

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FINDIK ZARI VE MODİFİYE NİŞASTA İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR
REOLOJİSİ, EKMEK KALİTESİ VE SİNDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE
ETKİLERİ**

YUSUF DURMUŞ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SAMSUN
2019**

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Yusuf DURMUŞ tarafından hazırlanan “**FINDIK ZARI VE MODİFİYE NİŞASTA İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR REOLOJİSİ, EKMEK KALİTESİ VE SİNDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİN ETKİLERİ**” adlı tez çalışması 17/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Münir ANIL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. Şenay ŞİMŞEK

North Dakota State University

Plant Sciences Department

Üye Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Prof. Dr. Tevfik ÖZEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Kimya Anabilim Dalı

Üye Doç. Dr. Münir ANIL

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye Dr. Öğr. Üyesi Yunus Emre TUNÇİL

Ordu Üniversitesi

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım./....../2019

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

17/07/2019

Yusuf DURMUŞ

ÖZET

Doktora Tezi

FINDIK ZARI VE MODİFİYE NİŞASTA İLAVESİNİN EKŞİ HAMUR
REOLOJİSİ, EKMEK KALİTESİ VE SİNDİRİLEBİLİRLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Yusuf DURMUŞ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Münir ANIL

Bu çalışmada buğday ununa % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı (FZ), % 0, 3 ve 5 oranlarında çapraz bağlı nişasta (ÇBN) ve okside nişasta (ON) ilavelerinin hamur reolojisi, ekşi hamur ekmek kalitesi ve besinsel nitelikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. FZ kullanımı ile birlikte farinograf ölçümlerinde su absorpsiyonu, stabilite, yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresinin olumlu yönde geliştiği gözlenmiştir. Bu parametreler için ON' nin ÇBN' ye göre daha olumlu etkileri görülmüştür. En yüksek gaz üretim gücü ve ekmek hacmi % 5 FZ ilavesi bulunan örneklerde elde edilmiştir. FZ' nin nişasta jelatinizasyonunu güçleştirdiği ancak daha dayanıklı jel oluşumuna neden olduğu saptanmıştır. ÇBN kullanımıyla ON' ye göre daha kuvvetli ve dayanıklı jel elde edilmiştir. FZ ile birlikte ekmeklerde yüksek fenolik ve antioksidan kapasitesi elde edilmiş ayrıca besinsel lif miktarı önemli ölçüde ($P<0.05$) artış göstermiştir. Her iki modifiye nişasta çeşidinin hızlı sindirilebilir nişasta ve tahmini glisemik indeksi önemli ölçüde ($P<0.05$) azalttığı görülürken ON' nin daha etkili olduğu görülmüştür. Bununla birlikte dirençli nişasta miktarını artırmada modifiye nişastaların FZ' ye göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada FZ' nin ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanımının uygun olduğu, modifiye nişastaların ise fenolikler ile etkileşimi nedeniyle sindirilebilirliği olumlu etkilediği görülmüştür.

Temmuz 2019, 200 sayfa

Anahtar kelimeler: Ekşi hamur ekmeği, fındık zarı, çapraz bağlı nişasta, okside nişasta, fenolikler, antioksidan kapasite

ABSTRACT

Doctoral Dissertation

THE EFFECTS OF HAZELNUT TESTA AND MODIFIED STARCHES ON SOURDOUGH RHEOLOGY, BREAD QUALITY AND DIGESTIBILITY

Yusuf DURMUŞ

Ondokuz Mayıs University
Graduate School of Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Münir ANIL

The aim of this study was to investigate the effects of addition hazelnut testa (HT) (% 0, 5 and 10), cross-linked starch (CLS) (% 0, 3 and 5) and oxidized starch (OS) (% 0, 3 and 5) on dough rheology, sourdough bread quality and nutritional properties. HT usage had a favorable effect on water absorption, stability, degree of softening and time to breakdown. OS had more positive effects than CLS in terms of these parameters. The highest gassing power was obtained with the addition of 5 % HT, while the highest bread volume was obtained with these breads. It was found that HT caused starch resistant to gelatinization but more stable gel formation. CLS addition resulted in harder and more stable gel formation than OS. High phenolic and antioxidant capacity were obtained in bread with HT and dietary fiber content significantly increased ($P<0.05$). Both modified starch types significantly decreased rapidly digestible starch and estimated glycemic index ($P<0.05$), while OS was found to be more effective. Additionally it was found that modified starches were more effective than HT in increasing the amount of resistant starch. In this study, it was found that FZ is suitable for sourdough bread production and modified starches had positive effects on digestibility due to their interaction with phenolics.

July 2019, 200 pages

Key Words: Sourdough bread, hazelnut testa, cross-linked starch, oxidized starch, phenolics, antioxidant capacity

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Sayın Hocam Doç. Dr. Münir ANIL' a doktora öğrenimim süresince gösterdiği anlayış ve destekleri için en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının gelişmesi yönünde destekleri ve katkılarından dolayı tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Hüseyin GENÇCELEP ve Prof. Dr. Tevfik ÖZEN' e teşekkür ederim.

ABD' deki çalışmalarım boyunca desteklerini benden esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle yol gösteren ve kendisini her açıdan örnek aldığım değerli Hocam Prof. Dr. Şenay ŞİMŞEK' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında ve hayatım boyunca desteklerini hep yanında hissettiğim değerli babam, annem ve kardeşlerime ayrıca teşekkür ederim.

Temmuz 2019, Samsun

Yusuf DURMUŞ

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	14
2.1. Ekşi Hamur Ekmeği	14
2.2. Fenolik Bileşikler ve Besinsel Lifler.....	15
2.3. Fındık Zarı.....	16
2.4. Modifiye Nişasta ve Sindirilebilirlik.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.2. Yöntem	23
3.2.1. Deneme planı.....	23
3.2.2. Ekşi hamur ekmeği üretimi	23
3.2.3. Nem	25
3.2.4. Kül.....	25
3.2.5. pH ve Toplam asitlik	26
3.2.6. Protein	26
3.2.7. Yağ	26
3.2.8. Renk	27
3.2.9. Fenolik bileşik tayini	27
3.2.10. Yaş gluten ve Gluten indeks	27
3.2.11. Sedimentasyon ve Gecikmeli sedimentasyon	27
3.2.12. Düşme sayısı	28
3.2.13. Farinograf.....	28
3.2.14. Mikroekstensograf	28
3.2.15. Gaz üretim gücü.....	30
3.2.16. Nişasta çirşlenme özellikleri.....	30
3.2.17. Hacim ve spesifik hacim.....	31
3.2.18. Ekmek içi özellikleri (C-Cell).....	31
3.2.19. Dokusal (tekstürel) özellikler.....	31
3.2.20. Ekstrakte edilebilir ve Hidrolize edilebilir fenolik madde miktarı	32
3.2.21. Antioksidan kapasite	32
3.2.22. Çözünür ve Çözünmeyen lif	33
3.2.23. <i>In vitro</i> sindirilebilirlik.....	33
3.2.24. Duyusal değerlendirme	34
3.2.25. İstatistiksel değerlendirme	34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Un, Fındık zarı ve Modifiye Nişasta Analiz sonuçları.....	36
4.2. Karışım Unlardaki Analizler	42
4.2.1. Nem, Kül, pH ve Toplam asitlik	42
4.2.2. Protein	49

4.2.3. Farinograf	51
4.2.4. Mikroekstensograf	70
4.2.5. Gaz üretim gücü	75
4.2.6. Nişasta Çirilenme Özellikleri	78
4.3. Ekşi Hamur Ekmeklerindeki Analizler	93
4.3.1. Nem ve Kül	93
4.3.2. pH ve Toplam asitlik	95
4.3.3. Protein	102
4.3.4. Yağ	104
4.3.5. Renk	105
4.3.6. Hacim ve Spesifik hacim	117
4.3.7. Ekmek içi özellikleri (C-Cell)	122
4.3.8. Dokusal (tekstürel) özellikler	129
4.3.9. Ekstrakte edilebilir ve Hidrolize edilebilir fenolik madde miktarı	140
4.3.10. Antioksidan kapasite	145
4.3.10.1. ABTS ^{•+}	145
4.3.10.2. FRAP	148
4.3.10.3. Metal Şelatlama Aktivitesi	149
4.3.11. Çözünür ve Çözünmeyen lif	150
4.3.12. <i>In vitro</i> sindirilebilirlik	156
4.3.13. Duyusal değerlendirme	169
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	177
KAYNAKLAR	180

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

°C	Santigrat
dk	Dakika
sn	Saniye
cm	Santimetre
mm	Milimetre
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
kg	Kilogram
g	Gram
NaOH	Sodyum hidroksit
HCl	Hidroklorik asit
<i>L</i> *	Beyazlık – siyahlık skalası
<i>a</i> *	Kırmızılık – yeşillik skalası
<i>b</i> *	Sarılık – mavilik skalası
Na ₃ P ₃ O ₉	Sodyum trimetafosfat
NaClO	Sodyum hipoklorit
NaCl	Sodyum klorür
FeCl ₂	Demir II klorür
BU	Brabender unit
mN	Miliniwton
cP	Centipoise

KISALTMALAR

ÇBN	Çapraz bağlı nişasta
ON	Okside nişasta
MN	Modifiye nişasta
HSN	Hızlı sindirilebilir nişasta
YSN	Yavaş sindirilebilir nişasta
DN	Dirençli nişasta
HI	Hidroliz indeksi
eGI	Tahmini glisemik indeks
TN	Toplam nişasta
GAE	Gallik asit eşdeğeri
TroloksE	Troloks eşdeğeri
TEAK	Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite
EDTAE	Etilendiamin tetraasetik asit eşdeğeri

FAE
KateşinE
MA

Ferulik asit eşdeğeri
Kateşin eşdeğeri
Molekül ağırlığı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Sodyum hipoklorit (NaClO) ile nişastanın oksidasyonu.....	5
Şekil 1.2.	Sodyum trimetafosfat ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$) ile çapraz bağlı nişasta oluşumu.....	6
Şekil 3.1.	Farinograf eğrisi	29
Şekil 3.2.	Kieffer metodu ile ekstensograf eğrisi	29
Şekil 3.3.	Nişastanın çirilenme profil eğrisi.....	30
Şekil 3.4.	Tekstür profil analiz eğrisi	32
Şekil 4.1.	Fındık zarına ait 228 nm' de elde edilen HPLC kromotogramı	41
Şekil 4.2.	Karışım unlarda nem üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu.....	45
Şekil 4.3.	Karışım unlarda kül üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	46
Şekil 4.4.	Karışım unlarda toplam asitlik üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu.....	48
Şekil 4.5.	Su absorpsiyonu üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu	55
Şekil 4.6.	Su absorpsiyonu üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	55
Şekil 4.7.	Gelişme süresi üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu	57
Şekil 4.8.	Gelişme süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	58
Şekil 4.9.	Stabilite üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu	60
Şekil 4.10.	Stabilite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu	60
Şekil 4.11.	Yumuşama derecesi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	63
Şekil 4.12.	Yoğurma toleransı üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	64
Şekil 4.13.	Yoğurma toleransı üzerine modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu	65

Şekil 4.14. Yumuşama süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	66
Şekil 4.15. Fındık zarı içermeyen un karışımlarına ait farinogramlar.....	67
Şekil 4.16. % 5 fındık zarı içeren un karışımlarına ait farinogramlar	68
Şekil 4.17. % 10 fındık zarı içeren un karışımlarına ait farinogramlar	69
Şekil 4.18. Un karışımlarında uzamaya karşı direnç değerlerinin değişimi (A x B x C)	74
Şekil 4.19. Un karışımlarında uzama mesafesi değerlerinin değişimi (A x B x C) ..	74
Şekil 4.20. Un karışımlarına gaz üretim gücü değerlerinin değişimi (A x B x C)	78
Şekil 4.21. Maksimum viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	82
Şekil 4.22. İncelme sonrası viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	84
Şekil 4.23. İncelme viskozitesi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	85
Şekil 4.24. Son viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	89
Şekil 4.25. Katılma viskozitesi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	90
Şekil 4.26. Maksimum viskozite süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu.....	91
Şekil 4.27. Yağ üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu	106
Şekil 4.28. Ekşi hamur ekmeklerinin dış görünüşleri	108
Şekil 4.29. Ekşi hamur ekmeklerinin iç görünüşleri.....	113
Şekil 4.30. Sertlik üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu	135
Şekil 4.31. Çiğnenebilirlik üzerine fındık zarı oranı (B) x modifiye nişasta çeşidi (C) interaksyonu	139
Şekil 4.32. Çiğnenebilirlik üzerine depolama süresi (A) x fındık zarı oranı (B) x modifiye nişasta oranı (D) interaksyonu	140
Şekil 4.33. Ekstrakte edilebilir fenolik madde üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu.....	144

Şekil 4.34. Çözünmeyen lif üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu	155
Şekil 4.35. Ekşi hamur ekmeklerinde toplam nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C).....	159
Şekil 4.36. Ekşi hamur ekmeklerinde hızlı sindirilebilir nişasta değerlerinin değişimi	161
Şekil 4.37. Ekşi hamur ekmeklerinde yavaş sindirilebilir nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C).....	163
Şekil 4.38. Ekşi hamur ekmeklerinde dirençli nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C).....	166
Şekil 4.39. Ekşi hamur ekmeklerinde hidroliz indeksi değerlerinin değişimi (A x B x C).....	168
Şekil 4.40. Ekşi hamur ekmeklerinde tahmini glisemik indeks değerlerinin değişimi (A x B x C).....	169

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bazı tahıl ürünlerinin besinsel lif içerikleri	8
Çizelge 1.2. Bazı nişasta çeşitlerine ait HSN, YSN, DN ve TN miktarları.....	11
Çizelge 3.1. Ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanılan deneme planı	24
Çizelge 3.2. Ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanılan malzemeler ve kullanım oranları.....	25
Çizelge 3.3. Duyusal analiz değerlendirme formu	35
Çizelge 4.1. Un analiz sonuçları	36
Çizelge 4.2. Modifiye nişasta analiz sonuçları	37
Çizelge 4.3. Fındık zarı analiz sonuçları	38
Çizelge 4.4. Fındık zarında fenolik bileşik içeriği.....	40
Çizelge 4.5. Karışım unlara ait ortalama nem, kül, pH, toplam asitlik ve protein sonuçları	43
Çizelge 4.6. Karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları..	44
Çizelge 4.7. Fındık zarı oranları için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	44
Çizelge 4.8. Modifiye nişasta çeşitleri için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	44
Çizelge 4.9. Modifiye nişasta oranları için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	45
Çizelge 4.10. Karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	47
Çizelge 4.11. Fındık zarı oranları için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	47
Çizelge 4.12. Modifiye nişasta çeşitleri için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	47
Çizelge 4.13. Modifiye nişasta oranları için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	48
Çizelge 4.14. Karışım unlarda protein değerlerine ait varyans analiz sonuçları	49
Çizelge 4.15. Fındık zarı oranları için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	50
Çizelge 4.16. Modifiye nişasta çeşitleri için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	50

