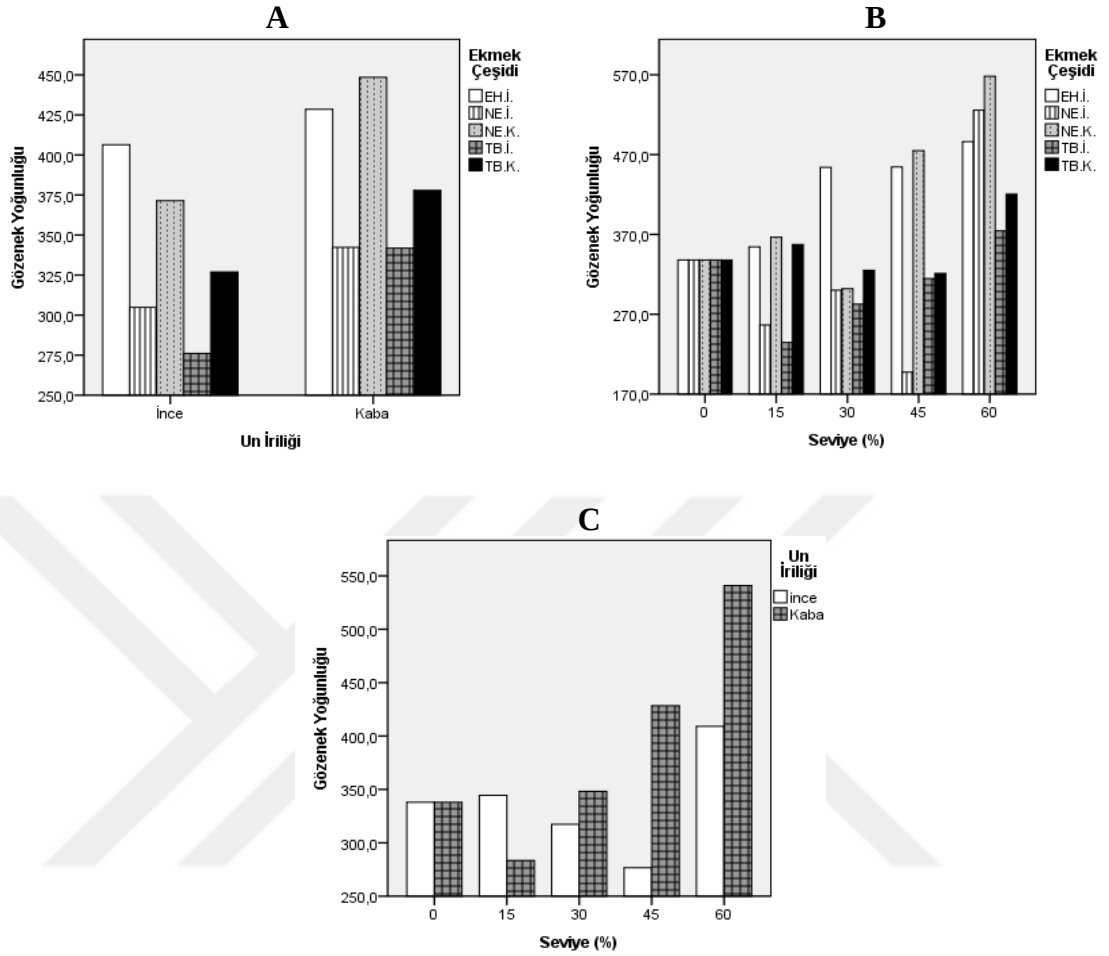
ister de kabartma tozlarının etkisiyle olsun hamurun içinde çok sayıda ve küçük karbondioksit (CO_2) kabarcıklarının oluşması ile gerçekleşir. Bunun sonucunda da hamur hafif ve gözenekli bir yapıya kavuşurken, pişirme ile son ürüne yansıyan hamurun bu gözenekli yapısı son ürünün içinin de yumuşak olmasını ve hacim kazanmasını sağlar (Dizlek ve Gül 2009).

Şekil 4.28.A'da görüldüğü üzere, tüm karışım unlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması kek içi toplam gözenek sayısında artış sağlamıştır. Bu artış kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde daha fazla olmuştur. Her iki un iriliğinde de en düşük toplam gözenek sayısı tam buğday içi ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde, en yüksek gözenek sayısı ise francala ekmeği kabuk ve ekşi hamur ekmeği iç ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde bulunmuştur.

Kontrol grubu ile kıyaslandığında seviyenin artması tam buğday içinden elde edilen keklerde önce toplam gözenek sayısında bir azalmaya sonra ise düzenli bir artış yaratmıştır. Yine normal ekmek içinden elde edilen karışım unlarından yapılan keklerde önce bir azalma sonrasında ise genellikle bir artış meydana gelmiştir. Ekşi hamur içinden elde edilen keklerde ise kontrole göre seviyenin artması toplam gözenek sayısının tüm seviyelerde artmasına neden olmuştur (Şekil 4.28.B).

Şekil 4.28.C'de ince un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde genellikle %45 ilave seviyesine kadar toplam gözenek sayısı değerinde bir azalış sonrasında ise bir artış meydana geldiği görülmektedir. Kaba un iriliğine sahip karışım unlarından elde edilen keklerde ise seviyenin artması toplam gözenek sayısı değerini arttırıcı yönde etkilemiştir. Genellikle kaba un iriliğine sahip karışım unlarından elde edilen keklerde tüm seviyelerde toplam gözenek sayısındaki artış daha fazla olmuştur.

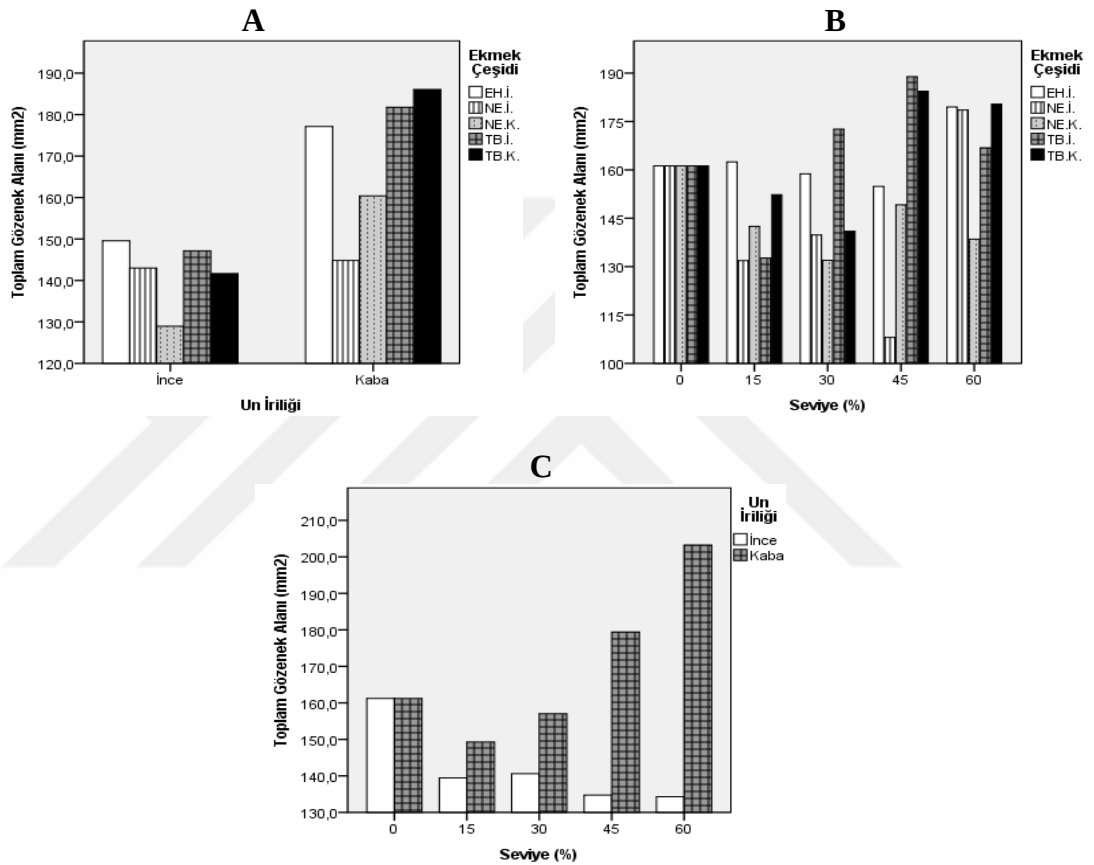
Un karışımlarından elde edilen keklerin toplam gözenek yoğunluğu değeri üzerinde üzerinde önemli ($p < 0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.52), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4.29. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin gözenek yoğunluğu değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Kek içi gözenek yoğunluğu değerleri toplam gözenek sayısı değerlerine paralel olarak değişim göstermiştir. Tüm karışım unlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması gözenek yoğunluğu değerinde artış meydana getirmiştir. Toplam gözenek sayısı ile doğru orantılı olarak gözenek yoğunluğu değeri de en yüksek normal ekmek kabuğu ilaveli un karışımından elde edilen keklerde bulunmuştur (Şekil 4.29.A). Normal ekmek kabuğu ilaveli karışım ununda %60 ilave seviyesinde elde edilen keklerde en yüksek gözenek yoğunluğu değeri tespit edilmiştir (Şekil 4.29.B). Özellikle kaba un iriliğine sahip karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artması genellikle gözenek yoğunluğu değerlerinde artış sağlamıştır (Şekil 4.29.C).

Un karışımlarından elde edilen keklerin toplam gözenek alanı değeri üzerinde üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.52), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.30'da gösterilmiştir.

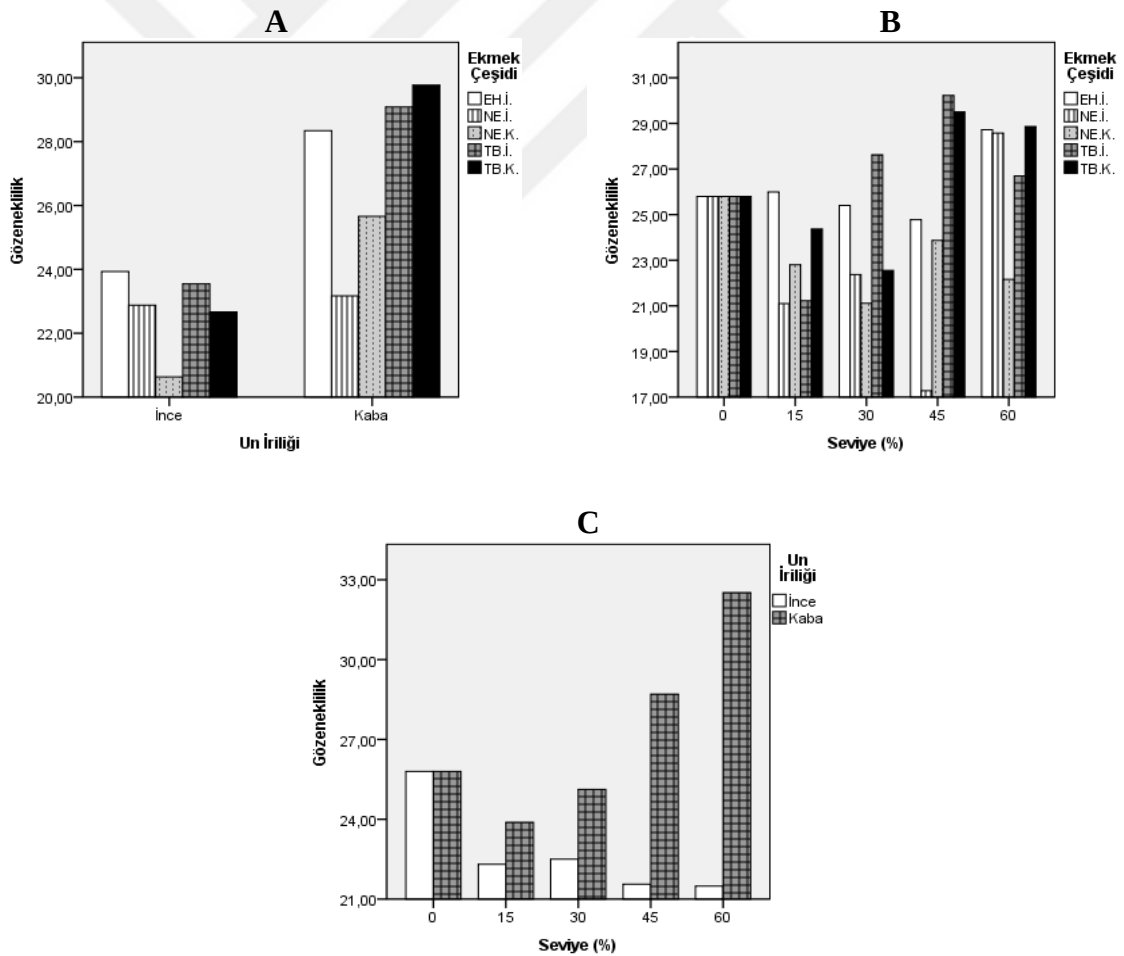


Şekil 4.30. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin toplam gözenek alanı (mm²) üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları

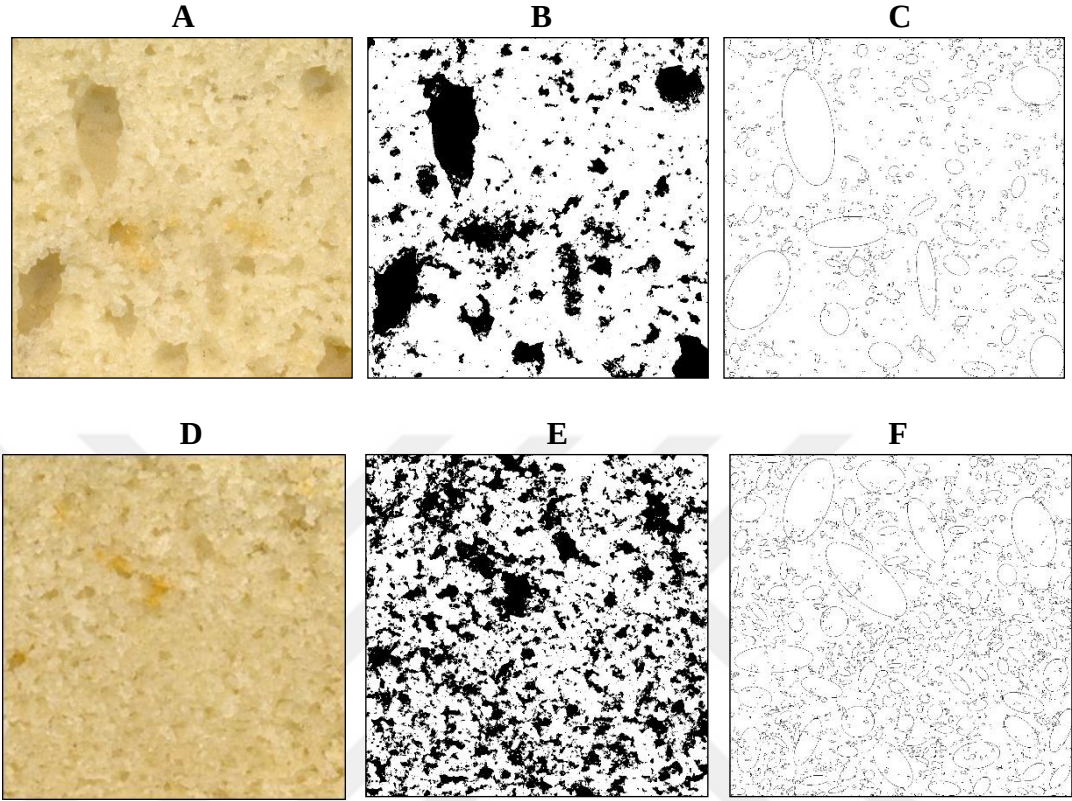
Tüm karışım unlarından elde edilen keklerde un iriliğinin artması toplam gözenek alanı değerlerinde artış sağlamıştır. En yüksek gözenek alanı değeri tam buğday ekmeği kabuk ilaveli karışım unundan elde edilen kek örneklerinde gözlenmiştir (Şekil 4.30.A). Genellikle tüm karışım unlarından elde edilen keklerde %15 ve %30 ilave seviyelerinde toplam gözenek alanı değeri kontrol grubuyla kıyaslandığında daha da düşmüştür. Artan seviyelerde bazı karışım unu gruplarında bu değerde artış meydana gelmiştir. En yüksek toplam gözenek alanı değeri %45 seviyesinde tam buğday ekmeği iç ilaveli keklerde, en

düşük ise %45 seviyesinde normal ekmek iç ilaveli karışım unlarından yapılan keklerde tespit edilmiştir (Şekil 4.30.B). İnce un iriliğine sahip karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artması genellikle toplam gözenek alanı değerinde düşürücü etki meydana getirmiştir. Kaba un iriliğinde karışım unlarından elde edilen keklerde ise seviye arttıkça toplam gözenek alanı değeri %15 ilave seviyesinde düşse de artan seviyelerde bu değer düzenli bir şekilde artmıştır (Şekil 4.30.C).

Un karışımlarından elde edilen keklerin gözeneklilik değeri üzerinde üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.52), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



Şekil 4.31. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin gözeneklilik değeri üzerinde etkili olan ekmek çeşidi x un iriliği (A), ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları



Şekil 4.32. Ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen ince un iriliğindeki bayat ekmek ununun %60 ilave seviyesinde kullanılmasıyla üretilen kekin kesit görüntüsü (A), eşik değeri uygulanmış görüntü (B), analiz edilmiş görüntü (C); Ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen kaba un iriliğindeki bayat ekmek ununun %60 ilave seviyesinde kullanılmasıyla üretilen kekin kesit görüntüsü (D), eşik değeri uygulanmış görüntü (E), analiz edilmiş görüntü (F)

Şekil.4.32.C olarak verilen, ince un iriliği kullanılarak üretilen ekşi hamur iç çeşidine ait olan ve Şekil.4.32.F olarak verilen, kaba un iriliği kullanılarak üretilen ekşi hamur iç çeşidine ait olan Image J program çıktılarında gözlemlenen büyük eliptik yapılar büyük gözenekleri, küçük eliptik yapılar ise küçük gözenekleri belirtmektedir.