Çizelge 4.17. Modifiye nişasta oranları için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	50
Çizelge 4.18. Farinograf sonuçları	52
Çizelge 4.19. Su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.20. Fındık zarı oranları için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	53
Çizelge 4.21. Modifiye nişasta çeşitleri için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	54
Çizelge 4.22. Modifiye nişasta oranları için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite, değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	54
Çizelge 4.23. Yumuşama derecesi, yoğurma toleransı, yumuşama süresi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.24. Fındık zarı oranları için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları....	62
Çizelge 4.25. Modifiye nişasta çeşitleri için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları....	62
Çizelge 4.26. Modifiye nişasta oranları için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları....	62
Çizelge 4.27. Mikroekstensograf sonuçları	72
Çizelge 4.28. Uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait varyans analiz sonuçları	72
Çizelge 4.29. Fındık zarı oranları için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	73
Çizelge 4.30. Modifiye nişasta çeşitleri için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	73
Çizelge 4.31. Modifiye nişasta oranları için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	73
Çizelge 4.32. Karışım unlara ait gaz üretim gücü sonuçları.....	75
Çizelge 4.33. Gaz üretim gücü değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.34. Fındık zarı oranları için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	76
Çizelge 4.35. Modifiye nişasta çeşitleri için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	77

Çizelge 4.36. Modifiye nişasta oranları için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	77
Çizelge 4.37. Maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite, incelme viskozitesi ve son viskozite sonuçları	79
Çizelge 4.38. Maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	80
Çizelge 4.39. Fındık zarı oranları için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	80
Çizelge 4.40. Modifiye nişasta çeşitleri için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	82
Çizelge 4.41. Modifiye nişasta oranları için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	82
Çizelge 4.42. Katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi, incelme viskozitesi ve jelatinizasyon sıcaklığı sonuçları.....	86
Çizelge 4.43. Son viskozite ve katılma viskozitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	87
Çizelge 4.44. Maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	88
Çizelge 4.45. Fındık zarı oranları için son viskozite, katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	88
Çizelge 4.46. Modifiye nişasta çeşitleri için son viskozite, katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	88
Çizelge 4.47. Modifiye nişasta oranları için son viskozite, katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	89
Çizelge 4.48. Ekşi hamur ekmeklerinde nem ve kül sonuçları	93
Çizelge 4.49. Ekşi hamur ekmeklerinde nem ve kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları	94

Çizelge 4.50. Ekşi hamur ekmeklerinde fındık zarı oranları için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	94
Çizelge 4.51. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta çeşitleri için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	95
Çizelge 4.52. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta oranları için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	95
Çizelge 4.53. Ekşi hamurlarda pH ve toplam asitlik sonuçları	96
Çizelge 4.54. Ekşi hamurlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	97
Çizelge 4.55. Ekşi hamurlarda fındık zarı oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	97
Çizelge 4.56. Ekşi hamurlarda modifiye nişasta çeşitleri için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	98
Çizelge 4.57. Ekşi hamurlarda modifiye nişasta oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	98
Çizelge 4.58. Ekşi hamur ekmeklerinde pH ve toplam asitlik sonuçları.....	99
Çizelge 4.59. Ekşi hamur ekmeklerinde pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	100
Çizelge 4.60. Ekşi hamur ekmeklerinde fındık zarı oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	101
Çizelge 4.61. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta çeşitleri için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	101
Çizelge 4.62. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	101
Çizelge 4.63. Protein ve yağ sonuçları	102
Çizelge 4.64. Protein ve yağ değerlerine ait varyans analiz sonuçları	103
Çizelge 4.65. Fındık zarı oranları için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	103
Çizelge 4.66. Modifiye nişasta çeşitleri için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	104
Çizelge 4.67. Modifiye nişasta oranları için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	104
Çizelge 4.68. Ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* sonuçları	107

Çizelge 4.69. Ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	109
Çizelge 4.70. Fındık zarı oranları için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	109
Çizelge 4.71. Modifiye nişasta çeşitleri için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	110
Çizelge 4.72. Modifiye nişasta oranları için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	110
Çizelge 4.73. Ekmek içinde L^* , a^* ve b^* sonuçları	112
Çizelge 4.74. Ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları	114
Çizelge 4.75. Fındık zarı oranları için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	114
Çizelge 4.76. Modifiye nişasta çeşitleri için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	115
Çizelge 4.77. Modifiye nişasta oranları için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	115
Çizelge 4.78. Hacim ve spesifik hacim sonuçları.....	118
Çizelge 4.79. Hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları....	118
Çizelge 4.80. Fındık zarı oranları için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	119
Çizelge 4.81. Modifiye nişasta çeşitleri için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	120
Çizelge 4.82. Modifiye nişasta oranları için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	120
Çizelge 4.83. Dilim alanı, gözenek sayısı, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı sonuçları	125
Çizelge 4.84. Dilim alanı ve gözenek sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	126
Çizelge 4.85. Fındık zarı oranları için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	126
Çizelge 4.86. Modifiye nişasta çeşitleri için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	126

Çizelge 4.87. Modifiye nişasta oranları için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	127
Çizelge 4.88. Dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	127
Çizelge 4.89. Sertlik ve esneklik sonuçları.....	130
Çizelge 4.90. İç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik sonuçları.....	131
Çizelge 4.91. Sertlik ve esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	132
Çizelge 4.92. İç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	133
Çizelge 4.93. Depolama zamanı için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	133
Çizelge 4.94. Fındık zarı oranları için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	134
Çizelge 4.95. Modifiye nişasta çeşitleri için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	135
Çizelge 4.96. Modifiye nişasta oranları için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	135
Çizelge 4.97. Ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde sonuçları	141
Çizelge 4.98. Ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait varyans analiz sonuçları	142
Çizelge 4.99. Fındık zarı oranları için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	143
Çizelge 4.100. Modifiye nişasta çeşitleri için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	143
Çizelge 4.101. Modifiye nişasta oranları için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	143
Çizelge 4.102. ABTS ⁺⁺ , FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi sonuçları.....	146
Çizelge 4.103. ABTS ⁺⁺ , FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	147

Çizelge 4.104. Fındık zarı oranları için ABTS ⁺ , FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	147
Çizelge 4.105. Modifiye nişasta çeşitleri için ABTS ⁺ , FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	148
Çizelge 4.106. Modifiye nişasta oranları için ABTS ⁺ , FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	148
Çizelge 4.107. Toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif sonuçları	151
Çizelge 4.108. Toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait varyans analiz sonuçları	152
Çizelge 4.109. Fındık zarı oranları için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	153
Çizelge 4.110. Modifiye nişasta çeşitleri için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	153
Çizelge 4.111. Modifiye nişasta oranları için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	154
Çizelge 4.112. TN, HSN, YSN, DN, HI ve eGI sonuçları	157
Çizelge 4.113. TN, HSN ve YSN değerlerine ait varyans analiz sonuçları	158
Çizelge 4.114. Fındık zarı oranları için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	158
Çizelge 4.115. Modifiye nişasta çeşitleri için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	158
Çizelge 4.116. Modifiye nişasta oranları için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	159
Çizelge 4.117. DN, HI ve eGI değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	164
Çizelge 4.118. Fındık zarı oranları için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	164
Çizelge 4.119. Modifiye nişasta çeşitleri için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	165
Çizelge 4.120. Modifiye nişasta oranları için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	165
Çizelge 4.121. Dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik sonuçları	172
Çizelge 4.122. Dış görünüş, iç görünüş ve koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları	173

Çizelge 4.123. Tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	173
Çizelge 4.124. Fındık zarı oranları için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul	174
Çizelge 4.125. Modifiye nişasta çeşitleri için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	174
Çizelge 4.126. Modifiye nişasta oranları için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları	174



1. GİRİŞ

Ekmek, buğday unu, su, maya ve tuzun belirli oranlarda karıştırılarak hamur oluşturulması ve hamurun fermantasyona bırakılarak belirli bir süre sonra pişirilmesi ile elde edilen bir gıda ürünü olarak tanımlanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1997). Türk Gıda Kodeksine göre ise ekmek; ‘Buğday ununa; su, tuz ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ilave edilip tekniğine uygun olarak; yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürün’ olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2008). Ekmek yüksek enerji kaynağına sahip olmakla birlikte temel besin kaynaklarından birisidir. İnsanlar tarafından ekonomik olarak elde edilmesinin uygun olması, doyurucu ve besleyici olması nedeniyle vazgeçilmez bir gıda ürünü olarak öne çıkmaktadır (Göçmen, 2001).

Ekmek üretiminde uygulanabilen beş farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar direkt hamur metodu, indirekt hamur metodu (sponge), kısa süreli hamur sistemi, sürekli yoğurma sistemi ve sıvı ferment sistemi olarak bildirilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Ekmek üretiminde en çok kullanılan yöntem direkt hamur yöntemi olarak söylenebilirken bu yöntemde bütün ingrediyeenler bir defada karıştırılır, uygun hamur yapısına ulaşınca kadar yoğrulur ve 2 - 3 saatlik bir kitle fermantasyonuna bırakılır. Daha sonra hamuru havalandırma, ana fermantasyon, şekil verme ve son fermantasyon işlemleri yapılarak pişirme işlemi yapılmaktadır. Bu yöntemle yapılan francala tipi ekmek üretimi için protein miktarı yaklaşık % 11 ve gluten kalitesi yüksek olmalıdır. % 68 - % 71 arası randımanlı ticari unlar ekmek üretiminde kullanılabilir. Randımanın artmasına bağlı olarak içerdiği kepek nedeniyle ekmeğin beslenme değeri artmaktadır ancak böyle bir unun depolama esnasında bozulması daha kolaydır. Buğdayın öğütülmesi ile elde edilen unlar hemen ekmek yapımında kullanılmadan oda koşullarında 3 - 4 hafta kadar olgunlaşmaya bırakılması önerilmektedir. Bu amaçla bazı olgunlaştırıcı ajanlar öğütme esnasında una katılabilir. Yeteri kadar olgunlaşmayan unlarda glutenin zayıf olması nedeniyle su absorpsiyonu düşük olmakta ve böylelikle verim kaybı yaşanarak ekmek kalitesi düşmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997).

Ekmek ve fırın ürünlerinin üretiminde öncelikle hamur oluşumu söz konusu olmakta ve hamur kalitesini belirleyen en önemli unsur unun bileşimi ve yapısı olarak

bildirilmektedir. Un kalitesinin belirlenmesinde kullanılan başlıca parametreler olarak; renk, gaz üretim gücü, protein miktarı ve kalitesi, su absorpsiyonu, yoğurma toleransı, gaz tutma kapasitesi ve amilaz aktivitesi sayılabilir. Buğday proteinlerinin yaklaşık % 80 - 85' ini gluten oluşturmakta ve undaki protein miktarı arttıkça gluten miktarı da artmaktadır. Protein miktarı undaki azot miktarı ile doğru orantılı olmasına rağmen protein kalitesi glutenin karakteri ile ilgilidir (Ünal, 1991). Protein miktarı ve kalitesi hamur reolojisini üzerine etkili olmakta ve bu etkinin yanında proteolitik ve amilolitik aktivite de hamur reolojisi açısından önemli görülmektedir (Biçer, 2011). Hamur reolojisi hamur yapısı hakkında bilgi vermekte ve hamur reolojisine bağlı olarak fırın ürünlerinin kalitesi değişmektedir (Ünal ve Boyacıoğlu, 1984). Bu açıdan hamurun bekletilmesi ile oluşan ekşi hamurun ekmek ve hamur kalitesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır.

Ekşi hamurda maya ve bakteriler birlikte faaliyet göstermektedir ve sonuçta uygun hacim, güçlü aroma, uzun raf ömrü ve iyi bir ekmek içi yapısına sahip ekmekler elde edilmektedir. Ekşi hamurda hakim flora maya ve laktik asit bakterilerinden oluşmaktadır ve uygun bir fermantasyon işlemi sağlanarak ekşi hamur özellikleri kazandırılmaktadır (Küçükçuban, 2012).

Ekşi hamur üretiminde 4 farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlardan geleneksel yöntem olan Tip I yöntemine göre ingrediyenler karıştırılarak hamur oluşturulmakta ve oda sıcaklığında uzun süre spontane fermantasyon yapılmaktadır. Starter kültür ilavesi olmayıp ingrediyenlerde ve ortamda bulunan bakteriler tarafından fermantasyon gerçekleştirilmektedir. Elde edilen hamur içerisinde laktik asit bakterilerinin dışında birçok yabancı maya ve spor oluşturan bakteriler bulunabilmekte ve bu mikroorganizmalar ekmek üretiminde istenmemektedir. Bu hamur kullanılarak bir dizi fermantasyon işlemi tekrarlanır ve asitliğin artması ve organik asitlerin oluşumuna bağlı olarak istenmeyen bakteriler gelişmemekte ve en sonunda ekmek yapımına uygun ekşi hamur elde edilmektedir. Tip I ekşi hamur üretimi sonunda hamur mikroflorası oldukça zengin olup birçok heterofermentatif ve fakültatif laktik asit bakterileri bulunmaktadır (Ercolini vd, 2013; Siepmann vd, 2018). Tip II yönteminde ise hamura istenilen miktar ve çeşitte starter kültür ilavesi yapılarak kontrollü bir fermantasyon amaçlanmaktadır. İlave edilen laktik asit bakterilerinin yoğunluğu nedeniyle yabancı bakteri ve mayaların gelişimi engellenmekte ve kısa bir

fermantasyon sonucu ekşi hamur elde edilmektedir. Bu yöntem ticari üretime uygun olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Tip III yöntemi ise Tip II yönteminde elde edilen ekşi hamurun kurutulması ile elde edilmektedir. Kurutma işleminde ısı işlem uygulandığı için ısıya dirençli bakterilerin seçilmesi önem arz etmektedir. İlave olarak ısı etkisi ile maillard reaksiyonu ve karamelizasyon oluşabilmektedir. Tip IV yönteminde ise Tip I' de elde edilen ekşi hamura istenilen starter kültürlerin ilavesi yapılmakta ve son ekşi hamurun mikrobiyotası değiştirilmektedir. Buna göre Tip I ekşi hamuru daha kontrollü hale getirilmektedir (Minervini vd, 2010; Siepmann vd, 2018).