İki farklı un iriliğine sahip kek örneklerinin gözeneklilik değerleri karşılaştırıldığında, kaba un iriliğine sahip kek örneğinin ince olana göre daha küçük gözeneklere sahip olsalar da gözeneklilik değeri oldukça yüksektir. Kullanılan un iriliği kabarcık yapısını ve dağılımını etkileyebilir ki bu da ürünün son yapısı üzerinde etkilidir. Tüm karışım unlarından elde edilen kek örneklerinde un iriliğinin artması kek içi gözeneklilik değerlerini arttırıcı yönde etkilemiştir. Kek formülasyonunda un iriliğinin artması

pişirme esnasında oluşan yüksek basınçla gevşek ve gözenekli bir yapıya neden olmuş olabilir (Şekil 4.31.A).

Tam buğday ekmeği içi ilave edilen karışım unlarından elde edilen keklerde %45 ilave seviyesinde en yüksek gözeneklilik değeri tespit edilmiştir. Ekşi hamur ekmeği içi ilave edilen karışım unundan elde edilen keklerde %45 seviyesine kadar gözeneklilik değerinde bir azalma meydana gelmiş, %60 ilave seviyesinde ise gözeneklilik değeri artmıştır. Normal ekmek içi ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde %30 seviyesine kadar bir artış gözlenmiş, %45 seviyesinde bir düşüş görülmüş ve %60 seviyesinde tekrar bir artış meydana gelmiştir. Normal ekmek kabuk ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde tüm ilave seviyelerinde gözeneklilik değeri kontrol grubundan daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.31.B).

Toplam gözenek alanı değerlerine paralel olarak kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artması kontrol grubundan sonraki seviyelerde gözeneklilik değerlerini arttırıcı yönde etkili olmuştur. İnce un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen kek örneklerinde ise seviyenin artması genellikle gözeneklilik değerini düşürücü yönde etkilemiştir (Şekil 4.31.C).

4.13. Kek Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen kek örneklerinin duyusal analiz değerlerine ait ortalamalar Çizelge 4.56’da, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.57’de ve DÇKT sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.58, Çizelge 4.59 ve Çizelge 4.60’da verilmiştir.

Çizelge 4.56. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklere ait duyusal analiz değerleri ortalamaları

Ekmek Çeşidi	Un İriliği	Seviye (%)	Dış görünüş	İç Renk	Tat	Koku	Aroma	Tekstür	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
Ekşi Hamur İç	İnce	0 (K)	7,65	7,50	7,90	7,75	7,20	8,50	8,75	7,90
		15	7,50	7,75	7,90	7,75	7,90	8,00	8,25	7,90
		30	8,00	7,15	7,75	7,00	7,15	7,15	7,15	7,15
		45	7,00	7,15	6,75	6,25	6,65	5,65	6,40	5,90
		60	5,40	5,65	4,25	4,75	4,15	4,90	4,25	4,50
	Kaba	15	7,65	8,15	7,15	7,15	8,00	8,15	7,50	7,25
		30	7,85	8,00	8,00	8,00	7,85	8,65	7,85	8,00
		45	7,00	6,35	5,35	6,00	6,15	6,65	6,00	6,00
		60	6,15	6,35	5,35	5,15	5,15	6,00	5,65	5,15
Normal Ekmek İç	İnce	15	7,75	7,50	8,00	7,25	7,75	7,90	8,50	8,00
		30	5,65	6,25	6,75	6,25	6,40	6,40	5,65	6,50
		45	6,00	6,90	6,00	6,15	6,00	6,25	6,15	6,00
		60	5,40	5,90	6,00	6,00	5,40	5,65	5,40	5,40
	Kaba	15	7,90	7,50	7,90	7,90	7,90	8,50	8,50	7,90
		30	8,00	8,00	7,25	7,25	7,75	7,90	8,00	7,90
		45	7,15	8,25	6,15	6,25	6,00	6,65	6,00	6,00
		60	5,40	5,40	5,40	6,90	6,25	5,00	5,50	4,75
Normal Ekmek Kabuk	İnce	15	8,75	8,00	8,00	8,15	7,90	8,75	8,00	8,15
		30	7,90	6,25	6,90	7,00	6,90	7,90	7,50	7,15
		45	6,90	6,25	7,75	8,00	7,25	7,65	7,90	7,75
		60	1,50	3,15	3,00	3,00	2,50	2,15	2,15	2,15
	Kaba	15	7,35	7,65	7,15	8,00	6,65	7,50	8,00	7,35
		30	7,15	6,65	5,65	6,50	5,85	7,15	6,50	6,50
		45	5,15	5,05	4,20	4,40	4,25	4,90	4,75	4,90
		60	4,00	4,00	3,15	4,00	3,35	3,65	3,85	3,85
Tam Buğday İç	İnce	15	7,90	8,00	8,00	7,65	7,90	8,75	7,90	7,90
		30	7,50	7,35	6,85	6,85	6,85	7,35	6,85	7,50
		45	6,75	5,90	5,00	5,25	5,15	6,75	5,40	5,20
		60	6,65	5,65	6,65	7,35	6,35	6,65	6,50	6,65
	Kaba	15	7,85	7,85	7,00	7,15	7,00	7,85	7,00	7,10
		30	7,50	6,00	6,00	5,85	6,00	6,65	5,85	6,00
		45	5,10	5,00	5,50	5,65	4,65	4,35	4,50	4,35
		60	4,85	4,00	4,65	4,65	3,65	4,85	3,65	4,10
Tam Buğday Kabuk	İnce	15	8,25	7,50	6,50	6,15	6,40	7,50	7,00	7,25
		30	8,00	6,25	6,15	6,25	6,00	6,75	5,25	6,25
		45	7,15	5,75	5,15	5,15	5,25	5,40	4,50	5,25
		60	4,50	3,90	4,15	4,40	3,75	4,15	3,50	4,15
	Kaba	15	8,00	7,35	7,85	7,35	8,15	7,00	6,65	7,25
		30	6,25	5,65	6,25	7,00	7,00	6,40	6,25	6,25
		45	5,15	4,75	4,90	5,75	5,15	4,40	4,50	5,25
		60	5,00	3,25	4,15	5,25	4,50	2,90	3,00	4,15

Çizelge 4.57. Farklı ekmek çeşitlerinden farklı inceliklerde elde edilmiş bayat ekmek unlarının farklı seviyelerde kullanılmasıyla elde edilen keklerin duyu analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Dış görünüş		İç Renk		Tat		Koku	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	1,64	6,83**	5,68	19,89**	2,87	15,91**	1,33	3,69*
Un İriliği (B)	1	0,64	2,66	0,36	1,26	2,89	16,00**	0,01	0,02
Seviye (C)	4	30,63	127,42**	29,13	102,15**	35,64	197,34**	23,56	65,31**
A X B	4	1,86	7,73**	1,43	5,00**	1,46	8,06**	2,19	6,08**
A X C	16	1,61	6,68**	1,30	4,56**	1,31	7,25**	1,55	4,30**
B X C	4	1,04	4,31**	0,37	1,30	0,57	3,17*	0,48	1,34
A X B X C	16	1,28	5,31**	0,58	2,02*	1,01	5,61**	1,19	3,32**
Hata	50	0,24		0,29		0,18		0,36	

Varyasyon Kaynakları	SD	Aroma		Tekstür		Ağızda Bıraktığı His		Genel Kabul Edilebilirlik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Ekmek Çeşidi (A)	4	3,23	14,89**	3,80	10,37**	5,49	18,72**	1,73	13,71**
Un İriliği (B)	1	0,22	1,02	1,72	4,68*	0,88	3,01	2,05	16,24**
Seviye (C)	4	31,24	143,90**	51,22	139,67**	59,84	203,97**	42,26	335,64**
A X B	4	3,09	14,27**	3,14	8,55**	1,99	6,77**	1,53	12,13**
A X C	16	1,06	4,89**	1,54	4,21**	1,43	4,89**	1,25	9,94**
B X C	4	0,88	4,06**	1,01	2,76*	1,25	4,26**	0,51	4,06**
A X B X C	16	0,89	4,11**	0,91	2,48**	1,30	4,44**	1,03	8,16**
Hata	50	0,22		0,37		0,29		0,13	

* (p<0,05) düzeyinde önemli

** (p<0,01) düzeyinde önemli

Varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.57), ana varyasyon kaynaklarından ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenleri tat ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde, ekmek çeşidi ve seviye değişkenleri ise dış görünüş, iç renk, aroma, tekstür ve ağızda bıraktığı his parametreleri üzerinde (p<0,01) düzeyinde etkili olurken, un iriliği değişkeni tekstür üzerinde (p<0,05) düzeyinde etkili olmuştur. Ekmek çeşidi koku üzerinde (p<0,05) düzeyinde etkili olurken, seviye değişkeni (p<0,01) düzeyinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.58. Ekmek çeşidi değişkeninin keklerin duyuşsal analiz değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Ekmek Çeşidi	n	Dış görünüş	İç Renk	Tat	Koku	Aroma	Tekstür	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
Ekşi Hamur İç	20	7,19a	7,16a	6,83a	6,76ab	6,74a	7,22a	7,06a	6,77a
Normal Ekmek İç	20	6,86b	7,07a	6,93a	6,95a	6,79a	7,13a	7,12a	6,83a
Normal Ekmek Kabuk	20	6,40c	6,20bc	6,16c	6,46bc	5,91b	6,67b	6,62b	6,36b
Tam Buğday İç	20	6,94ab	6,48b	6,55b	6,59abc	6,19b	7,02ab	6,52b	6,46b
Tam Buğday Kabuk	20	6,76b	5,94c	6,09c	6,28c	6,06b	6,15c	5,82c	6,12c

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Beş farklı ekmek çeşidi içerisinde panelistlerden en yüksek skorları ekşi hamur iç çeşidini içeren kekler alırken, en düşük skorlar tam buğday kabuğu ilaveli karışım unlarından elde edilen keklere verilmiştir (Çizelge 4.58). Sonuçta ekşi hamur içi ilaveli karışım unlarından elde edilen kekler değerlendirilen duyuşsal parametrelerin tamamında panelistlerin beğenisini kazanmıştır.

Çizelge 4.59. Un iriliği değişkeninin keklerin duyuşsal analiz değerlerine ait ortalamalarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Un İriliği	n	Dış görünüş	İç Renk	Tat	Koku	Aroma	Tekstür	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
İnce	50	6,91a	6,63a	6,68a	6,61a	6,38a	6,97a	6,72a	6,65a
Kaba	50	6,75b	6,51b	6,34b	6,59b	6,29b	6,70b	6,53b	6,36b

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

İki farklı un iriliği arasında tüm duyuşsal parametrelerde yüksek skorlar panelistler tarafından ince un iriliğine sahip keklere verilmiştir. Un iriliğinin artması tüm duyuşsal parametrelerin panelistler tarafından daha az beğenilmesine neden olmuştur (Çizelge 4.59).

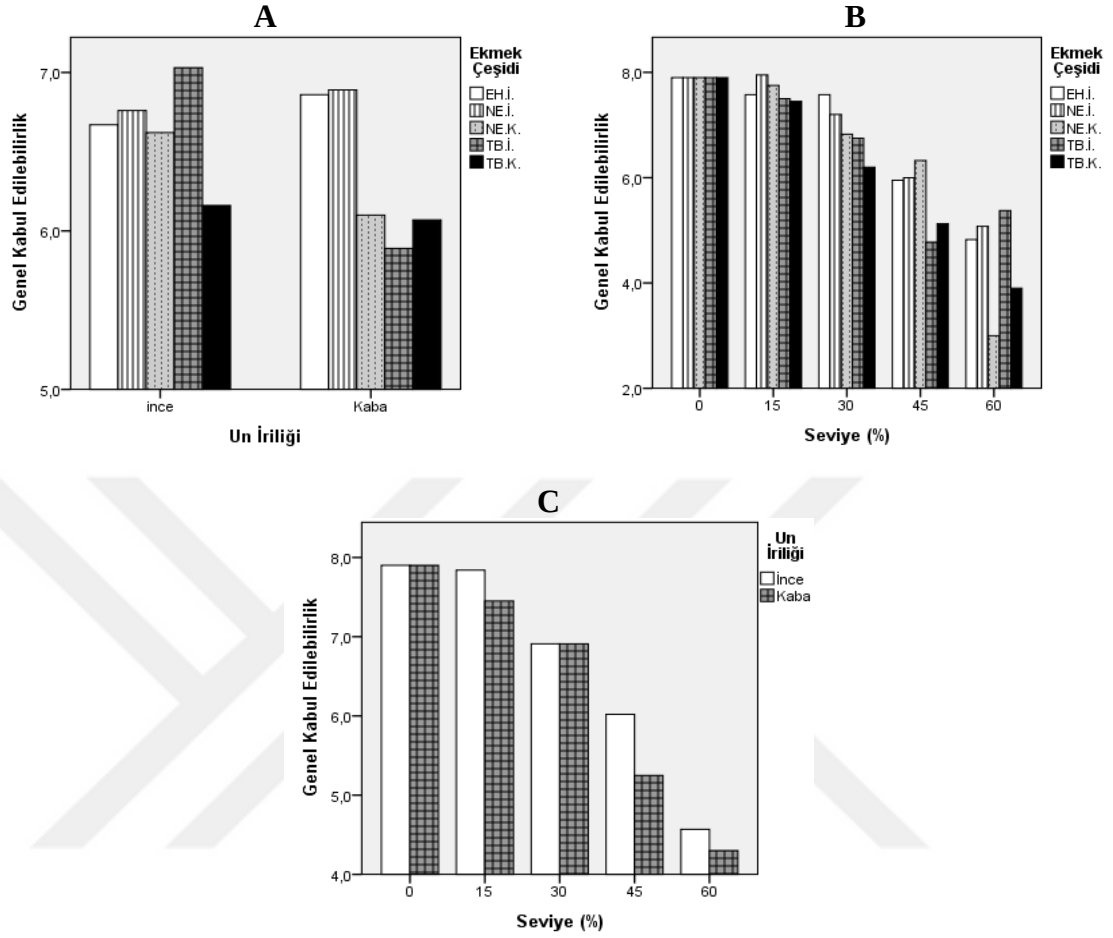
Çizelge 4.60. Bayat ekmek unu seviyesi değişkeninin keklerin duyuşsal analiz değerlerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test sonuçları*

Seviye (%)	n	Dış görünüş	İç Renk	Tat	Koku	Aroma	Tekstür	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
0 (Kontrol)	20	7,65ab	7,50a	7,90a	7,75a	7,20b	8,50a	8,75a	7,90a
15	20	7,89a	7,73a	7,55b	7,45a	7,56a	7,99b	7,73b	7,65b
30	20	7,38b	6,76b	6,76c	6,79b	6,78c	7,23c	6,69c	6,91c
45	20	6,34c	6,14c	5,68d	5,89c	5,65d	5,87d	5,61d	5,64d
60	20	4,89d	4,73d	4,68e	5,15d	4,51e	4,59e	4,35e	4,44e

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

Genellikle bayat ekmek seviyesinin artması üretilen kek örneklerinin duyuşsal parametrelerinin tümünde olumsuz etki oluşturmuş, kek örneklerindeki bayat ekmek unu miktarı arttıkça panelistlerin beğenileri azalmıştır (Çizelge 4.60). Tüm duyuşsal parametrelerde panelistler tarafından en yüksek skorlar kontrol grubundan sonra %15 ilave seviyesine sahip kek örneklerine verilirken, en düşük skorlar %60 ilave seviyesine sahip kek örneklerine verilmiştir.

Un karışımlarından elde edilen keklerin genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde önemli ($p<0,05$) etkisi saptanan (Çizelge 4.57), ekmek çeşidi x un iriliği (A) ve ekmek çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) interaksiyonları Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



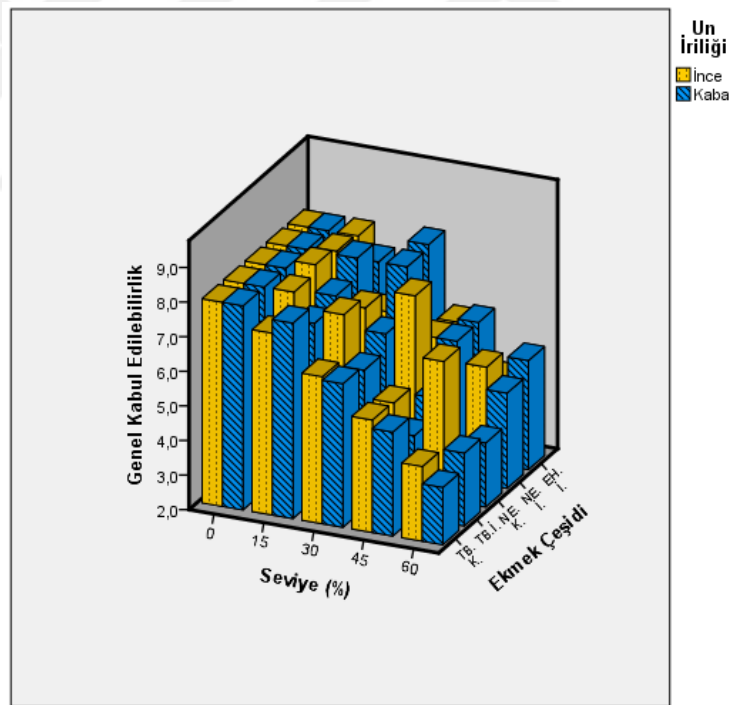
Şekil 4.33. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde etkili olan ekmeK çeşidi x un iriliği (A), ekmeK çeşidi x seviye (B) ve un iriliği x seviye (C) etkileşimleri

Şekil 4.33.A’da görüldüğü gibi, ekşi hamur ekmeği içi ve normal ekmeK içinden elde edilen bayat ekmeK unu ilaveli un karışımlarından üretilen keklerde un iriliğinin artması keklerde genel kabul edilebilirlik değerlerinde bir artış meydana getirmiştir. Normal ekmeK kabuğu, tam buğday ekmeK içi ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmeK unu ilaveli un karışımlarından üretilen keklerde ise un iriliğinin artması keklerin genel kabul edilebilirlik değerlerinde düşüş meydana getirmiştir. Bu düşüş en çok tam buğday ekmeği içi ilaveli un karışımlarında daha çok görülmüştür.