Ekmek mayası kullanım miktarının günümüzde % 5 - 6 oranlarına kadar yükseltilmesi, ekşi maya kullanımının tamamen kaldırılması ve fermentasyon süresinin oldukça kısaltılması nedeniyle ekmek aroması bakımından yetersiz ürünler tüketime sunulmaktadır. Bununla birlikte, zengin aromalı bir ekmek için yeterli sürede fermentasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, saf maya veya başlangıç kültürlerinin kullanımı önem arz etmektedir. Ekşi hamur üretiminde fermentasyonu kontrol etmek ve güvence altına alabilmek için saf laktik asit bakterilerinden oluşan starter kültür kullanımı üzerinde durulmaktadır (Göçmen ve Gürbüz, 2000). *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* gibi türler ekşi hamur üretiminde kullanılabilmektedir. Ekşi hamur fermentasyonunda laktik asit bakterileri ve mayalar birlikte gelişmekte ve simbiyotik bir yaşam sonucunda hamurun kabarması, ekmeğin elastikiyet, asitlik ve lezzeti farklılaşmaktadır (Akgün, 2007). Ekşi hamur ekmeklerinde ekmek hacmi normal ekmeklere göre daha fazla olabilmektedir. Bunun nedeni olarak heterofermantatif laktik asit bakterilerinin maya aktivitesini artırdığı ve böylece fermentasyon sırasında daha fazla CO₂ oluştuğu bildirilmiştir. İlave olarak çözünür pentozan miktarının artmasının su dağılımını etkilediği için ekmek hacmine olumlu etkisi bulunmaktadır (Corsetti vd, 2000; Gobbetti vd, 1995).

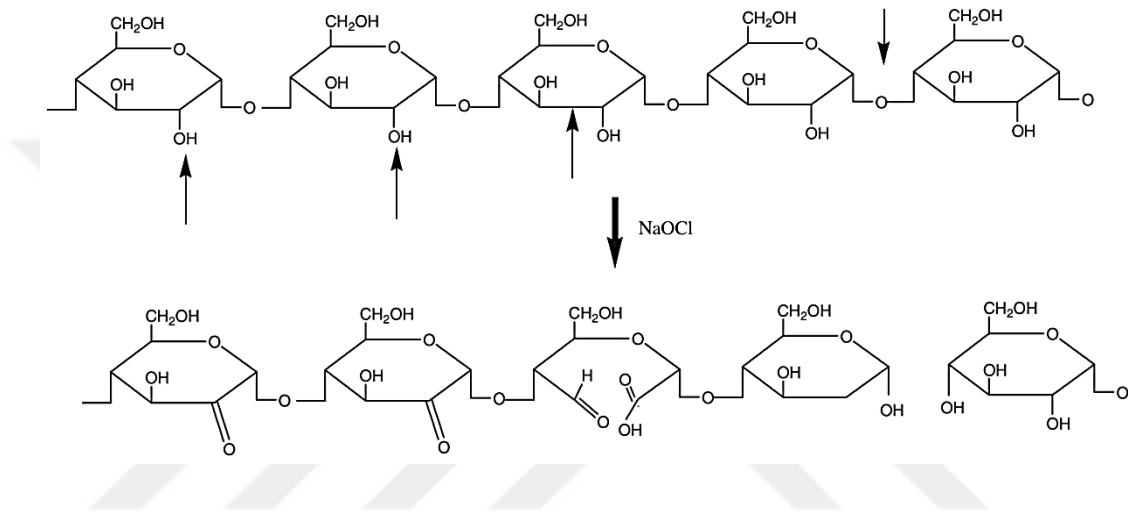
Ekmek üretiminde gerçekleşen hacim artışı, aroma ve ekmek tekstürü gibi birçok özellik undaki nişasta yapısı ve çeşidi ile yakından ilişkilidir. Nişastanın gıdalarda gösterdiği kıvam verme, su tutma, jelleşme gibi etkilerinden dolayı teknolojik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Nişasta teknolojik fonksiyonları, miktarı ve beslenmedeki rolü bakımından tahıllardaki en önemli bileşenlerden biridir. Nişasta insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olmakta ve birçok gıdada temel yapı taşı

olarak bulunmaktadır. Tahıl tanelerinde yaklaşık olarak; buğdayda % 66, pirinçte % 60, mısırdada % 71, arpada % 40, yulafta % 35 ve çavdarda % 59 oranlarında bulunmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1997).

Nişastanın gıda sanayinde kullanımında modifiye edilmesine sıkça rastlanılmaktadır. Modifiye nişastalar doğal nişastaya bazı fiziksel, kimyasal ya da enzimatik uygulamalar yapılmasıyla elde edilmektedir. Nişastanın modifikasyonu ile nişastaya ait bazı özellikler tamamen kaybolmamakla birlikte bazı değişikliklere uğramaktadır. Modifikasyonla doğal nişastanın fiziksel veya kimyasal özelliklerinin değiştirilmesi hedeflenmektedir. Modifiye nişastalar; tavlama nişasta, hidrotermal modifiye nişasta, dekstrinize nişasta, asit modifiye nişasta, çapraz bağlı nişasta, okside nişasta, stabilize nişasta ve prejelatinize nişastalar olmak üzere sınıflandırılabilirler (Ak, 2005; Biçer, 2011). Modifiye nişasta kullanımı ile doğal nişastanın sağlayamadığı emülsiyon stabilizasyonu, yumuşak veya gevrek bir tekstür oluşumu, nem çekme ve nem tutma gibi birçok fonksiyonel özellik sağlanabilmektedir (Light, 1990). Modifikasyonla birlikte doğal nişastanın çirilenme özellikleri, viskozite, jelleşme, viskozite değişimine direnç oluşturma, ısı stabilitesi, pH stabilitesi, retrogradasyona direnç, donma-erime stabilitesi, berraklık ve tekstür gibi özellikleri değişime uğramaktadır (Serinyel, 2013).

Modifiye nişastaların bir çeşidi olan okside nişastalar bir oksidan madde ve reaksiyonun koşullarına bağlı olarak karboksil grupları ve karbonil gruplarının etkileşimi ile alkali ortamda depolimerizasyon ile meydana gelmektedir. Okside nişastadaki karboksil ve karbonil gruplarının sayısı oksidasyon seviyesi ile doğru orantılıdır. Okside edici ajan olarak çoğunlukla sodyum hipoklorit kullanılmakla birlikte sodyum bromür, klor gazı, kalsiyum hipoklorit, hidrojen peroksit, potasyum permanganat, amonyum persulfat ve oksijen de kullanılabilir (Wing, 1994). Okside nişastanın üretimine hipoklorit kullanılması durumunda aldehit, keton ve karboksil grupları oluşmakta ancak yüksek pH nedeniyle karboksil grupları sayısı daha fazla olmaktadır. Karboksil grupları negatif yüklü olduğu için okside nişasta da anyonik durumdadır (Bemiller ve Whistler, 2009). Okside nişastada bulunan karboksil grupları retrogradasyon ve jelleşmeyi azaltmaktadır (Wurzburg, 1986). Okside nişastalar sahip oldukları düşük viskozite, yüksek stabilite, berraklık ve iyi bağlanma özellikleri nedeniyle, gıda endüstrisinde kullanılmakta ve özellikle gıda kaplamaları,

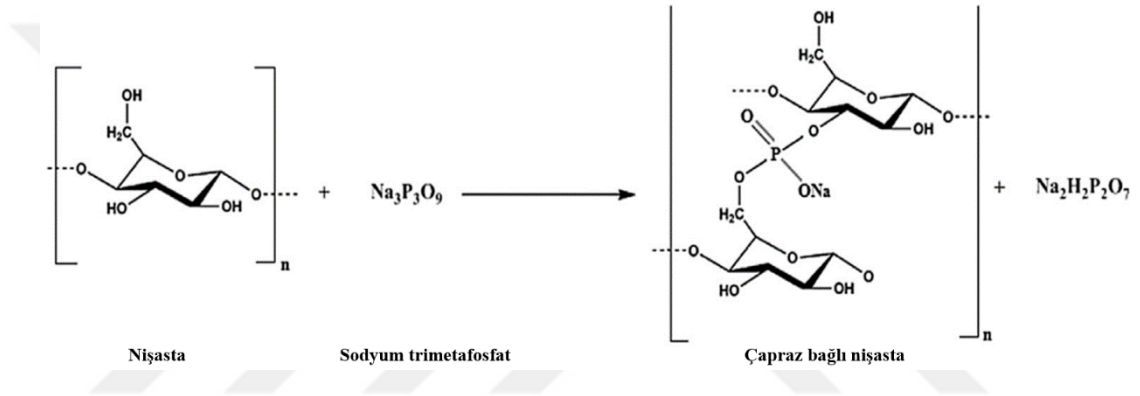
şekerleme ürünleri ve emülsifiye edici ajan olarak kullanımı yaygın olmaktadır (Chattopadhyay vd, 1997; Zijlstra vd, 2011). Okside nişastalar en düşük protein içeriğine sahip olan modifiye nişasta çeşididir. İçerisinde kalıntı yağ bulunması halinde amiloz ile kompleks oluşturmamasından dolayı retrogradasyona neden olmaktadır. Okside nişastalar, substrat yüzeyindeki proteinle kovalent bağ oluşturabilmekte ve böylelikle yapışkanlığı arttırmak için kullanılmaktadır (Bemiller ve Whistler, 2009). Şekil 1.1’ de nişastanın okside nişastanın molekül yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Sodyum hipoklorit (NaClO) ile nişastanın oksidasyonu (Vanier vd, 2017)

Çapraz bağlı nişastalar ise diğer bir modifiye nişasta çeşididir ve nişasta zincirleri arasında çapraz bağlı ester grupları oluşturularak elde edilmektedir. Modifikasyon işlemi ile nişasta granülleri stabilize edilmektedir (Zorba, 2001). Bu amaçla nişasta yapısındaki hidroksil grupları arasında bağ oluşumunu sağlayan ajanlar kullanılmaktadır (Singh vd, 2007). Sodyum tripolifosfat, sodyum trimetafosfat, fosfor oksiklorit ve monosodyum ortofosfat bileşikleri çapraz bağlı nişasta üretiminde kullanımına izin verilen ajanlardır (Anonim, 2001). Çapraz bağlı nişasta üretiminde gıda sanayinde genellikle waxy mısır nişastası kullanılmaktadır. Modifikasyonla nişastanın çirilenme özellikleri değişmektedir. Buna göre jel oluşumu güçleşmekte, uzun pişirme süresine sahip olma, granüllerin ısıya karşı dayanıklılığının artması ve ısı etkisi ile viskozite düşüşünün azalması gibi etkiler görülmektedir. Nişasta granüllerinin ısıya dayanıklı olması sebebiyle konservelede kullanılabilir. Dahası çapraz bağlı nişastalar karıştırmaya ve asitliğe karşı da dayanıklıdır. Çapraz bağlı nişastalar doğal hallerine göre daha düşük çözünürlüğe sahiptirler ve çapraz

bağlama ajanının konsantrasyonunun artmasıyla çözünürlük daha da azalmaktadır. Çapraz bağlı nişastaların jelatinizasyon sıcaklığı ve soğutma ile katılaşma viskozitesi artmaktadır. Jelatinizasyon ile nişastanın kristal yapısı bozulmaktadır ve bu bozulma çapraz bağlı nişastada doğal nişastaya göre daha az oluşmaktadır (Hirsch ve Kokini, 2002; Woo ve Seib, 2002; Zorba, 2001). Son çalışmalarda çapraz bağlı nişastanın enzimlerle hidrolize karşı direnç gösterdiği ve buna göre besinsel lif kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Chung vd, 2010). Teknolojik kalite kriterlerini artırmak için modifiye nişasta kullanımının yanı sıra insan sağlığına olumlu etkilerinden dolayı besinsel lif kullanımı son yıllarda dikkat çekmektedir. Şekil 1.2' de çapraz bağlı nişastanın yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1.2. Sodyum trimetafosfat ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$) ile çapraz bağlı nişasta oluşumu (Sukhija vd, 2016)

Besinsel lifler, bitkinin veya benzeri karbonhidratların insanların ince bağırsağında sindirime dirençli olan yenilebilir parçalarıdır ve kısmen veya tamamen bağırsakta fermente edilebilmektedirler (AACC, 2001). Besinsel lifler bitki hücre duvarlarında bulunmakta ve sindirilemeyen polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz, gam, pektin, oligosakkarit), mumlar ve lignin karışımları olarak belirtilmektedir (Sabanis vd, 2006). İnsan ince bağırsağına ulaşan besinsel lifler sindirim ve emilime dirençli olmakta, kalın bağırsakta bir miktar veya tamamen fermantasyona uğramaktadır (AACC, 2001). Su tutma kapasiteleri yüksek olan besinsel liflerin diyetlerde kullanımı ile kalori alımı azalmaktadır. Besinsel liflere beslenme açısından ihtiyaç duyulması nedeniyle dışarıdan alınması gerekmekte ve gıdalara ilave edilebilmektedir. Dünya sağlık örgütü (WHO) günlük 25 - 40 g besinsel lif alınmasını tavsiye etmektedir (WHO, 2003). İlaveten gıdalara bazı fonksiyonel özellikler kazandırmakta ve bu

amaçla gofret, kraker, dondurma külahı gibi ürünlerde kullanılarak kırılgeanlık azaltılmaktadır (Biçer, 2011).

Besinsel liflerin insan sağığı üzerine olumlu etkiler arasında hemoroit, obezite ve kabızlığıın önlenmesi, kolon kanseri ve kalp damar hastalıkları riskini azaltması sayılabilir. Bununla birlikte kan kolesterol seviyesini ve kan glikoz seviyesini düşürme etkisi de bulunmaktadır (AACC, 2001; Sabanis vd, 2006; Tosh ve Yada, 2010). Besinsel liflerin insan sağığı üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı birçok gıdada ve fırıncılık ürünlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Besinsel lifler çözünür ve çözünmeyen olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. Tahıllarda bulunan suda çözünür besinsel lifler β -glukan ve arabinoksilan gibi nişasta olmayan polisakkaritlerden ibaretken meyve ve sebzelerde pektin bulunmaktadır. Tahıl ürünlerinde çözünmeyen lif içeriğı fazlayken meyve, sebze, yulaf kepeğı ve sert kabuklu yemişlerde çözünür lif içeriğı daha fazla olmaktadır (Salas-Salvadó vd, 2006).

Çözünür besinsel lifler, viskoz çözelti halinde bulunur ve sağılıklı etkilerin çoğunu bu tip lifler sağlamaktadır. Bağırsaklarda çözünür besinsel liflerin oluşturduğu yüksek viskozite, intestinal geçişi yavaşlatmakta, garstik boşalmayı geciktirmekte, glikoz ve sterollerin bağırsaklar tarafından emilmesini yavaşlatmaktadır. Çözünür lifler, serum kolesterolünü, kan glikozunu ve insülin seviyesini düşürme bakımından çözünmeyen besinsel liflerden daha etkili olmaktadır (Karadeniz, 2007). Arpa ve yulaf ilavesi ile çözünür lif miktarı artırılmış ekmeklerde sindirim sistemi içerisinde ortamın viskozitesinin artmasıyla glikozun difüzyon ve absorpsiyonunun azalarak glisemik indeks değerlerinin düşebileceğı bildirilmiştir (Liljeberg ve Bjorck, 1996). Çözünür besinsel lif, su bağlama özelliğı nedeniyle sıkı yapı ve jel oluşumu sağlayabilmektedir (Salas-Salvadó vd, 2006; Thebaudin vd, 1997).

Çözünmeyen besinsel lifler jel oluşumu sağlayamamaktadır ancak ağırlığıının 20 katı suyu absorplayabilmektedir (Salas-Salvadó vd, 2006; Thebaudin vd, 1997). Çözünmeyen besinsel liflere örnek olarak selüloz, hemiselüloz ve lignin verilebilir (Rodríguez vd, 2006). Çözünmeyen besinsel lifler fekal hacmi artırarak bağırsak geçişini hızlandırmakta, dışkı kütlesini artırmakta ve kabızlığıın önlenmesine yardımcı olmaktadır. Buna karşılık, çözünür besinsel lifler ise fermentasyona uğraması

nedeniyle gaz oluşturmakta ve bağırsak pH' sını değiştirerek bakteri sayısında artışa neden olmaktadır (Salas-Salvadó vd, 2006).

Bazı tahıl çeşitlerinde bulunan çözünür ve çözünmeyen besinsel lif içerikleri izelge 1.1'de gösterilmiştir (Karadeniz, 2007).

Çizelge 1.1. Bazı tahıl ürünlerinin besinsel lif içerikleri (%)*

Tahıl ürünü	çözünür besinsel lif	çözünmeyen besinsel lif	Toplam besinsel lif
Arpa	5.0	7.0	12.0
Buğday	1.2	13.2	14.4
Buğday Kepeği	2.9	41.6	43.9
Buğday Unu	1.2	1.6	3.1
Tam Buğday Unu	1.2	13.2	14.4
Pirinç Kepeği	2.3	25.0	27.0
avdar Ekmeği	1.5	5.4	6.6
Mısır Kepeği	1.2	84.0	85.2
Yulaf	4.2	5.7	11.3
Yulaf Kepeği	7.2	9.7	16.9

*: % kurumadde üzerinden

Ekme üretiminde kepek gibi besinsel liflerin kullanılması esmer ve düşük hacimli ürün elde edilmesine yol açmaktadır. İlave olarak besinsel lif kullanımıyla hamurun su absorpsiyonu artmakta, reolojik özellikleri değişmekte ve işlenmesi zorlaşmaktadır (Patil, 2004). Ürün hacminin son derece önemli olduğu ekmekte besinsel lif kullanımıyla hamur yapısı sıkılaştığı için hacim artışı güçleşmektedir. Bu ürünlerin yapımında dirençli nişasta kullanılması halinde herhangi bir olumsuz etki görülmemektedir (Haralampu, 2000).

Besinsel lif kaynakları olarak tahıl dış katmanları, meyveler, sebzeler, baklagiller, patates, şeker pancarı, pirinç gibi ürünler sayılabilmektedir (Fuentes-Zaragoza vd, 2010). Buğday kepeğinin ekme üretiminde kullanımıyla hamurun yeterli kıvama ulaşmasının geciktiği ve bunun da besinsel lifler ile gluten arasındaki etkileşime bağlı olarak glutenin hidrolizinin engellenmesi nedeniyle ortaya çıktığı ifade edilmiştir (Gómez vd, 2012). Besinsel liflerin nişasta granüllerinin fiziksel olarak etraflarını sararak α -amilaz enziminin granüle ulaşmasını engelleyebilmektedir

(Brennan vd, 1996). Son zamanlarda buğday kepeği dışında yaprak tozları, meyve tozları, diğer tahıl kepeklerinin kullanımı yaygınlaşmakta olup bunlardan fındık zarının besinsel lif kaynağı olarak kullanılması uygun olabilmektedir. Fındık (*Corylus avellana* L.) *Betulaceae* familyasına ait tüm dünyada bilinen bir kabuklu yemiş türüdür. Dünya fındık üretimi yıllık yaklaşık 1 milyon ton olup bunun % 67.1' ini Türkiye karşılamaktadır. Fındık üretimi yapılan diğer ülkeler İtalya (% 13.0), Çin (% 5.2), Azerbaycan (% 4.3), ABD (% 2.9) ve Gürcistan (% 2.1) olarak sıralanmaktadır (FAOSTAT, 2019).

Fındığın kimyasal bileşimi yaklaşık olarak; % 4 nem, % 61 yağ, % 16 protein, % 17 karbonhidrat ve % 2 küldür (Alasalvar vd, 2010; Alasalvar vd, 2003). Türkiye’de kültüre alınan 18 fındık türü Tombul, Palaz, Ham, Cavcava, Kuş, Yassı Badem, Acı, Uzunmusa, Yuvarlak Badem, İncekara, Karafındık, Çakıldak, Sivri, Kargalak, Foşa, Mincane, Kan ve Kalınkara olarak sıralanabilir (Alasalvar vd, 2010). Bu türlerden Tombul, Sivri, Mincane, Çakıldak, Palaz, Karafındık ve Foşa olmak üzere 7 tanesi ticari olarak öneme sahiptir (Pelvan vd, 2012). Ülkemizde fındık kalitesini belirtmek için Giresun ve Levant olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Tombul fındık türü genellikle Giresun ve çevresinde yetiştirilmekte, Türkiye’deki fındık üretiminin % 25 - 30 ‘unu karşılamakta ve Giresun kalite ya da birinci kalite olarak isimlendirilmektedir. Bu fındık türü belirgin aroması, kavurma esnasında fındık zarının kolay ayrılması ve yüksek yağ içeriği nedeniyle çok tercih edilmektedir (Alasalvar vd, 2003).

Fındığa uygulanan kavurma işlemi ile bir atık olan fındık zarı elde edilmekte ve fındık tanesinin ağırlık olarak % 2.5’ ini oluşturmaktadır. Fındık zarı sahip olduğu yüksek antioksidan kapasitesi nedeniyle fındık endüstrisi açısından önemlidir (Alasalvar vd, 2009). Fındık zarında yüksek miktarda fenolik bileşikler bulunmaktadır. Fındık zarında % 65 - 67 besinsel lif, % 8 protein ve % 9.0 - 14.5 yağ bulunduğu ayrıca toplam fenolik içeriğinin 233 mg GAE/g olduğu bildirilmiştir (Alasalvar vd, 2006; Contini vd, 2008). Fındık zarı fenolik içerik bakımından oldukça zengindir ve sahip olduğu fenolik içeriği nedeniyle besinsel açıdan büyük öneme sahiptir. Fenolik bileşikler gıdaların yapısında doğal olarak bulunmakta ve beslenme, gıdalarda renk oluşumu ve renk değişimi reaksiyonlarına katılmaları açısından ve antimikrobiyal etki göstermeleri nedeniyle oldukça önem taşımaktadırlar. Fenolik

bileşikler antioksidan özellik göstermekte ve enzimleri inhibe edebilmektedirler. Fenol halkasındaki hidroksil grubunun artmasıyla antioksidan özellik artmaktadır. Gallik asit, kafeik asit ve gentisik asidin fenolik bileşikler içinde en yüksek antioksidan etkiye sahip olan bileşikler olarak gösterilmektedir (Acar ve Gökmen, 1998). Antioksidan kapasitesi toplam fenolik miktarına bağlı olarak artmaktadır (Amarowicz vd, 2004). Fenolik bileşikler sahip oldukları antioksidan kapasitesi nedeniyle vücudu oksidatif stresten korumaktadır (López-Amorós vd, 2006). Birçok polifenol bileşiğin C ve E vitaminlerinden daha fazla antioksidan özellik gösterdiği *in vitro* çalışmalarla gösterilmiştir (Odabaş, 2013). En yüksek antioksidan kapasiteye sahip fenolik asitler kafeik asit, floroglukinol asit, gallik asit ve gentisik asit olarak bildirilmiştir (Acar ve Gökmen, 1998).

Fenolik bileşikler, kanser, kalp damar hastalıkları ve oksidatif stres kaynaklı birçok hastalığa karşı vücudu korumaktadır (Odabaş, 2013). Son çalışmalara göre karbonhidrat polimerleri ve özellikle molekül ağırlığı 1000' den fazla olan polifenoller arasında hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimler sonucu güçlü etkileşimler meydana gelmektedir. Amiloz ve bir polifenol olan tanin arasındaki etkileşim sonucu sindirilemeyen bir kompleks oluşmaktadır. Bu etkileşimin oluşmasında nişastanın su alarak şişmesi ve jelatinizasyona uğramasının büyük önemi bulunmaktadır. Nişastanın insan kalori ihtiyacındaki önemi sebebiyle bu etkileşimin çok önemli olduğu söylenebilir (Amoako ve Awika, 2016a). Fenolik bileşiklerden olan proantosiyanidinlerin ise proteinler ile etkileşimleri söz konusu olmakta ve gluten proteinin fonksiyonel özelliklerini değiştirerek hamurun uzamaya karşı direncini ve uzama kabiliyetini artırabildiği bildirilmiştir (Girard vd, 2016). Fenolik bileşikler nişasta sindirilebilirliği üzerinde etkili olmaktadır. Gıdanın doğal yapısına bağlı olarak nişasta sindirilebilirliği değişmektedir. Bu nedenle nişastanın *in vitro* olarak sindirilebilirliğinin sınıflandırılması beslenme açısından önem kazanmıştır.

Nişasta, sindirilebilirliklerine göre hızlı sindirilen nişasta (HSN), yavaş sindirilen nişasta (YSN) ve enzime dirençli nişasta (DN) olmak üzere üç farklı sınıftan oluşmaktadır (Englyst vd, 1992). Çizelge 1.2' de bazı tahıl türlerindeki nişasta çeşitleri gösterilmiştir (Adeleye vd, 2014).

HSN, amorf ve dispersiyon halindeki nişastadır. Pişirildiği ortamda fazlaca nem bulunan ekmek ve haşlanmış patates gibi gıdalarda yüksek miktarda bulunmaktadır.

Nişastanın bu fraksiyonu standart bir sindirim sisteminde ilk 20 dk içerisinde sindirilen nişasta çeşidi olarak tanımlanmaktadır. HSN, hızlı sindirilebilmesi nedeni ile kan glikozunu ani olarak artırmakta ve buna bağlı olarak insülin miktarını artırmaktadır (Englyst vd, 1992). YSN ise tamamen sindirebilmekte ancak yavaş sindirildiği için kan glikozunda ani artışa neden olmamaktadır. YSN, HSN’ den sonra 100 dk içerisinde sindirilen nişasta fraksiyonu olarak belirtilmektedir. Yapılan *in vivo* alışmalara göre YSN’ nin diyabet kontrolü ve tokluk hissinin sağlanması üzerine olumlu etkileri olduğu görülmüştür (Dona vd, 2010). Gıdalarda fiziksel olarak erişilemeyen durumdaki nişastalar ve retrograde bir halde olan amorf yapıdaki nişastalar bu sınıfta bulunmaktadır. DN ise sindirilmeden kalın bağırsağa ulaşmakta ve bakteriler tarafından fermente edilmektedir (Demirkese, 2013). HSN ve YSN toplamının toplam nişasta miktarından çıkarılması ile DN miktarı belirlenmektedir (Sajilata vd, 2006). Uzun zincirlere sahip yüksek amilozlu mısıır nişastaları dirençli nişasta oluşturmak için çift helezonlar halinde sıralanabilmektedir ve böylece nişasta sindirilebilirliğinin azaldığı ifade edilmektedir (Ashwar vd, 2016). Dirençli nişastalar 5 sınıf altında incelenmektedir;

Çizelge 1.2. Bazı nişasta çeşitlerine ait HSN, YSN, DN ve TN miktarları (%)

Nişasta eşidi	HSN	YSN	DN	TN
Patates nişastası	1.0	2.2	51.4	54.6
Buğday nişastası	6.7	8.8	68.0	83.5
Pirinç nişastası	11.3	13.0	49.3	73.6
Tapyoka nişastası	0.3	7.1	73.6	81.0
Mısıır nişastası	2.6	9.1	71.5	83.2

HSN: Hızlı sindirilen nişasta, YSN: Yavaş sindirilen nişasta, DN: Dirençli nişasta, TN: Toplam nişasta

DN1: Bu tip nişastalarda sindirim enzimleri nişastaya fiziksel olarak erişememektedir. Sebebi ise kısmen ğtlmş tane ve tohumlarda nişasta bir matris içinde sıkışık halde bulunmaktadır. Yemek pişirme işlemlerine genellikle kararlı olduğu için çeşitli konvansiyonel gıdalarda kullanılabilmektedir.

DN2: Bu çeşit ise doğal ve pişmemiş granüllerden oluşmakta ve kristal yapıları nedeniyle enzimatik hidrolize dirençli olmaktadırlar. Jelatinize olmamış nişastalar

kompakt yapılarından dolayı sindirime karşı dirençlidirler. Çiğ patates veya muz nişastaları bu gruptandır.

DN3: Retrogradasyon sırasında polimer zincirleri, hidrojen bağlarının oluşumu ile yeniden birleşerek çift sarmallar meydana getirmekte ve bu nişasta çeşidini oluşturmaktadır.

DN4: Kimyasal olarak modifiye edilmiş nişastadır ve esterifikasyon, eterifikasyon veya çapraz bağlanma gibi modifikasyonlar sonucu oluşmaktadır. Sudaki çözünürlüklerine ve deney protokollerine dayalı olarak alt kategorilere ayrılmıştır. Kimyasal modifikasyonlar enzimlerin erişimini engellemesi ve tipik bağların oluşumuyla nişastanın sindirilmesini engellemektedir.

DN5: Bu nişasta çeşidi ise α -amilaz aktivitesine dirençli amiloz-lipit kompleksinden meydana gelmektedir. Lipit olarak genellikle yağ asitleri rol oynarken bu kompleks nişasta granülünün su alıp şişmesinin zorlaştırmaktadır (Ashwar vd, 2016; Moongnarm vd, 2015; Shukri ve Shi, 2015).