Tüm un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artması keklerin genel kabul edilebilirlik değerlerini düşürücü yönde etki etmiştir. Bununla birlikte normal ekmeK

içinden elde edilen bayat ekmek ununun %15 seviyesinde ilave edildiği un karışımı dışındaki tüm un karışımlarından üretilen keklerde genel kabul edilebilirlik değeri kontrol grubuna kıyasla daha düşük çıkmıştır. Bu da genellikle tüm un karışımlarından elde edilen keklerde seviyenin artmasının tüketici tarafından kek genel kabul edilebilirlik değerini düşürdüğü söylenebilir (Şekil 4.33.B).

Hem ince hem de kaba bayat ekmek unu ilavesi ile elde edilen keklerde seviyenin artması kek genel kabul edilebilirlik değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir. Bu düşüş kaba bayat ekmek unlarından elde edilen keklerde daha çok görülmektedir. Un karışımlarından elde edilen keklerde seviyesinin artması kek genel kabul edilebilirlik değerlerini kontrol grubuna göre daha da düşürmüştür (Şekil 4.33.C).



Şekil 4.34. Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde etkili olan seviye x ekmek çeşidi x un iriliği interaksyonu

Şekil 4.34'te görüldüğü gibi kek örnekleri içinde en yüksek genel kabul edilebilirlik değeri %15 ilave seviyesinde normal ekmek kabuğunda elde edilen ince un iriliğine sahip karışım unlarından elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Hem ince hem kaba un

iriliğinde ve tüm ekmek çeşitlerinden elde edilen karışım unlarında genellikle %15 ilave seviyesinde kek örnekleri kontrole yakın genel kabul edilebilirlik değerleri vermiştir. Bu değerleri daha sonra genellikle %30 ilave seviyelerindeki kek örnekleri izlemiştir.



5. SONUÇ

Araştırmada, ülkemizde her yıl önemli miktarda israf edilen ekmeklerin bayatlamasının ardından elde edilecek bayat ekmek unlarının kekte kullanım olanaklarının araştırılması amaçlanmış ve bu amaçla beş farklı çeşitte bayat ekmek unu (normal ekmek iç, normal ekmek kabuk, ekşi hamur ekmeği iç, tam buğday ekmeği iç, tam buğday ekmeği kabuk), iki farklı irilik derecesinde (ince ($<160\mu$) ve kaba ($180-500\mu$)) ve dört farklı seviyede (%0, 15, 30, 45 ve 60) kullanılmıştır. 5x2x5 faktöriyel düzende tam şansa bağlı deneme planına göre 2 tekerrürlü olarak yürütülen çalışma sonucunda elde edilen araştırma verileri istatistiki olarak değerlendirilmiş ve elde edilen bazı temel sonuçlar aşağıda kısaca özetlenmiştir.

Un iriliğinin artması bütün karışım unlarında genellikle pik viskozitesi değerini çok önemli derecede arttırıcı yönde etkili olurken bayat un seviyesinin artması ise pik viskozitesi değerini düşürücü yönde etkili olmuştur. Hem ince hem kaba bayat unların ilavesiyle elde edilen un karışımlarında seviyenin artması pik viskozitesini çok önemli derecede düşürmüştür. Ancak bu düşüş ince bayat ekmek unu ilaveli karışımlarda daha fazla olmuştur.

Ekşi hamur ekmeğinden elde edilen kek miksinin pH değeri en düşük çıkarken bunu sırasıyla tam buğday ekmeği ve normal ekmekten elde edilen bayat ekmek unlarıyla yapılan kek miksleri izlemiştir. Bunun nedeni, ekşi hamur ekmeği ve tam buğday ekmeği üretiminde normal ekmeğe göre daha uzun süren fermentasyon işleminin bu ekmekten elde edilen unlarla yapılan kek miksinde pH'nın düşmesini sağlamasıdır.

Un iriliği artması karışım unlarından elde edilen kek mikslerinde özgül ağırlık değerini azaltıcı yönde etkili olmuştur. Un iriliğinin azalması kek miksinin karıştırılması esnasında miksin yapısına daha fazla hava kabarcığının hapsedilmesine neden olmuş ve bunun sonucunda miks yoğunluğu azalmıştır.

Bayat ekmek unu seviyesinin bütün karışım unlarında artmasıyla tüm geri ekstrüzyon parametrelerinde önemli derecede artış görülmüştür. Bayat ekmek unu seviyesindeki artış ortamdaki suyun daha fazla yapıya bağlanarak viskozitenin artmasıyla geri ekstrüzyon değerlerinin de artmasına neden olmuştur.

Nişasta jelatinizasyonu başlangıç sıcaklığı (T_i) değeri ve jelatinizasyon pik sıcaklığı değeri (T_p) en yüksek, normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli miklerde tespit edilmiştir. Yani normal ekmek içinden elde edilen miklerde nişasta, jelatinize olmak için diğer ekmek çeşitlerine göre daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç duymuştur.

Nişastanın yeniden jelatinizasyonu için gerekli ΔH değeri diğer ekmek çeşitlerine göre en yüksek tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen bayat ekmek unu ilaveli miklerde görülmüştür. Kontrol grubuna göre bayat ekmek unu seviyesinin artması T_i , T_p ve T_c değerlerinde genellikle bir artış meydana getirirken, ΔH değerinde düşüşe neden olmuştur. Bunun nedeni olarak önceden çirileştirme ile nişasta granüllerinin yapısının açılması ve bir parçalanma olmasına bağlı olarak jelatinizasyon sıcaklığının yükselmesi gösterilebilir. Bununla birlikte önceden bir çirileştirme işlemi olmasından dolayı da jelatinizasyonu için gerekli ΔH değeri düşmüştür.

En yüksek hacim ve spesifik hacim değerleri tam buğday ekmeği içinden elde edilen keklerde en düşük ise normal ekmek içlerinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Tüm un karışımlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesi arttıkça kek spesifik hacim değerlerinde bir azalma meydana gelmiştir. En yüksek kek spesifik hacim değerleri %15 ilave seviyesinde tam buğday ekmek içi ve tam buğday ekmek kabuğu ilaveli keklerde tespit edilmiştir. Kek formülasyonunda kepek miktarının artması hacim ve spesifik hacim değerlerinde bir artış meydana getirmiştir. En yüksek kek iç nem değeri tam buğday ekmeği içinden, en düşük kek iç nem değeri ise normal ekmek içinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Tam buğdayın daha fazla lif içeriği tam buğday ekmeği içi ilave edilen keklerde lifin yüksek su tutma kapasitesinden dolayı kek içi nem değerinin diğer örneklere göre yüksek çıkmasını sağlamıştır. Bütün karışım

unlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artması kek örneklerinde hacim ve spesifik hacim değerlerini düşürücü yönde etkilemiştir. Tüm karışım unlarından elde edilen kek örneklerinde un iriliğinin artması genellikle kek spesifik hacim değerlerinde artış meydana getirmiştir. Başka bir ifadeyle un iriliğinin artması keklerin daha yüksek hacimli olmasını sağlamıştır.

En yüksek kek hacim indeksi değeri tam buğday ekmeği içi kullanılarak elde edilen keklerde görülürken en düşük kek hacim indeksi değeri normal ekmek içinden elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Hacim indeksi değeri keklerde gerçek hacim değerini vermemekle birlikte keklerin hacmi hakkında fikir veren bir parametredir. Spesifik hacim değerleri gibi hacim indeksi değerleri de kontrol grubu da dahil olmak üzere tüm bayat ekmek unu çeşitlerinden elde edilen un karışımlarında %15 ilave seviyesinde tam buğday ekmeği içi ve tam buğday ekmeği kabuğu ilaveli keklerde tespit edilmiştir. Bütün karışım unlarından elde edilen keklerde bayat ekmek unu seviyesinin artması hacim indeksi değerini genellikle düşürücü yönde etkilemiştir. Bununla birlikte %15 ilave seviyesine sahip karışım unları kontrol grubuyla kıyaslandığında en yüksek hacim indeksi değerine sahip olmuştur. Yine hem ekmek çeşidi x seviye hem de un iriliği x seviye interaksiyonları incelendiğinde yine %15 ilave seviyesi genellikle en yüksek hacim indeksi değerlerini vermiştir.

Ekmek çeşidi, un iriliği ve seviye değişkenleri 1.gün kek sertlik, yapışkanlık, kohesivlik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerinin tümünde istatistiki olara anlamlı düzeyde etkili olmuştur. %15 bayat ekmek unu ilave seviyesinde tüm karışım unlarından elde edilen keklerde ve %30 ilave seviyesinde ise normal ekmek içi ilaveli karışım unları dışındaki tüm karışım unlarından elde edilen keklerde 1. gün kek içi sertlik değeri kontrol grubuna göre düşük çıkmıştır. Keklerde iç yapının yumuşak olması istenmektedir. Dolayısıyla %15 ilave seviyesinde tüm karışım unları, %30 ilave seviyesinde ise normal kabuğu, ekşi hamur ekmeği içi, tam buğday ekmeği kabuğu ve tam buğday ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek unları kek üretiminde kullanılabilir.