Yavaş sindirilebilir nişasta içeriğini artırmak için uygulanan en yaygın yöntem tavlama modifiye ve hidrotermal modifiye nişasta uygulamalarıdır (Lehmann ve Robin, 2007). Hidroksipropil nişasta, oktenilsüksinil nişasta, çapraz bağlı ve stabilize nişasta gibi bazı modifiye nişastaların enzimatik hidrolizi azalttığı bildirilmiştir (Han ve BeMiller, 2007). Bunun yanında yapılan *in vitro* çalışmalara göre fosfat ile çapraz bağlı modifiye nişastanın sindirilebilirliğinin doğal nişastaya göre bir miktar düşük olduğu, okside nişastanın ise doğal nişasta ile aynı seviyede sindirilebilirliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Sajilata ve Singhal, 2005). Sindirilebilirliğin farklılık göstermesinde ekmeğe uygulanan teknolojik işlemler etkili olmaktadır. Ekşi hamur ekmekleri ise normal ekmeklere göre hem teknolojik hem de besinsel açıdan büyük farklılıklara sahiptir. Ekşi hamur ekmeklerinde antioksidan kapasitenin fazla olduğu, bu ekmeklerin tüketimiyle birlikte glisemik indeksin azaldığı ve mineral absorpsiyonunun arttığı bildirilmiştir (Catzeddu, 2011). İlâveten ekşi hamur ekmeklerinde gluten miktarında azalma olmakta, nişasta sindirilebilirliği azalmakta ve ekmekte aroma, tekstür ve raf ömrü gibi özellikler olumlu etkilenmektedir (Katina vd, 2005). Ekşi hamur ekmeklerinde organik asit oluşumu ile meydana gelen pH düşüşü nedeni ile amilolitik enzimler inhibisyona uğramaktadır ve buna bağlı olarak glisemik

indekste azalma görülmektedir. Dahası organik asitler nişasta-gluten etkileşimlerini artırdığı içim enzimlerin bu substratlara ulaşmasını engellemektedir (Östman vd, 2002). Hamura laktik asit ilavesi ile birlikte ekmek pişirilmesi esnasında oluşan nişasta jelatinizasyonunda gluten-nişasta etkileşimi oluşmakta ve nişastasının sindirimini azalmaktadır. Benzer olarak ekşi hamur ekmeklerinde nişasta sindirilebilirliğinin dirençli nişasta oluşumu ve organik asitler nedeniyle azaldığı bildirilmiştir (Wolter, 2013). Ekşi hamur ekmeklerinde heterofermentatif laktik asit bakterilerince sağlanan asitlik artışı ve glutendeki disülfid bağlarının azalması ile proteaz enzim aktivitesi artmakta ve enzim-substrat kompleksi daha kolay oluşmaktadır (Gänzle vd, 2008). Genel olarak modifikasyon işlemi ile elde edilen nişasta çeşitlerinin sindirilebilirlikleri modifiye edilmemiş nişastalara göre ya aynı ya da bir miktar azalma gösterdiği belirtilmektedir (Mortensen vd, 2017).

Bu çalışmada buğday ununa farklı oranlarda fındık zarı (% 0.0, % 5.0, % 10.0) ve iki çeşit modifiye nişasta (çapraz bağlı nişasta ve okside nişasta) (% 0.0, % 3.0, % 5.0) ilavesinin hamur reolojisi, ekşi hamur ekmek kalitesi ve besinsel özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Ekşi Hamur Ekmeği

Geleneksel yöntem olan Tip I metoduna göre üretilen ekşi hamur ekmeklerinin üretiminin 7 - 8 saat gibi uzun bir zaman almasına karşılık, ürünün işleme toleransının yüksek, üretilen son ürünün daha aromatik, geç bayatlayan, kaliteli ve yüksek hacimli olduğu bildirilmiştir (Ertugay vd, 1991).

Schleining vd (1995) ekmeğin özellikleri üzerine ekşi hamurun etkilerini inceledikleri çalışmalarında % 10, 20 ve 30 oranlarında ekşi hamur ilave ise buğday ekmeği üretmişlerdir. Sonuçta ekmek hacminin % 10 ve % 20 ekşi hamur ilaveleri ile arttığı, % 30 ekşi hamur ilavesi ile ise azaldığını saptamışlardır.

Kotancilar vd (2008) 500 ve 1500 g olmak üzere Vakfikebir ve katkısız direkt yöntemle ekmekler üretmişlerdir. Vakfikebir ekmeğinin katkısız direkt yöntemle üretilen ekmeklere göre daha kalın ve sert kabuğa sahip olduğu, ekmek içi gözeneklerin daha geniş ve daha zengin aromaya sahip olduğunu bildirmişlerdir. İlaveten Vakfikebir ekmeğinin bayatlamasının daha geç ve daha uzun pişirme süresine sahip olduğu belirtilmiştir.

Sorgum ile üretilen ekşi hamurlarda laktik asit fermentasyonu ile birlikte fenolik asitler, fenolik asit esterleri ve flavonoid glikozitlerinin oluştuğu bildirilmiştir. Dahası laktik asit bakterileri tarafından glikozidaz, fenolik asit redüktaz, fenolik asit dekarboksilaz enzimlerinin üretildiği görülmüştür (Svensson vd, 2010).

Omoba vd (2015) yaptıkları bir araştırmada ekşi hamur kullanarak ürettikleri bisküvilerde ekşi hamur kullanımıyla birlikte ekşi hamur kullanılmayan bisküvilere göre % 10 - 17 arasında fitat azalması tespit etmişlerdir Ayrıca fenolik bileşik miktarında azalma olduğunu ancak antioksidan kapasitesinin arttığını gözlemişlerdir.

Baiano vd (2015) arpa unundan elde edilen arpa mayası kullanarak ürettikleri ekmeklerde ortamda şeker bulunması halinde şeker ve glutenin suyu absorbe etmek için rekabet etmesi ve suyun daha fazla absorbe edilmesi nedeniyle hamurun daha sert bir yapı haline geldiği ve böylece hamurda tutulan gaz miktarında artış olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Fenolik Bileşikler ve Besinsel Lifler

Stephen ve Cummings (1980) buğday lifi ve lahananın insanlarda bağırsak üzerine etkilerini araştırmışlardır. Buğday lifi zengin öğün ile beslenen insanların dışkı ağırlığının arttığını ve hidrate olmuş lifin su tutma kapasitesi nedeniyle dışkının su içeriğinde % 48' lik bir artışın meydana geldiğini belirtmişlerdir. Verilen buğday lifinin sadece % 36' sının bakteriler tarafından kullanıldığını ifade etmişlerdir. Besinsel lif olarak lahana kullanıldığında dışkı ağırlığı ve dışkı su içeriğinin aynı şekilde arttığı ancak bu artışın asıl nedeni olarak bakteri faaliyetlerini göstermişlerdir.

Zhou vd (2004) buğday kepeğinde bulunan fenolik asitleri ve buğday kepeğinin besinsel özelliklerini incelemişlerdir. Araştırmaya sonucunda başlıca fenolik asitler olarak ferulik, şirincik, *p*-OH benzoik, vanilik ve kumarik asit rapor edilmiştir. Ferulik asit yaklaşık % 50 ile en yüksek oranda bulunan fenolik asit çeşidi olarak gözlenmiştir.

Tarhananın besinsel nitelikleri üzerine yapılan bir çalışmada buğday rüşeymi ve buğday kepeği % 10, % 25 ve % 50 oranlarında tarhana üretiminde kullanılmıştır. Buğday ununda, buğday rüşeyminde ve buğday kepeğinde toplam fenolik miktarları sırasıyla 0.95, 3.01 ve 1.95 mM GAE/g olarak bildirilmiştir. Antioksidan kapasiteleri ise bu örneklerde sırasıyla 22.98, 9.05 ve 15.98 mM TroloksE/g olarak tespit edilmiştir (Bilgiçli vd, 2006).

Tourino vd (2011) üzüm besinsel liflerinin farelerin bağırsak dokusu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuçta farelerin sindirim sistemlerindeki mikrobiyal aktivite nedeniyle proantosiyaniidinlerin epikateşin birimlerine dönüştüklerini tespit etmişlerdir.

Khalid vd (2017) yaptıkları çalışmada buğday kepeğinde bulunan yağ, ekstrakte edilebilen fenolikler, hidroliz edilebilen fenolikler ve kepek lifini ayrı ayrı ve birlikte olarak hamur formülasyonunda kullanmışlardır. Hamurda kepek komponentleri bulunmaması durumunda gaz üretim gücünü yaklaşık 6.0 psi olarak bildirmişlerdir. Hamurda kepek lifi bulunması halinde 4.3 - 5.0 psi değerlerine düştüğünü tespit etmişlerdir. Bunun sebebi olarak fenolik asitlerin maya aktivitesini inhibisyon etmesine bağlı olarak gaz üretim gücünü azalttığını ifade etmişlerdir.

Başka bir çalışmada ise fenolik bileşiklerce zengin olan hibiskus çiçeği tozunun gaz üretim gücü üzerine etkileri belirlenmiştir. 90 dk sonunda yapılan ölçümlere göre % 0, % 6 ve % 9 oranlarında hibiskus çiçeği tozunun kullanılmasıyla gaz üretim kapasiteleri sırasıyla yaklaşık 3.6, 1.6 ve 0.8 psi olarak belirlenmiştir (Mata-Ramírez vd, 2018).

2.3. Fındık Zarı

Wang vd (2006) yeşil çay ekstraktlarının ekmek üretiminde kullanışlar ve çay kateşinleri nedeniyle glutende yüksek oranda SH gruplarının oluştuğunu ve yetersiz SS gruplarının görüldüğünü ve böylece daha düşük hacimli ve sert yapılı ekmek elde etmişlerdir. Çalışmada ayrıca ekmeklerin daha sıkı olduğu bunun ise sadece düşük hacim nedeniyle değil fenolik bileşiklerce amilaz enzimlerinin inhibe olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Amilaz enzimi eksikliği nedeniyle mayaların maltoz ihtiyacının karşılanamadığı ve bunun da düşük hacim ve yüksek retrogradasyona neden olduğunu belirtmişlerdir.

Anıl (2007) ekmek yapımında 0.50 - 0.85 mm (ince) ve 1.70 - 2.20 mm (kaba) partikül büyüklüğündeki fındık zarlarını yaş ve kuru olmak üzere iki uygulama yaparak ekmek üretiminde kullanmıştır. Fındık zarlarını her bir uygulama ve partikül büyüklüğü için % 5 ve % 10 olmak üzere 2 farklı oranda ilave etmiştir. Farinograf stabilite süresini fındık zarı ilavesiz hamurda 6.90 dk olarak belirlerken ince ve kuru fındık zarı ilave edilen hamurlarda % 5 ve % 10 oranlarında sırasıyla 13.85 ve 23.10 dk olarak tespit etmiştir. Uzamaya karşı direnç değerleri kontrol, % 5 kuru ve ince fındık zarı, % 10 kuru ve ince fındık zarı ilaveli hamurlar için sırasıyla 179, 435 ve 685 BU olarak bildirilirken bu örnekler için uzayabilirlik değerleri 163, 127 ve 86 BU olarak ortaya koyulmuştur.

Shahidi vd (2007)' nın fındık zarındaki fenolik bileşiklerini tayin ettikleri çalışmasında gallik asidin en fazla bulunan fenolik asit olduğunu (387 µg/g ekstrakt) göstermiş ve diğer fenolik asitleri *p*-kumarik asit (231 µg/g ekstrakt), ferulik asit (124 µg/g ekstrakt) ve sinapik asit (124 µg/g ekstrakt) olarak belirtmişlerdir.

Contini vd (2008) kavrulmuş fındık zarında % 80 aseton, % 80 etanol, % 80 metanol kullanarak elde ettikleri ekstraksiyonlarda toplam fenolik bileşik içeriğini sırasıyla ekstraktlarda 466.8 mg GAE/g, 502.3 mg GAE/g, 426.4 mg GAE/g olarak

belirlemişlerdir. Contini vd (2009) ise fındık zarındaki toplam fenolik bileşik içeriğini 743.5 mg GAE/g ekstrakt olarak bulurken Contini vd (2012) 680.3 mg GAE/g ekstrakt olarak tespit etmişlerdir. Shahidi vd (2007) % 80 etanol ile ekstrakte ettikleri fındık zarında toplam fenolik bileşik içeriğini 578 mg KateşinE/g ekstrakt olarak ifade etmişlerdir.

Alasalvar vd (2009) fındık zarı fenolik madde içeriği ve antioksidan özelliklerini belirlemek için aseton ve metanol ile ayrı ayrı ekstraksiyon yapmışlardır. Aseton ve metanol ile elde edilen ekstraktların toplam fenolik miktarları sırasıyla 686 ve 701 mg KateşinE/ g ekstrakt olarak bildirilirken antioksidan kapasiteleri sırasıyla 6.33 ve 6.36 mM Troloks/ g ekstrakt olarak saptanmıştır.

Del Rio vd (2011) fındık zarında bulunan polifenolik bileşiklerin % 95'den fazla oranda monomerik ve oligomerik flavon-3-ol'lerden oluştuğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada flavonol ve dihidrokalkonların oranı % 3.5 olarak ifade edilirken fenolik asit miktarının % 1'den az olduğu belirtilmiştir. En fazla bulunan fenolik bileşiğin olduğu 181 mg/100g ile bir monomer olan (+)-kateşin olduğu gösterilmiştir.

Arpa unu ile üretilen spagetti örneklerinde biyoaktif bileşenlerinin belirlendiği bir çalışmada vital gluten ilavesi nedeniyle fenolik bileşiklerin gluten matrisi içerisinde bloke olduğu ancak pişirme işlemi sonrası bu bileşiklerin bir miktar serbest kaldığı gözlenmiştir (Verardo vd, 2011).

Sun-Waterhouse vd (2011) frenk üzümü, elma, kivi ve yüksek metoksil (CH₃O) içeren pektin ilavesinin ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen hamurlarda yoğurma esnasında ortamda antioksidan özellik taşıyan bileşiklerin varlığı nedeniyle gluten yapısının etkilenecek ekmekte tekstürel yapının değiştiğini gözlemişlerdir. Buna göre frenk üzümü ekstraktı, elma ekstraktı ve kivi ekstraktı içeren ekmeklerde sertlik değerlerini sırasıyla 0.34, 0.77 ve 0.30 kgf olarak bildirmişlerdir.