7. gün kek içi sertlik değerleri incelendiğinde bayat ekmek un seviyesinin bu değerleri çok önemli derecede arttırdığı görülmüştür. Kontrol grubuyla kıyaslandığında en düşük kek içi sertlik değeri yine %15 ilave seviyesinde tespit edilmiştir. En yüksek yapışkanlık değeri kontrol ve %60 ilave seviyesinde görülmüştür. Seviyenin artması kohesivlik değerini düşürücü etki gösterirken, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerini ise genellikle arttırmıştır.

L renk değeri en yüksek ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat un ilave edilen kek içlerinde tespit edilirken bunu sırasıyla normal ekmek iç, tam buğday ekmeği iç, normal ekmeği kabuk ve tam buğday ekmeği kabuğundan elde edilen kek içleri izlemiştir. Bununla birlikte bayat ekmek unu seviyesinin artması kek içi L renk değerini düşürücü etki göstermiştir. Kontrolle kıyaslandığında tüm karışım unlarından elde edilen kek içi L değerleri un iriliğinin artmasıyla azalmıştır ve bu değerler daha düşük çıkmıştır. Yine tüm karışım unlarından elde edilen keklerde seviyenin artması genellikle L renk değerini düşürücü yönde etkili olmuştur. En belirgin düşüş tam buğday kabuk ilaveli un karışımlarından elde edilen keklerde gözlenmiştir.

Tam buğday ekmeği kabuk kısmından elde edilen bayat ekmek unu ilaveli kek örneklerinde en yüksek kabuk akrilamid miktarı tespit edilirken bu değer en düşük ekşi hamur ekmeği ve normal ekmek içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli kek örneklerinde görülmüştür. pH değerinin ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli kek örneklerinde düşük olması bu örneklerde akrilamid miktarının en düşük çıkmasını sağlamıştır.

Kek gibi unlu mamüllerde yapının hafif, gözenekli, yumuşak ve hacimli olması istenir. Bu ürünler kabartma tozlarının etkisiyle hamurun içinde çok sayıda ve küçük karbondioksit (CO₂) kabarcıklarının oluşması sonucunda kabarırlar ve hamur hafif ve gözenekli bir yapıya kavuşur. Ekmek çeşitlerinden ekşi hamur ekmeği içinden elde edilen bayat ekmek unu ilaveli karışım unlarıyla yapılan keklerde en yüksek toplam gözenek sayısı elde edilirken en düşük değer tam buğday içinden elde edilen bayate ekmek unu ilaveli karışım unlarından elde edilen keklerde tespit edilmiştir. Yine un

iriliğinin artması tüm karışım unlarından elde edilen keklerde toplam gözenek sayısının artmasını sağlamıştır. Bayat ekmek unu ilave seviyesinin artması da bu değeri genellikle arttırıcı yönde etkili olmuştur.

Un iriliğinin artması keklerin duyuusal analiz değerlerine ait tüm parametrelerin düşmesine neden olmuştur. Dolayısıyla un iriliğinin artması bu kaba un iriliğine sahip karışım unlarından üretilen keklerin panelistler tarafından daha az beğenilmesine sebep olmuştur. Tüm duyuusal parametrelerde panelistler tarafından en yüksek skorlar kontrol grubundan sonra %15 ilave seviyesine sahip kek örneklerine verilirken, en düşük skorlar %60 ilave seviyesine sahip kek örneklerine verilmiştir.

Un karışımlarından elde edilen kek örneklerinin spesifik hacim, 7. gün sertlik ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerine etki eden ekmek çeşidi x un iriliği x seviye interaksiyon grafikleri incelendiğinde %15 ve %30 ilave seviyelerinin genellikle kontrole yakın sonuçlar verildiği görülmüştür. Bununla birlikte bütün seviyelerde ve ekmek çeşitlerinde genellikle un iriliğindeki artış 7. gün kek içi sertlik değerlerinde düşüş meydana getirmiştir. Yani un iriliğinin artması keklerde istenmeyen iç sertlik değerinde iyileşme yaratmıştır. Ekmek çeşidi x seviye x un iriliği interaksiyonlarının 7. gün sertlik, spesifik hacim ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerindeki etkileri incelendiğinde her ekmek çeşidinin farklı etkilerinin olduğu fakat özellikle %15 ilave seviyesi olmak üzere %30 ilave seviyesindeki kaba un iriliğine sahip un karışımlarından elde edilen keklerin kontrole yakın özellikler sergilediği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- AACC, 1999. Method 10-91.01. The Association: St. Paul, MN, USA. Doi: 10.1094/AACCIntMethod-10-91.01.
- AACC, 1999. Method 55-50.01. The Association: St. Paul, MN, USA. Doi: 10.1094/AACCIntMethod-55-50.01.
- Afoakwa, E.O., and Sefa-Dedeh, S., 2002. Viscoelastic properties and changes in pasting characteristics of trifoliate yam (*Dioscorea dumetorum*) starch after harvest. *Food Chemistry*, 77 (2), 203-208.
- Al-Muhtaseb, A.H., McMinn, W., Megahey, E., Neill, G., Magee, R., Rashid, U., 2013. Textural characteristics of microwave-baked and convective-baked Madeira cake. *Journal of Food Processing Technology*, 4 (2), 1-8.
- Amrein, T.M., Schönbächler, B., Escher, F., Amadò, R., 2004. Acrylamide in gingerbread: Critical factors for formation and possible ways for reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (13), 4282-4288.
- Angioloni, A., and Collar, C., 2009. Small and large deformation viscoelastic behaviour of selected fibre blends with gelling properties. *Food Hydrocolloids*, 23 (3), 742-748.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (Tebliğ No: 2012/2). 04.01.2012-28163 sayılı Resmi Gazete. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.15746&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=ekmek>, (17.11.2015).
- Anonim, 2013a. Ekmek İsrafi. <http://www.israf.org/indir/Ekmekisrafibilgi.pdf>, (29.04.2013).
- Anonim, 2013b. Ekmek İsrafının Önlenmesi Kampanyası. Türkiye Bülteni Dergisi, 76 (36-38). <http://www.turkiyebulteni.org/PDF/76%20TB%20MART%202013.pdf>, (18.10.2015).
- Arslan, P. ve Yüksel, A., 1986. Toplu beslenme yapan kurumlarda ekmek tüketimi, atımı ve israfın önlenmesi konusunda alınacak önlemlerle ilgili bir araştırma. *Gıda Dergisi*, 10 (6), 359-362.
- Aydın, F., ve Yıldız, Ş., 2011. Sivas İlinde Ekmek Tüketim Alışkanlıkları ve Tüketici Dinamiklerinin Belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 42 (2), 165-180.
- Baardseth, P., Blom, H., Enersen, G., Skrede, G., Slinde, E., Sundt, T., Thomassen, T., 2004. Reduction of acrylamide formation in cereal based food processing. Patent WO2004028276.
- Boz, H., 2012. Dut pestilinin kimyasal, dokusal ve duyuşal özelliklerine buğday unu, sakkaroz şurubu, glikoz şurubu ve pişirme süresinin etkileri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.
- Brosnan, T. and Sun, D.W., 2002. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems—a review. *Computers and electronics in agriculture*, 36 (2), 193-213.
- Capuano, E., Ferrigno, A., Acampa, I., Ait-Ameur, L., Fogliano, V., 2008. Characterization of the Maillard reaction in bread crisps. *European Food Research and Technology*, 228 (2), 311-319.

- Cengiz, M.F., Boyacı Gündüz, C.P., 2014. An eco-friendly, quick and cost-effective method for the quantification of acrylamide in cereal-based baby foods. *Journal of the science of food and agriculture*, 94 (12), 2534-2540.
- Certel, M. ve Ertugay, Z., 1992. Buğdayın bulgura işlenmesi sırasında nişastada meydana gelen fizikokimyasal değişimler. *Gıda Dergisi*, 17 (4), 227-234.
- Chen, J.P., Yang, L., Bai, R., Hung, Y.T., 2005. Bakery Waste Treatment. *Waste Treatment in the Food Processing Industry*, L.K. Wang, et al., Editors. CRC Press: Boca Raton, USA. 1 (1), 271-289.
- Choi, H.W. and Baik, B.K., 2013. Significance of wheat flour particle size on sponge cake baking quality. *Cereal Chemistry*, 90 (2), 150-156.
- Corsetti, A., Gobetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. And Rossi, J., 2000. Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (7), 3044-3051.
- Çelik, E., 2008. Ekmek yapımında kullanılan bazı katkı maddelerinin ekmek kalitesi ve bayatlama özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- Çelik, İ. ve Kotancılar, H.G., 1995. Kimyasal kabartıcılar ve fırın ürünlerindeki fonksiyonları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 451-459.
- Çiftçi, G., 2010. Transglutaminaz enzimi ve galeta ununun inci kefalı (*Alburnus tarichi*) balığından yapılmış köftelerin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzeyi yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Çolakoğlu, A.S., 2011. Bazı katkıların ekmeğin bayatlama mekanizmasına etkilerinin termal yöntemlerle belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Demirkol, Ö.Ş., Şümnu, G., Şahin, S., 2008. Farklı fırınlarda pişirilen ve farklı formülasyonlara sahip keklerin gözeneklilik ve gözenek boyutu dağılımlarının görüntü analiz yöntemi ile incelenmesi. *Gıda Dergisi*, 33 (5), 213-223.
- Dizlek, H. ve Gül, H., 2009. Kabartma tozları ve unlu mamullerde kullanımları. *Gıda Dergisi*, 34 (6), 403-410.
- Dizlek, H., 2002. Farklı kabartma tozlarının değişik oranlarda kullanılmasının ve kek hamurunun pişirme öncesinde bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Dizlek, H., Özer, M.S., Gül, H., 2008. Keklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçütler. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Doğan, İ.S. ve Yıldız, Ö., 2004. Düşük kalorili kek üretimi: 1. formül optimizasyonu. *Gıda Dergisi*, 29 (1), 17-25.
- Dölekoğlu, C.Ö., Giray, F.H., Şahin, A., 2014. Mutfaktan çöpe ekmek: tüketim ve değerlendirme. *Akademik Bakış Dergisi*, (44).
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 2003 . Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları No:718, s:376, Erzurum
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu. (3. baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82, s:245, Erzurum.

- Ertay, N. ve Doğruer, Y., 2010. Besinlerde tekstür. Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 7 (1), 35-42.
- Ertugay, Z., 1982. Buğday, un ve ekmek arasındaki kalite ilişkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (1-2), 165-176.
- Ertürk, A., Arslantaş, N., Sarıca, D., Demircan, V., 2015. Isparta ili kentsel alanda ailelerin ekmek tüketimi ve israfı. Akademik Gıda 13 (4), 291-298.
- FAO, 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.
- FAO, IFAD and WFP, 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome, FAO.
- Fessas, D. and Schiraldi, A., 1998. Texture and staling of wheat bread crumb: effects of water extractable proteins and pentosans. Termochimica Acta, 323 (1), 17-26.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., 2003. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. Journal of Food Engineering, 56 (2), 153-161.
- Gélinas, P., McKinnon, C.M., Pelletier, M., 1999. Sourdough-type bread from waste bread crumb. Food Microbiology, 16 (1), 37-43.
- Gerçekaslan, K.E., 2006. Trabzon Vakfıkebir ekmeğinin bayatlamasının çeşitli yöntemlerle takibi ve francala ekmeği ile mukayesesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Gerçekaslan, K.E., 2012. Vakfıkebir ekmek hamurundan laktik asit bakterilerinin izolasyonu-identifikasyonu ve ekmek üretiminde kullanılabilme imkanları. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Gerçekaslan, K.E., Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M., 2007. Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler: I. Gıda Dergisi, 32 (6), 305-315.
- Gerçekaslan, K.E., Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M., Ertugay, M.F., 2008. Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler: II. Gıda Dergisi, 33 (1), 27-34.
- Gertz, C. and Klostermann, S., 2002. Analysis of acrylamide and mechanisms of itsformation in deep-fried products. Europe Journal of Lipid Science and Technology.104 (11), 762-771.
- Gómez, M., Moraleja, A., Oliete, B., Ruiz, E., Caballero, P.A., 2010. Effect of fibre size on the quality of fibre-enriched layer cakes. LWT-Food Science and Technology, 43 (1), 33-38.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., Fernández, E., 2008. Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. LWT-Food Science and Technology, 41 (9), 1701-1709.
- Gonzales-Barron, U. and Butler, F., 2006. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. Journal of food engineering, 74 (2), 268-278.
- Göçmen, D., 1996. Hamur hazırlanmasında şerbetçiotu ve laktik starter kullanımının hamur ve ekmeğin özelliklerine etkileri. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Gökmen, V., Morales, F.J., Ataç, B., Serpen, A., Arribas-Lorenzo, G., 2009. Multiple-stage extraction strategy for the determination of acrylamide in foods. Journal of Food Composition and Analysis, 22 (2), 142-147.

- Gözükara, Ö.İ., 2013. Bal kabağı tozunun fizikokimyasal ve sorpsiyon özellikleri üzerine kurutma metotlarının etkisi ve bal kabağı tozunun kek üretiminde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Gray, J.A. and Bemiller, J.N., 2003. Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2 (1), 1-21.
- Grigelmo-Miguel, N., Carreras-Boladeras, E., Martín-Belloso, O., 1999. Development of high-fruit-dietary-fibre muffins. *European Food Research and Technology*, 210 (2), 123-128.
- Grillo, O., Rizzo, V., Saccone, R., Fallico, B., Mazzaglia, A., Venora, G., Muratore, G., 2014. Use of image analysis to evaluate the shelf life of bakery products. *Food Research International*, 62, 514-522.
- Gujral, H.S. and Sodhi, N.S., 2002. Back extrusion properties of wheat porridge (Dalia). *Journal of Food Engineering*, 52 (1), 53-56.
- Gül, H. ve Dizlek, H., 2008. Kepekli ekmek üretiminde karşılaşılan sorunlar. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Gül, T., 2010. Bayat ekmeklerin tarhana üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Jagannath, J.H., Jayaraman, K.S., Arya, S.S., 1999. Studies on glass transition temperature during staling of bread containing different monomeric and polymeric additives. *Journal of Applied Polymer Science*, 71 (7), 1147-1152.
- Jan, O., Tostivint, C., Turbé, A., O'Connor, C., Lavelle, P., 2013. Food wastage footprint: Impacts on natural resources summary report. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO.
- Jung, M.Y., Choi, D.S., Ju, J.W., 2003. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *Journal of Food Science*, 68 (4), 1287-1290.
- Karaoğlu, M.M. ve Kotancılar, H.G., 2001. Tahıl Ürünlerinin Sağlığımız Açısında Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1), 101-108.
- Karaoğlu, M.M., 1998. Farklı yöntemler uygulanarak elde edilmiş modifiye nişastaların kek kalitesi üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Karaoğlu, M.M., 2006. Effect of initial baking and storage time on pasting properties and aging of par-baked and rebaked rye bread. *International Journal of Food Properties*, 9 (3), 583-596.
- Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.G., 2005. Ekmek içi yumuşaklık üzerine kısmi pişirme yöntemi ve depolama şartlarının etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (2), 117-122.
- Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.G., Çelik, İ., 2001. Effects of utilization of modified starches on the cake quality. *Starch-Stärke*, 53 (3-4), 162-169.
- Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., 2008. The effect of par-baking and frozen storage time on the quality of cup cake. *International Journal of Food Science and Technology*, 43 (10), 1778-1785.
- Kıranlı, D., 2006. Yüksek şeker içerikli sade bar tipi kek üretiminde Asesulfampotasyum, Polidekstroz, Laktitol ve Ksantamgam kullanımının ürünün kimi kalite özellikleri üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi. İzmir.

- Kızılaslan, H., 2004. Dünya’da ve Türkiye’de buğday üretimi ve uygulanan politikaların karşılaştırılması. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 23-38.
- Kim, H.Y.L., Yeom, H.W., Lim, H.S., Lim, S.T., 2001. Replacement of shortening in yellow layer cakes by corn dextrins. *Cereal chemistry*, 78 (3), 267-271.
- Kita, A., Bråthen, E., Knutsen, S.H., Wicklund, T., 2004. Effective ways of decreasing acrylamide content in potato crisps during processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (23), 7011-7016.
- Kocer, D., Hicsasmaz, Z., Bayindirli, A., Katnas, S., 2007. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar-and fat-replacer. *Journal of Food Engineering*, 78 (3), 953-964.
- Konings, E.J., Ashby, P., Hamlet, C.G., Thompson, G.A., 2007. Acrylamide in cereal and cereal products: A review on progress in level reduction. *Food additives and contaminants*, 24 (S1), 47-59.
- Kotancılar, H.G., Çelik, İ., Ertugay, Z., 1995. Ekmeğin Besin Değeri ve Beslenmedeki Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 26 (3), 431-441.
- Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., Karaoğlu, M.M., Boz, H., 2009. Besinsel lif kaynağı olarak enzime dirençli nişasta. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (1), 103-107.
- Kotancılar, H.G., Karaoğlu, M.M., Gerçekaslan, K.E., Uysal, P., 2006. Ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37 (1), 103-110.
- Köklü, G. ve Özer, M.S., 2008. Pandispanya yapımında bazı yüzey aktif maddelerin kek nitelikleri üzerindeki etkileri. *Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (2), 78-86.
- Köklü, G., 2007. Pandispanya yapımında bazı yüzey aktif maddelerin kek nitelikleri üzerindeki etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana*.
- Lee, C.C., Hosney, R.C., 1982. Development of a laboratory-scale single-stage cake mix. *Cereal Chemistry*, 59 (5), 389-392.
- Lee, C.C., Love, J.A., Johnson, L.A., 1993. Sensory and physical properties of cakes with bovine plasma products substituted for egg. *Cereal Chemistry*, 70 (1), 18-21.
- Leung, C.C.J., Cheung, A.S.Y., Zhang, A.Y.Z., Lam, K.F., Lin, C.S.K., 2012. Utilisation of waste bread for fermentative succinic acid production. *Biochemical engineering journal*, 65, 10-15.
- Levent, H. and Bilgiçli, N., 2013. Quality evaluation of wheat germ cake prepared with different emulsifiers. *Journal of Food Quality*, 36 (5), 334-341.
- Lin, C.S.K., Pfaltzgraff, L.A., Herrero-Davila, L., Mubofu, E.B., Abderrahim, S., Clark, J.H., Koutinas, A.A., Kopsahelis, N., Stamatelatos, K., Dickson, F., Thankappan, S., Mohamed, Z., Brocklesby, R., Luque, R., 2013. Food waste as a valuable resource for the production of chemicals, materials and fuels. Current situation and global perspective. *Energy and Environmental Science*, 6 (2), 426-464.
- Mamat, H., Abu Hardan, M.O., Hill, S.E., 2010. Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121 (4), 1029-1038.
- Matz, S.A., 1992. *Bakery Technology and Engineering*. An Avi Book Published, 853p., New York.