Özyurt (2013) fındık zarında farklı ekstraksiyon yöntemleriyle değişen fenolik bileşik içeriklerini incelemiştir. Fındık zarında klasik ekstraksiyon yöntemi uygulandığında toplam fenolik içeriği 1413.32 mg GAE/g ve besinsel lif oranını % 73.47 olarak belirlemiştir. Çözünabilir besinsel lif içeriğini % 22.52 olarak belirtilirken çözünmeyen besinsel lif içeriğini % 45.62 olarak tespit etmiştir. HPLC ile belirlenen

fenolik bileşik içeriğine göre en fazla şiringik ve kafeik asit bulunurken iz miktarda ferulik asit bulunduğunu ifade etmiştir.

Montella vd (2013) fındık zarı biyoaktif bileşenlerini ve bu bileşenlerin bazı *Lactobacillus* türleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Buna göre fındık zarında toplam azot, protein, yağ, nem, kül, toplam besinsel lif, çözünür besinsel lif ve çözünmeyen besinsel lif içeriğini sırasıyla % 1.30, % 8.01, % 21.2, % 7.67, % 4.50, % 58.3, % 3.33, % 52.7 olarak tespit etmişlerdir.

Girard vd (2016) yüksek ve düşük molekül ağırlıklı (MA) proantosiyandinlerin gluten üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Yüksek MA proantosiyandin olarak sorgum proantosiyandinlerini (% 93 polimerizasyon), düşük MA olarak ise üzüm çekirdeği proantosiyandinlerini (% 45 polimerizasyon) kullanmışlardır. Sonuç olarak sorgum kullanımıyla glutenin esnekliğinin azalmamasına rağmen gluten yapısının üzüm kullanımına göre daha güçlü olduğunu belirtmişlerdir. Sorgum proantosiyandinlerinin çözünemeyen polimerik protein miktarını 2 kat, yoğurulma süresini % 75 oranında ve hamur elastikiyetini % 82 oranında artırdığını bildirmişlerdir. Üzüm çekirdeği proantosiyandinlerinin ise çözünemeyen polimerik protein miktarını % 75 ve elastikiyeti % 36 oranında artırdığı görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada buğday ununa undan eksiltmek suretiyle % 4, 6, 8 ve 10 oranlarında fındık zarı kullanılarak un karışımları hazırlanmıştır bu unların ekmek, kurabiye ve kek üretimlerinde kullanmışlardır. Unlara ait farinograf ölçümlerine göre su tutma kapasitesinin fındık zarı oranı arttıkça % 61.8' den % 67.1' e çıktığı, gelişme zamanının 4.3 dk' den 10.7 dk' ye, stabilitenin 8.2 dk' den 17.2 dk' ye ve yumuşama derecesinin 71 FU' dan 527 FU' ya yükseldiği ifade edilmiştir. Ekstensograf ölçümlerine göre uzamaya karşı direncin fındık zarı oranı arttıkça arttığı, uzama kabiliyetinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu un karışımlarından ekmekler üretilmiş ve fındık zarı içermeyen ekmekte toplam fenolik miktarı 2.06 GAE/g olarak bulunurken % 10 fındık zarı içeren ekmekte 19.43 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir (Velioğlu vd, 2017).

2.4. Modifiye Nişasta ve Sindirilebilirlik

Kimyasal olarak asetillendirilmiş ve β -siklodekstrin patates nişastası ilave edilmiş pudinglerin 11 sağlıklı erkek birey tarafından tüketilmesine dayalı yapılan bir

araştırmada her iki kimyasal modifikasyon çeşidi ile bireylerde kan glikoz seviyelerinin azaldığı, gastrik boşalmanın ise geciktiğı belirlenmiştir (Raben vd, 1997).

Bravo vd (1998) İspanya’da tüketilen bazı hububat ürünlerinin sindirilebilirliklerini *in vitro* olarak incelemişlerdir. Araştırma sonunda nişasta sindirilebilirlik değerlerinin kepekli İspanyol baget ekmeği için ise % 82.73, beyaz ekmek için % 97.13 seviyesinde olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı örneklerin hızlı sindirilebilir nişasta miktarlarının ise sırasıyla % 57.53 ve % 49.53 olduğunu göstermişlerdir.

Bazı tahıllardaki hidroliz edilebilir fenolik bileşik miktarına incelenmiş ve toplam fenolik madde üzerinden mısırdan % 85, buğdayda % 76, pirinçte % 62 ve yulafta % 75 hidroliz edilebilir fenolik bileşik olduğu bildirilmiştir (Liu, 2007; Miller vd, 2000). Miller vd (2000)’ nın yaptığı bir çalışmada ise, DPPH serbest radikali kullanarak yaygın olarak tüketilen meyve, sebze ve tahılların antioksidan kapasiteleri incelenmiştir. Tahılların ortalama antioksidan kapasitesinin birçok meyve ve sebzeye eř ya da daha fazla olduğu bildirilmiş, bunun çeşit, proses koşulları ve mevsim gibi faktörlerle değişebileceği belirtilmiştir.

Ao vd (2007) nişastanın amilopektin fraksiyonunda bulunan dallanmış yapının yoğunluğu ve yapısının nişastanın sindirilebilirliği üzerine etkilerini incelemişlerdir. β -amilaz, β -amilaz-transglikozidaz, maltojenik α -amilaz, maltojenik α -amilaz-transglikozidaz olmak üzere 4 farklı enzim uygulaması ile modifiye edilen nişasta örnekleri üzerine *in vitro* sindirilebilirlik denemeleri yapmışlar ve hızlı sindirilebilir nişastanın sırasıyla % 14.5, % 29.0, % 19.8, ve % 31.0 oranlarında azaldığını, yavaş sindirilebilir nişastanın ise sırasıyla % 9.0, % 19.7, % 5.7 ve % 11.0 oranlarında artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Dirençli nişastanın ise % 5.1 ile % 13.5 arasında değişen oranlarda artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

De Angelis vd (2007) yaptıkları çalışmada yulaf lifinin ekşi hamur ekmeğinde kullanarak insanlarda glisemik indeks değerlerindeki değişimi incelemişlerdir. Glisemik indeks değerlerinin belirlenmesi amacıyla anhidrit glikoz şekerinin referans olarak kabul etmişlerdir (GI:100). Buna göre buğday unu içeren ekmeklerde glisemik

indeks değeri 72 bulunurken yulaf lifi içeren ekşi hamur ekmeğinde 53 olarak saptanmıştır.

Chung vd (2008) doğal mısır nişastası ve doğal mısır nişastasının bazı modifikasyonları sonucu elde edilen ürünlerinin *in vitro* sindirilebilirlik üzerine etkileri kıyaslamışlardır. Bu amaçla doğal mısır nişastasından elde edilen okside nişasta, asetillendirilmiş nişasta, hidroksipropile nişasta ve çapraz bağlı modifiye nişasta örnekleri kullanılmıştır. Nişasta örneklerinde jelatinizasyon gerçekleşinceye kadar doğal mısır nişastasında enzimatik hidrolizin modifiye nişastalara göre daha hızlı gerçekleştiği ancak, jelatinizasyondan sonra tersine bir durum görüldüğü belirtilmiştir. Jelatinizasyondan önce dirençli nişasta miktarları doğal mısır nişastası, asetillendirilmiş, okside, hidroksipropile ve çapraz bağlı modifiye nişasta örneklerinde sırasıyla % 11.9, % 23.4, % 35.1, % 34.2 ve % 13.9 olarak tespit edilmiştir. Yavaş sindirilebilir nişasta miktarının nişasta modifikasyonu nedeniyle dirençli nişasta içeriği arttıkça azaldığı ve bunun da yavaş sindirilebilir nişastanın bir kısmının dirençli nişastaya dönüşmesi sebebiyle görüldüğü ifade edilmiştir. Bütün modifiye nişasta çeşitlerinde jelatinizasyondan sonra hidrolizin hızla gerçekleştiği ve 20 dk sonunda maksimum seviyesine ulaştığı belirtilmiştir. Hidroksipropile nişastanın en düşük tahmini glisemik indeks değerlerine sahip olduğu, çapraz bağlı nişasta ve doğal nişasta için ise tahmini glisemik indeks değerlerinin benzer olduğu ifade edilmiştir. Hidroksipropile, okside ve asetillendirilmiş nişasta çeşitlerinin nişasta sindirilebilirliğini azalttığı ve dirençli nişasta içeriğini artırdığı belirtilmiştir.

Wu vd (2009) çayda bulunan polifenollerin pirinç nişastası üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada çay polifenollerinin ilavesi ile nişastalara ait jelatinizasyon sıcaklığının ve ihtiyaç duyulan entalpinin azaldığı gözlemlenmiştir. Pirinç nişastasındaki retrogradasyonun çay polifenollerini ile önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir.

Chung vd (2010) tarafından yapılan çalışmaya göre waxy mısır nişastasında HSN, YSN ve DN oranları sırasıyla % 32.8, % 53.1 ve % 14.1 olarak belirlenirken bu nişastanın sodyum trimetafosfat/sodyum tripolifosfat ile çapraz bağlı olarak modifikasyonu ile HSN, YSN ve DN değerleri değişerek sırasıyla % 19.1, % 24.8 ve % 56.1 olarak tespit edilmiştir.

Yu ve Huang (2010) kurkumin polifenolünün hidrofobik modifiye nişasta ile enkapsüle edilmesi ile suda çözünürlüğünün 1670 kat arttığını belirlemişlerdir. Buna göre kurkumin ile hidrofobik modifiye nişasta arasında yüksek oranda hidrofobik etkileşim olduğu sonucuna varmışlardır. İlâveten enkapsüle kurkuminin serbest kurkumine göre daha fazla *in vitro* antikanserojen özelliğe sahip olduğunu ifade etmişlerdir.

Barros vd (2014) yüksek proantosiyenin içeren sorgum tahılı üzerine yaptıkları çalışmada yüksek molekül ağırlıklı proantosiyeninlerin amiloz ile bağlanma oranının % 94 olduğunu daha düşük molekül ağırlıklı proantosiyeninler için bu oranın % 45 olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan söz konusu bağlar nedeniyle dirençli nişasta oluşumu gözlenmiştir. Amiloz içeriğinin artmasıyla yüksek molekül ağırlıklı dirençli nişasta oluşumunun daha fazla görüldüğünü ifade etmişlerdir. Amilopektinin ise proantosiyenidiner ile kompleksler oluşturmadığı ancak dallı yapının bozulması halinde sindirilemeyen komplekslerin oluşabileceğini belirtilmişlerdir.

Wolter vd (2014) yaptıkları çalışmada *Lactobacillus plantarum* kullanarak glutensiz ekşi hamur ekmekleri üretmişler ve bu amaçla karabuğday, kinoa, sorgum, tef unları ve kontrol olarak buğday unu kullanmışlardır. Bu ekmeklerde tahmini glisemik indeks değerleri hesaplanmış ve buğday unu ekşi hamur ekmeği 76 olarak referans kabul edilerek karabuğday, kinoa, sorgum, tef ekmekleri glisemik indeks değerleri sırasıyla 86, 103, 69 ve 68 olarak tespit edilmiştir.

Mavi meksika mısırları üzerinde yapılan bir çalışmada 7 farklı antosiyanin çeşidi belirlenmiş ve bunlar içinde en yüksek orana siyanidin-3-(6"-maloniglikozit)' in sahip olduğu bildirilmiştir. Antosiyanin ekstraktlarının nişastaya göre % 75 oranında ilave edilmesi ile hazırlanan örneklerde *in vitro* testleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre hızlı sindirilebilir nişasta oranının ekstrakt ilavesi ile azaldığı, dirençli nişasta oranını ise doğal nişasta varlığında 1.17 kat, jelatinize nişasta varlığında ise 2.02 kat artırdığı tespit edilmiştir (Camelo-Mendez vd, 2016).

Swieca vd (2014) buğday unu ile yaptıkları ekmeklerde yüksek fenolik içeriğine sahip kinoa yaprakları ilavesi ile sindirilebilirliğin yaprak oranına bağlı olarak orantılı bir şekilde azaldığını belirlemişlerdir. Serbest amino gruplarının azaldığını ve fenolikler ile proteinler arasında interaksiyon görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Bai vd (2014) tam sorgum unu ile yapılan ekşi hamurlarda deoksiantosiyanidinlerin fermentasyonla meydana gelen değişimleri üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak ekşi hamurda hidroksisinamik asidin mikrobiyal aktiviteyle dekarboksile olması sonucu bazı bileşikler oluşmuştur ürünlerin apigeninidin ve metoksiapigeninidini, pirano-3-deoksiantosiyanidin ve vinilfenole dönüştürdüklerini tespit etmişlerdir.

Dunn vd (2015) ise sorgum kepeği kullanarak ürettikleri tortilla örneklerinde yüksek proantosiyanidin içeriği nedeniyle yavaş sindirilen nişasta miktarının arttığını, hızlı sindirilen nişasta miktarının ise azaldığını gözlemişlerdir. Hamur yoğurma esnasında tanin ile glutenin etkileşim halinde olduğunu ve bu etkileşimin tanin-nişasta etkileşimini azalttığını ancak yine de nişastanın sindirilebilirliğinin azaldığını belirtmişlerdir.

Amoako ve Awika (2016b) sorgum tahılından % 30 etil alkol çözeltisiyle ekstrakte ettikleri taninin, mısır nişastasası ve mumsu mısır nişastasası üzerine etkilerini incelemişlerdir. Taninin normal mısır nişastanın kristalize olmasını, jelatinizasyon başlangıç sıcaklığını ve yavaş sindirilebilir nişasta miktarını önemli ölçüde artırdığını, mumsu nişasta için ise bu durumun söz konusunu olmadığı ifade etmişlerdir. Her iki nişasta için de taninin dirençli nişasta miktarını 2 kat artırdığı belirlemişlerdir. % 50 etil alkol çözeltisi ile ekstrakte edilen taninin her iki nişasta ile etkileşimleri sonucu nişastaların çiğ patates nişastasına (DN>% 90) benzer özellikler taşıdığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Ekmek üretiminde ABD’ de bulunan North Dakota Mill firmasından temin edilen ekmeklik buğday unu kullanılmıştır. Üretimde saf su, sofr tuzu (NaCl) ve sofr şekeri (Sakkaroz) kullanılmış ve fındık zarı (*Corylus avellana L.*) Ordu’ daki bir fındık fabrikasından, shortening J.M. Smucker (Ohio, ABD) firmasından, instant kuru maya ise (*Saccharomyces cerevisiae*) Lallemand Inc. (Montreal, Kanada) firmasından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan modifiye nişastalar mısır nişastasından modifiye edilmiştir ve sodyum trimetafosfat ($\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_9$) ile modifiye edilmiş çapraz bağı nişasta (E 1413) ve sodyum hipoklorit (NaClO) ile modifiye edilmiş okside modifiye nişasta (E 1404) Pendik Nişasta (İstanbul) firmasından temin edilmiştir. Ekmek üretiminde iki adet starter kültür kullanılmıştır. *Lactobacillus helveticus* + *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* (LH 100) Danisco (Kopenhag, Danimarka) ve *Lactobacillus plantarum* (SM 199) Chr. Hansen (Hoersholm, Danimarka) firmalarından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan fındık zarı öğütölmüş ve elenerek 0.50 - 0.85 mm aralığındaki partiküller kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme planı

Çalışmada 3 farklı oranda fındık zarı (un üzerinden % 0.0, % 5.0 ve % 10.0) un miktarından eksiltmek suretiyle ilave edilmiştir. Her bir fındık zarı oranı için 2 çeşit modifiye nişasta (MN) (çapraz bağı ve okside nişasta) 3 farklı oranda (un üzerinden % 0.0, % 3.0 ve % 5.0) una ilave edilmiştir. Deneme 2x3x3 faktöriyel düzene bağı deneme planına göre 3 tekerrürlü olarak yürütölmüştür (Çizelge 3.1).

3.2.2. Ekşi hamur ekmeğı üretimi

Antifungal LAB suşları MRS broth’a % 1 inoküle edilerek 30 °C’ de 16 saat inkübe edilmiştir. 4500 rpm’ de 10 dakika santriföjlenerek elde edilen hücreler iki kez yıkanmış ve steril serum fizyolojik su ile yeniden süspanse (9 log KOB/mL) edilmiştir. Daha sonra 1500 g un, 30 g şekeri, ve 900 mL saf sudan oluş an hamura 10^7 KOB/g olacak şekilde hazırlanmış LAB süspanسیونundan inoküle edilmiştir. 30 °C’ de 16

saat fermantasyona tabi tutularak elde edilen ekşi hamur, ekmek hamuru üretiminde un üzerinden % 30 ilave edilerek kullanılmıştır (Gerez vd, 2009).

Çizelge 3.1. Ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanılan deneme planı

Fındık Zarı Oranı (%)	Modifiye Nişasta Çeşidi	Modifiye Nişasta Oranı (%)
0	Çapraz Bağlı Nişasta	0
		3
		5
	Okside Nişasta	0
		3
		5
5	Çapraz Bağlı Nişasta	0
		3
		5
	Okside Nişasta	0
		3
		5
10	Çapraz Bağlı Nişasta	0
		3
		5
	Okside Nişasta	0
		3
		5

Çizelge 3.2’ de gösterilen bileşenler kullanılarak hazırlanan örnekler hamur yoğurucu (Model C-100, Hobart, Ohio, ABD) ile farinograf gelişme süreleri dikkate alınarak en uygun hamur gelişmesi elde edilinceye kadar yoğurulmuştur. Daha sonra 30 °C’ de 50 dk kitle fermantasyonuna bırakılan hamurlar 160’ ar g bölünerek yuvarlak yapılmış ve 30 °C’ de 10 dk ara fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonrasında hamur önce 0.8 cm daha sonra 0.48 cm kalınlıkta açılmış ve el ile şekil verilerek pişirme kaplarına koyulmuştur. Son fermantasyon için 30 °C’ de 150 dk süre ile % 90 nispi nemde bırakılan hamurlar fırında 210 °C’ de 25 dk pişirilmiştir. Fırından çıkarılan ekmekler 1 saat boyunca soğumaya bırakılmıştır. Analizlerde kullanmak üzere örnekler dilimlere ayrılmış ve 18 saat oda sıcaklığında bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan örnekler öğütülerek toz haline getirildikten sonra gerekli analizler için -18 °C’ de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.2. Ekşi hamur ekmeği üretiminde kullanılan malzemeler ve kullanım oranları

Bileşenler	Oran (%)
Un	70
Ekşi hamur	30
Su	61
Fındık zarı	0-5-10
Tuz	1.5
Modifiye nişasta	0-3-5
Şeker	1.0
Kurumaya	0.5
Shortening	1.0

3.2.3. Nem

Örneklere ait nem içerikleri AACC 44-15.02 metodu uygulanarak belirlenmiştir. Kurutma kapları etüv içerisinde 105 °C’ de 1 saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. 3 g örnek kurutma kabına tartıldıktan sonra etüvde 105 °C’ de 2 saat kurumaya bırakılmıştır. % nem miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (AACC, 2010).

$$\% \text{ Nem} = 100 - [(m_2 - m_1) / m \times 100]$$

m_2 = Kurutma sonrası kurutma kabı + örnek ağırlığı, g

m_1 = Sabit tartıma getirilen kurutma kabının ağırlığı, g

m = Örnek miktarı, g

3.2.4. Kül

Kül tayini için AACC 08-01.01 metodu kullanılmıştır. Buna göre kül tayini yapılacak örnekten 3 - 5 g porselen krozeye tartılmış ve 590 ± 10 °C’ deki kül fırınında sabit tartıma gelinceye kadar yakma işlemi uygulanmıştır. Krozeler desikatörde soğutulmuş ve tartılarak % kül miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AACC, 2010)

$$\% \text{ Kül} = [(m_2 - m_1) / m] \times 100$$

m_2 = Yakmadan sonraki kroze + kül ağırlığı, g

m_1 = Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı, g

m = Örnek miktarı, g

3.2.5. pH ve Toplam asitlik

Hamur ve ekmek örnekleri için AACC 02-52.01 yöntemine göre pH değerleri ve AACC 02-31.01 yöntemine göre ise toplam asitlik değerleri belirlenmiştir. Hamur örneklerinden fırında pişirilmeden hemen önce örnek alınarak pH ve asitlik ölçümü yapılmıştır. Ekmekteki ölçümler için toz haline getirilen örnekler kullanılmıştır. pH değerinin belirlenmesinde, 10 g ekmek veya hamur örneği 100 mL distile su içinde homojenize edilmiştir. Daha sonra pH metre (VWR, Symphony SB70B, New York, ABD) ile pH değeri ölçülmüştür. Hamur ve ekmek örnekleri için asitlik derecesi % toplam asitlik cinsinden hesaplanmıştır. Buna göre 10 g örnek tartılarak bir behere koyulmuştur ve 100 mL distile su ilave edilerek homojenize edilmiştir. Çözeltiler filtre kağıdı ile süzülerek 25 mL bir erlene aktarılmış ve 0.1 N NaOH çözeltisi ile % 1' lik fenolftalein indikatörü eşliğinde titrasyon yapılmıştır. Asitlik derecesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (AACC, 2010).

$$\% \text{ Toplam Asitlik} = \frac{0.1 \times V}{m} \times 100$$

V = Sarfiyat, mL

m = Örnek miktarı, g

3.2.6. Protein

Un, fındık zarı, modifiye nişasta ve ekmeklerdeki protein miktarları AACC 46-30.01 metodunda açıklandığı üzere Dumas yöntemine göre nitrojen analiz cihazında (LECO FP628, Michigan, ABD) tayin edilmiştir (AACC, 2010).

3.2.7. Yağ

Yağ miktarı AOCS Ba 3-38 yöntemine göre soxhelet ekstraksiyon cihazında (Glas-Col, Combo Mantles, ABD) solvent olarak hekzan ile 130 °C' de 16 saat ekstraksiyon yapılarak tayin edilmiştir (AOCS, 1998).

3.2.8. Renk

Renk ölçüm cihazı (Minolta, CR-410, Osaka, Japonya) kullanılarak sırasıyla parlaklık, kırmızılık-yeşillik ve sarılık-mavilik; L^* (100=beyaz; 0=siyah), a^* (+, kırmızı; -, yeşil) ve b^* (+, sarı; -, mavi) değerleri belirlenmiştir.

3.2.9. Fenolik bileşik tayini

Fındık zarının fenolik içeriğinin belirlenmesi amacıyla öncelikle 1.0 g öğütülmüş fındık zarı örneğine 30 mL saf su eklenmiş ve ultrasonik su banyosunda 60 °C' de 35 dk süreyle ekstraksiyon yapılmıştır. Daha sonra ekstrakt filtre edilmiş ve liyofilizatörde (Virtis Co., Inc., Newyork, ABD) kurutulmuştur. Elde edilen ekstrakta Hilbig vd (2018)' e göre hidroliz işlemi yapılmıştır. Buna göre 150 mg kuru fındık zarı ekstraktına 12 mL 2 M HCl eklenmiş ve 2 saat 80 °C' de bekletilmiştir. Çözelti soğutulduktan sonra NaOH ile pH 2' ye ayarlanmış ve sonrasında 18 mL etil eter kullanılarak 3 defa ekstraksiyon yapılmıştır. Çözeltideki solvent rotary evaporatör ile uzaklaştırıldıktan sonra liyofilizatörde kurutma işlemi yapılmıştır. Sonrasında ekstrakt 1 mL metanolde çözündürülmüş ve 0.45 µm filtreden geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Fenolik bileşiklerin kromatografik ayrımı diyod dizini dedektör (Diode Array Dedector, DAD) ve Supelcosil LC-18 (25 cm x 4 mm, 5 µm) ayırma kolonunda HPLC (Agilent 1200, ABD) kullanılarak 20 °C' de gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak % 1 sulu asetik asit ve metanol kullanılmıştır. Enjeksiyon hacmi 50 µL ve mobil faz akış hızı 1 mL/dk olarak kullanılmıştır. Kromatogramlar 254 nm, 278 nm ve 300 nm olmak üzere 3 farklı dalga boyunda belirlenmiştir.

3.2.10. Yaş gluten ve Gluten indeksi

Yaş gluten ve gluten indeksi değerleri AACC 38-12.02 metoduna göre belirlenmiştir. 10 g un örneği % 2' lik NaCl çözeltisi ile gluten yıkama cihazında (Glutomatic, 2200 S, Perten, İsveç) yıkanmış ve elde edilen yaş gluten tartılarak kaydedilmiştir. Daha sonra yaş gluten santrifüjlenmiş ve elekten geçmeyen kısım % gluten indeksi olarak hesaplanmıştır (AACC, 2010).

3.2.11. Sedimentasyon ve Gecikmeli sedimentasyon

AACC 56-60.01 yönteminde belirtildiği üzere 3.2 g un numunesi 100 mL' lik cam mezüre tartılarak üzerine 50 mL brom fenol çözeltisi ilave edilmiş, 5 sn elde

çalkalandıktan sonra cihaza yerleştirilerek 5 dk daha çalkalanmıştır. Üzerine 25 mL laktik asit çözeltisi ilave edilerek 5 dk çalkalanmış ve sedimentasyon tüpü düz bir zemin üzerinde 5 dk bekletilerek çökeltme değeri mL olarak okunmuştur. Gecikmeli sedimentasyon tayininde ise 25 mL laktik asit çözeltisi ilavesinden önce 2 saat bekletilmiş ve sonrasında laktik asit çözeltisi ilave edilerek diğer işlemler tekrar edilmiştir (AACC, 2010).

3.2.12. Düşme sayısı

Düşme sayısının belirlenmesinde AACC 56-81.03 yöntemi kullanılmıştır. Tüp içerisine 7 g örnek konduktan sonra ağzı kauçuk tıpayla kapatılarak 20 - 30 kez kuvvetlice çalkalanmıştır. Tüp karıştırıcı ile düşme sayısı cihazına (FIX 1900, Perten, İsveç) yerleştirildikten 5 sn sonra karıştırma işlemi başlatılmış ve 60 sn karıştırıldıktan sonra karıştırıcı en üst noktada serbest kalarak yavaş yavaş süspansiyon içerisine batmaya başlamıştır. Karıştırıcının batması için gereken süre düşme sayısı (saniye) olarak belirlenmiştir (AACC, 2010).

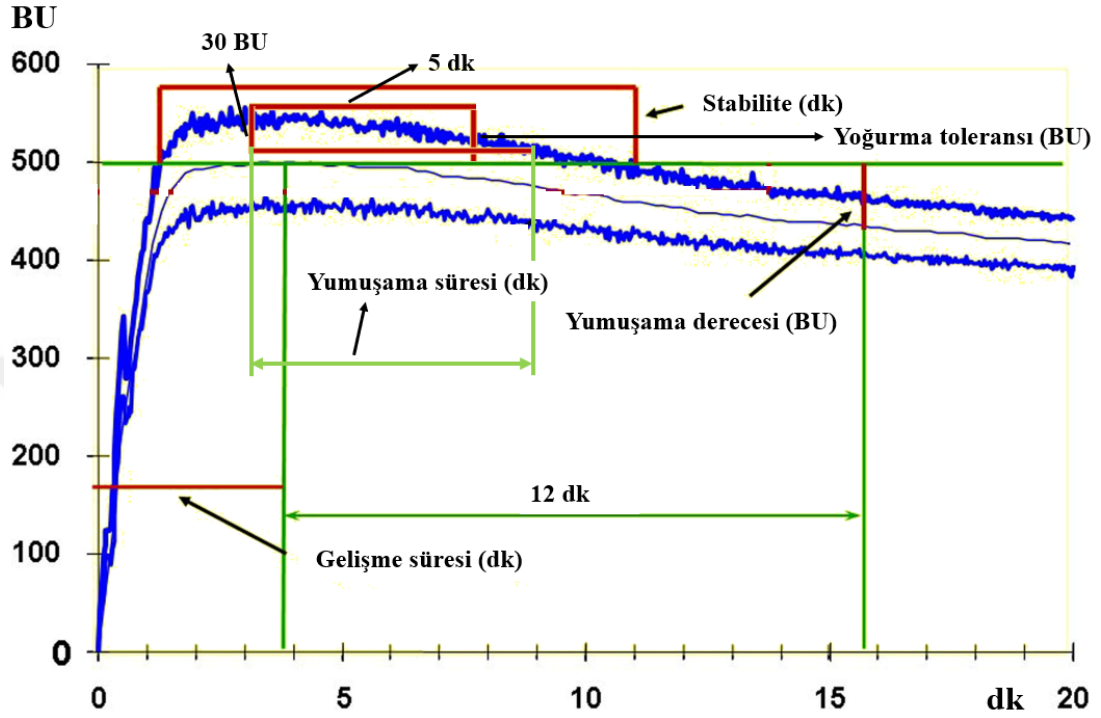
3.2.13. Farinograf

Farinograf ölçümleri bütün un karışımlarında yapılmış olup 50 g yoğurma hazneli farinograf cihazı (Brabender Instruments, Farinograph-E, Almanya) kullanılarak AACC 54-21.02 yöntemine göre yapılmıştır. Cihaz 30 °C sıcaklığa geldikten sonra % 14 rutubet esasına göre 50 g un tartılıp hazneye koyulmuş ve 500 BU (Brabender Unit) çizgisine ulaşıncaya kadar hazneye su verilmiştir. 20 dk boyunca hamur yoğurulmaya devam edilmiş ve süre sonunda oluşan grafik üzerinde su absorpsiyonu (%), gelişme süresi (dk), stabilite (dk), yumuşama derecesi (BU), yoğurma toleransı (BU) ve yumuşama süresi (dk) değerleri belirlenmiştir (AACC, 2010).