- Meilgaard, M., Civille G.V., Carr, B.T., 1999. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press, 453p., New York.
- Melikoglu, M. and Webb, C., 2013. Use of waste bread to produce fermentation products. In Food Industry Wastes. Assessment and Recuperation of Commodities Elsevier Science Publishers Amsterdam., 63-74. doi:10.1016/B978-0-12-391921-2.00004-4.
- Melikoglu, M., Lin, C.S.K., Webb, C. 2013. Kinetic studies on the multi-enzyme solution produced via solid state fermentation of waste bread by *Aspergillus awamori*. Biochemical Engineering Journal, 80, 76-82.
- Memeli, Z., 2015. Bazı gıda liflerinin glutensiz kek formülasyonlarında kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Mottram, D.S., Low, M.Y., Elmore, J.S., 2006. The Maillard reaction and its role in the formation of acrylamide and other potentially hazardous compounds in foods. Acrylamide and other hazardous compounds in heat-treated foods, Skog, K. and Alexander, J., Editors. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, USA, 3-22.
- Narendra, V.G. and Hareesha, K.S., 2010. Quality inspection and grading of agricultural and food products by computer vision-A Review. International Journal of Computer Applications, 2 (1), 43-65.
- Nasaruddin, F., Chin, N.L., Yusof, Y.A., 2011. Effect of processing on instrumental textural properties of traditional dodol using back extrusion. International Journal of Food Properties, 15 (3), 495-506.
- Oda, Y., Park, B.S., Moon, K.H., Tonomura, K., 1997. Recycling of bakery wastes using an amylolytic lactic acid bacterium. Bioresource technology, 60 (2), 101-106.
- Otsu, N., 1975. A threshold selection method from gray-level histograms. Automatica, 11 (285-296), 23-27.
- Öney, A., 2015. Bayat ekmeklerin instant tarhana çorbası üretiminde kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Park, C.E., Kim, Y.S., Park, K.J., Kim, B.K., 2012. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. Journal of Stored Products Research, 48, 25-29.
- Pekcan, G., Köksal, E., Küçükerdönmez, O., Ozel, H., 2006. Household food wastage in Turkey. Rome, Italy, FAO.
- Rada-Mendoza, M., Olano, A., Villamiel, M., 2002. Determination of hydroxymethylfurfural in commercial jams and in fruit-based infant foods. Food Chemistry, 79 (4), 513-516.
- Ramírez-Jiménez, A., García-Villanova, B., Guerra-Hernández, E., 2000. Hydroxymethylfurfural and methylfurfural content of selected bakery products. Food Research International, 33 (10), 833-838.
- Robarge, T., Phillips, E., Conoley, M., 2003. Analysis of Acrylamide in Food by GC–MS. The applications book, Thermo Electron Corporation Press. Austin, Texas, USA.
- Rodríguez-García, J., Sahi, S.S., Hernando, I., 2014. Functionality of lipase and emulsifiers in low-fat cakes with inulin. LWT-Food Science and Technology, 58 (1), 173-182.

- Rydberg, P., Eriksson, S., Tareke, E., Karlsson, P., Ehrenberg, L., Törnqvist, M., 2003. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (24), 7012-7018.
- Sablani, S.S., Shrestha, A.K., Bhandari, B.R., 2008. A new method of producing date powder granules: Physicochemical characteristics of powder. *Journal of Food Engineering*, 87 (3), 416-421.
- Sánchez-Pardo, M.E., Ortiz-Moreno, A., García-Zaragoza, F.J., Necoechea-Mondragón, H., Chanona-Pérez, J.J., 2012. Comparison of pound cake baked in a two cycle microwave-toaster oven and in conventional oven. *LWT-Food Science and Technology*, 46 (1), 356-362.
- Sánchez-Pardo, M.E., Ortiz-Moreno, A., Mora-Escobedo, R., Chanona-Pérez, J.J., Necoechea-Mondragón, H., 2008. Comparison of crumb microstructure from pound cakes baked in a microwave or conventional oven. *LWT-Food Science and Technology*, 41 (4), 620-627.
- Sandhu, K.S., Singh, N., Kaur, M., 2004. Characteristics of the different corn types and their grain fractions: physicochemical, thermal, morphological, and rheological properties of starches. *Journal of Food Engineering*, 64 (1), 119-127.
- Seyhun, N., Sumnu, G., Sahin, S., 2005. Effects of different starch types on retardation of staling of microwave-baked cakes. *Food and Bioproducts Processing*, 83 (1), 1-5.
- Singh, N., Sandhu, K.S., Kaur, M., 2005. Physicochemical properties including granular morphology, amylose content, swelling and solubility, thermal and pasting properties of starches from normal, waxy, high amylose and sugary corn. *Progress in Food Biopolymer Research*, 1, 44-54.
- Söylemez, N., 2013. Galeta unu, yumurta akı tozu ve jelatinin anaç tavuk köftelerinin çeşitli özellikleri üzerindeki etkilerinin yanıt yüzey yöntemi ile modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Bolu.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows Release 100 SPSS Inc, Chicago.
- Szczesniak, A.S., 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of food science*, 28 (4), 385-389.
- Şümnü, G., 2001. Use of various starches in microwave baked cakes. *Gıda Dergisi*, 26 (1), 9-11.
- Talay, M. ve Bostan, K., 1995. Soğutulmuş ve Dondurulmuş Hamur Tekniği ile Ekmek Üretimi. *Gıda Dergisi*, 20 (3), 161-165.
- Tiftik, B., 2009. Kek üretiminde kullanılan yağların emülsiyon oluşturma özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- TMO, 2013a. Ekmek İsrafı Konusundaki Dünya Verileri. Toprak Mahsulleri Ofisi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, <http://www.ekmekisrafetme.com/Pages/GenelBilgiler/DunyadaIsraf.aspx>, (17.10.2015).
- TMO, 2013b. Araştırma sonuçları – 2013. Toprak Mahsulleri Ofisi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, <http://www.ekmekisrafetme.com/Pages/GenelBilgiler/ArastirmaSonuclari2013.aspx>, (28.09.2016).

- TMO, 2014. Ekmek Tüketimiyle İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafı ve İsraf Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması. Ankara.
- Uçar, B. ve Hayta, M., 2012. Kek kalitesinin ve raf ömrünün iyileştirilmesi. Gıda Dergisi, 37 (6), 355-362.
- Uçar, B., 2011. Pandispanya kek kalitesi üzerine yabancı meyvelerin fonksiyonel etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi.
- Uysal, P., 2004. Ekşi hamur sisteminin beyaz tava ekmeğinin kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Venus, J., 2012. Demonstration-plant project to produce poly-lactic acid (PLA) biopolymer from waste products of bakery industry (BREAD4PLA). Start: 01.10.2011. End: 30.09.2014. <http://www.atb-potsdam.de/en/research-programs/project/portrait/joachim-venus.html?xq=280>, (30.11.2015).
- Wang, H.H., Sun, D.W., Zeng, Q., Lu, Y., 2000. Effect of pH, corn starch and phosphates on the pasting properties of rice flour. Journal of Food Engineering, 46 (2), 133-138.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Goesaert, H., Brijs, K., Delcour, J.A., 2010. A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. Food Chemistry, 120 (1), 44-51.
- Yavaş, Y., 2012. Hemiselülaz enziminin tam buğday unlu keklerin fiziksel özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yıldırım, A., 2010. Amino asit zenginleştirmesinin bisküvi ve benzeri ürünlerde akrilamid oluşumuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Yıldız, N., Bircan, H., 1991. Araştırma ve Deneme Metotları Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 305, 266 s, Erzurum.
- Yuksel, F. and Kayacier, A., 2016. Utilization of stale bread in fried wheat chips: Response surface methodology study for the characterization of textural, morphologic, sensory, some physicochemical and chemical properties of wheat chips. LWT-Food Science and Technology, 67, 89-98.
- Yücel, R., 2009. Glutensiz kek üretiminde kullanılan bazı zamların kalite üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- Yüksel, F., 2014. Bayat ekmeğin kızartılmış buğday ve mısır cipsinde kullanımı. Doktora Tezi, Fen bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Zhang, A.Y.Z., Sun, Z., Leung, C.C.J., Han, W., Lau, K.Y., Li, M., Lin, C.S.K., 2013. Valorisation of bakery waste for succinic acid production. Green Chemistry, 15 (3), 690-695.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Bayburt'ta doğdu. İlköğrenimini Cumhuriyet İlköğretim Okulu ve Bayburt İlköğretim Okulu'nda, orta ve lise öğrenimini ise Bayburt Anadolu Lisesi'nde tamamladı.

2004 yılında lisans eğitime başladığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden 2008 yılında mezun oldu.

2008 yılının Ekim ayında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde başladığı yüksek lisans öğrenimini 2010 yılının Ağustos ayında tamamladı.

2010 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde doktora öğrenimine başladı.

2009 yılından beri Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.