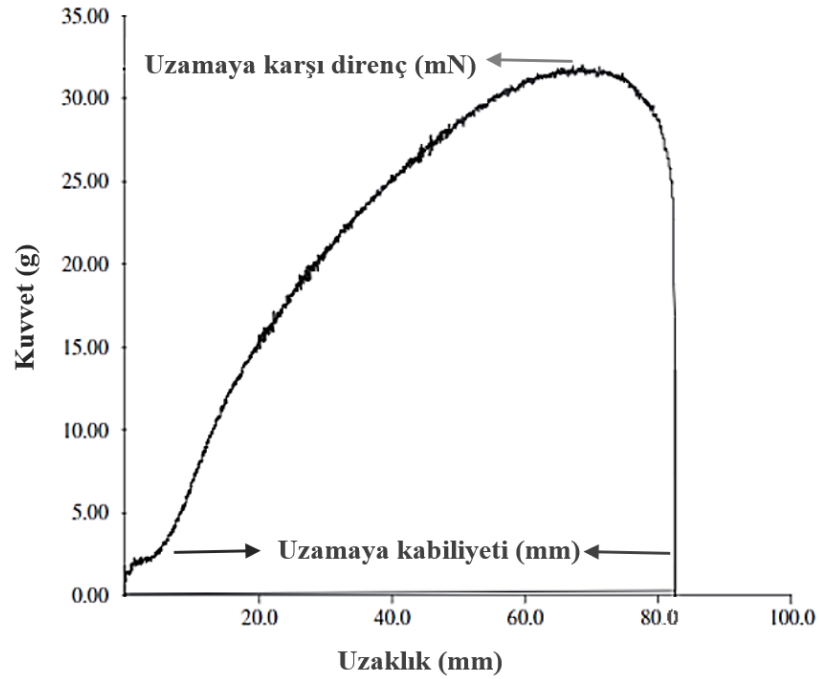
3.2.14. Mikroekstensograf

Uzamaya karşı direnç (mN) ve uzama kabiliyeti (mm) değerleri Kieffer yönteminde belirtildiği üzere ekstensograf testinin modifiye edilmesiyle tekstürel analiz cihazı (Stable Micro System, TA-XT2İ, Surrey, İngiltere) kullanılarak tayin edilmiştir. Her bir örnek için farinograf su absorpsiyonu değerlerinden % 2 daha az su ilavesi ve % 2 oranında tuz ilave edilerek hamur yapılmıştır. Daha sonra kieffer düzeneğine (Kieffer dough and gluten extensibility rig - A/KITE) yerleştirilen hamur örneği 45 dk

bekletildikten sonra ölçümler yapılarak uzamaya karşı direnç (mN) ve uzama kabiliyeti (mm) değerleri belirlenmiştir (Kieffer vd, 1998). Şekil 3.2’ de Kieffer metodu ile elde edilen tipik bir ekstensograf eğrisi gösterilmiştir (Dobraszczyk ve Salmanowicz, 2008).



Şekil 3.1. Farinograf eğrisi



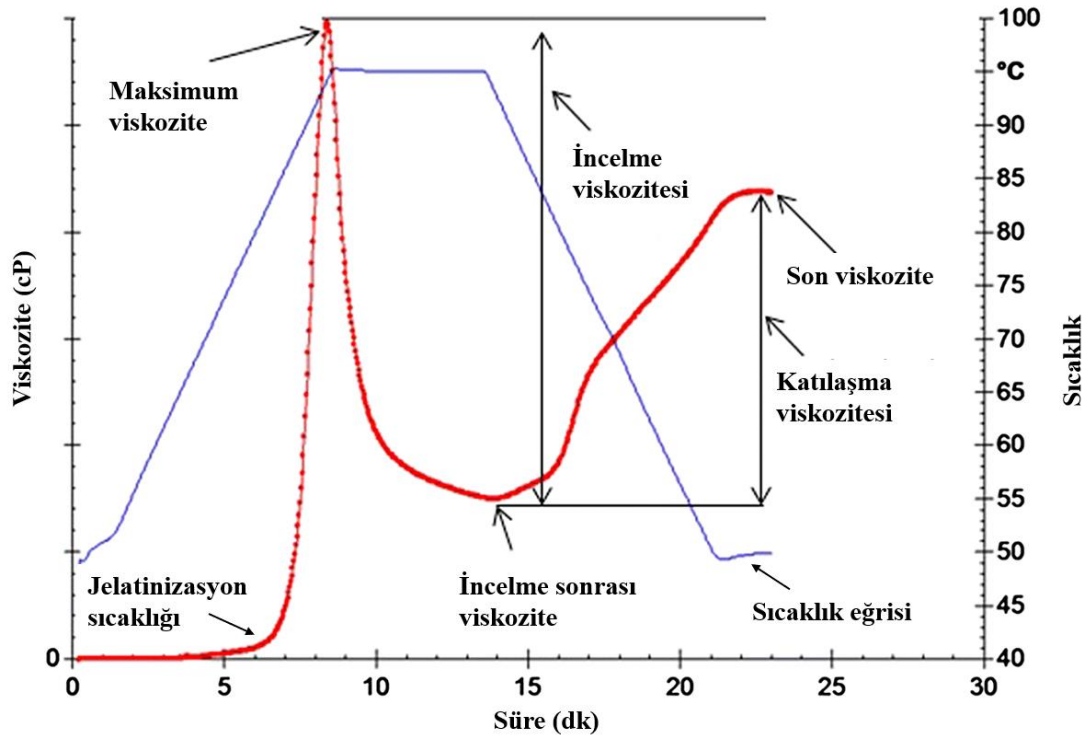
Şekil 3.2. Kieffer metodu ile ekstensograf eğrisi

3.2.15. Gaz üretim gücü

Gaz üretim gücünün belirlenmesinde AACC 89-01.01 metodu ANKOM^{RF} Gaz Üretim Sistemi (Ankom Technology, New York, ABD) için modifiye edilerek kullanılmıştır. AACC 10-09.01 metoduna göre hazırlanan hamur örneği 50 g olarak tartılmış ve yuvarlak şekil verildikten sonra 500 mL cam şişeye koyulmuştur. 30 °C’ de 90 dk boyunca fermantasyona bırakılan örneklerin süre sonunda basınç değerleri g/cm² olarak ölçülmüştür (AACC, 2010; Khalid vd, 2017).

3.2.16. Nişasta çirilenme özellikleri

Nişasta çirilenme özelliklerinin belirlenmesinde mikro visko amilograf cihazı (RVA 4500, Perten, İsveç) kullanılmıştır. % 14 nem esasına göre 3.5 g örnek tartılarak üzerine 25 mL saf su ilave edilmiştir. Nişasta süspansiyonu 50 °C’ de 1 dk bekletilmiş, 6 °C/dk’ de 95 °C’ ye ısıtılmış ve 95 °C’ de 5 dk tutulmuştur. Daha sonra 6 °C/dk hızda 50 °C’ ye soğutulmuş ve bu sıcaklıkta 2 dk bekletilmiştir. Spindle hızı ilk 10 sn 900 rpm daha sonra 260 rpm olarak kullanılmıştır (Hughes vd, 2009). Şekil 3.3’ de nişastanın çirilenmesine ait tipik bir eğri gösterilmiştir (Bashir ve Aggarwal, 2019).



Şekil 3.3. Nişastanın çirilenme profil eğrisi

3.2.17. Hacim ve spesifik hacim

Ekmek hacimleri AACC 10-05.01 yönteminde açıklandığı üzere kolza tohumu yer değiştirme esasına göre belirlenmiştir. Spesifik ekmek hacmi ise ekmek hacminin ağırlığına oranı olarak hesaplanmıştır (AACC, 2010).

3.2.18. Ekmek içi özellikleri (C-Cell)

Ekmek dilimleme makinasında 1.25 cm genişliğinde kesilen ekmek dilimleri C-Cell dijital imaj cihazı (Calibre Control Intl. Ltd., Warrington, İngiltere) kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılmış ve elde edilen imajlar C-Cell 2.0 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3.2.19. Dokusal (tekstürel) özellikler

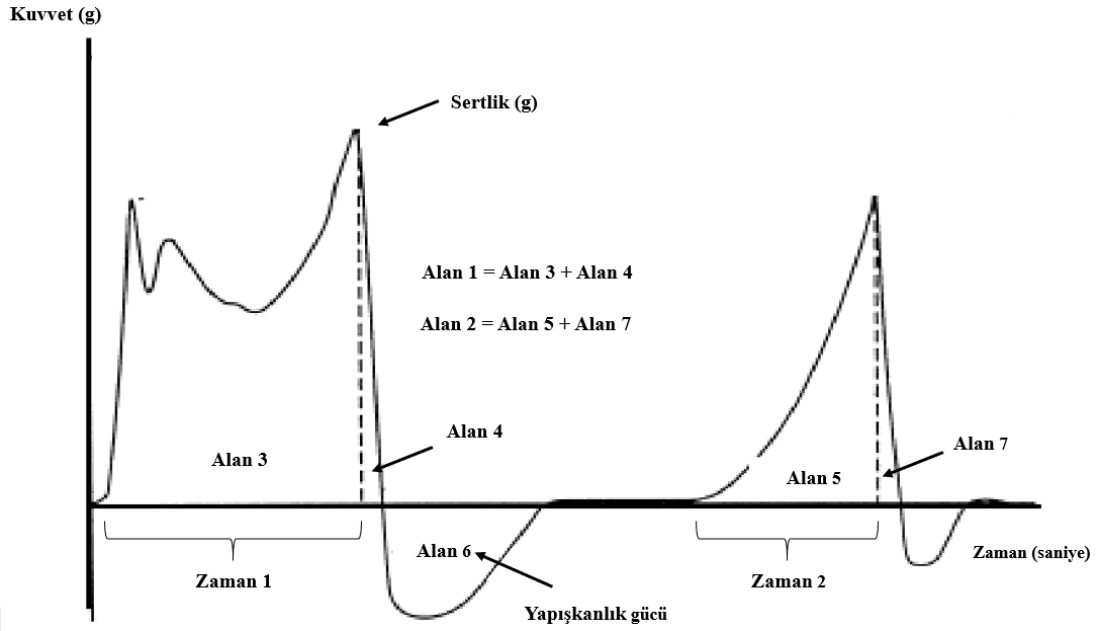
Ekşi hamur ekmeklerinde dokusal özellikler tekstür analiz cihazı (Stable Micro System, TA-XT2İ, Surrey, İngiltere) ile depolamanın 1., 3., ve 5. günlerinde belirlenmiştir. Sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerleri saptanmıştır. 1.25 cm kalınlığında üst üste konan iki dilim ekmek, orta noktalarından kalınlıklarının % 40' ı kadar iki defa sıkıştırılmıştır. Analizde 35 mm çapında silindirik prob (SMS P/36), 5 kg yükleme ağırlığı ve 5 mm/s sıkıştırma hızı kullanılmıştır. İki sıkıştırma arasında 30 sn beklenmiştir. Test öncesi ve test hızı olarak 1.7 mm/s kullanılırken test sonrası hız ise 10.0 mm/s olarak kullanılmıştır (Coda vd, 2017). Test sonucunda sertlik (g), esneklik (%), iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik parametreleri ölçülmüş olup tipik bir tekstür profil analiz eğrisi Şekil 3.4' de gösterilmiştir.

Sertlik (g) = 1. sıkıştırmadaki tepe noktası değeri

$$\text{Esneklik (\%)} = \frac{\text{Alan 5}}{\text{Alan 4}}$$

$$\text{İç yapışkanlık} = \frac{\text{Alan 2}}{\text{Alan 1}}$$

$$\text{Çiğnenebilirlik} = \text{Sertlik} \times \text{İç yapışkanlık} \times \frac{\text{Zaman 2}}{\text{Zaman 1}}$$



Şekil 3.4. Tekstür profil analiz eğrisi

3.2.20. Ekstrakte edilebilir ve Hidrolize edilebilir fenolik madde miktarı

Serbest ve hidrolize edilebilir fenolik bileşikler Kim vd (2006)'nın belirttiği yöntemle göre metanol:aseton:su (7/7/6) karışımı ile 16 saat ekstraksiyon sonucunda elde edilmiştir. Fenolik madde içeriği Folin–Ciocalteu metoduna göre belirlenmiştir. Buna göre 0.2 mL örnek ekstraktı 5.0 mL saf su ile seyreltilmiş ve 0.25 mL 1 M Folin–Ciocalteu reaktifi (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) eklenmiştir. 5 dk sonra 1.5 mL % 7.5'lik sodyum karbonat (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) eklenmiş ve vorteks ile karıştırılmıştır. Karanlıkta 30 dk bekletildikten sonra UV-VIS spektrofotometre (Microplate reader 354, Thermo Electron, Woonsocket, ABD) ile 765 nm' de absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar ferulik asit eşdeğeri (mg FAE/ g örnek) olarak hesaplanmıştır (Singleton vd, 1999).

3.2.21. Antioksidan kapasite

Ekmek örneklerinin antioksidan kapasitesi ABTS^{•+}, FRAP ve ferrozin radikallerinin inhibisyon prensibine dayalı üç farklı yöntem ile saptanmıştır. ABTS^{•+} yöntemine göre antioksidan kapasite analizi için ABTS (2,2'-Azinobis (3-etil benzothiazoline-6 sülfonik asit) stok çözeltisi, 7mM ABTS (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) çözeltisinin 2.45 mM potasyum persülfat (Baker Analyzed, Pensilvanya, ABD) çözeltisi ile reaksiyonu sonucu elde edilmiştir. Daha sonra ABTS stok çözeltisi etanol:su (50:50, v/v) ile 734 nm' de absorbansı 0.70 ± 0.02 olacak şekilde seyreltilmiştir. Hazırlanan

örnek ekstraktından 20 µL mikrolaka kuyucuklara aktarılmıştır. Üzerine 230 µL ABTS^{•+} solüsyonu eklenmiştir ve 5 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra 734 nm’ de absorbansı ölçülmüştür. Standart olarak troloks kullanılmış ve sonuçlar TEAK (Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite, mg TEAK/g örnek) olarak verilmiştir (Re vd, 1999).

FRAP yöntemine göre antioksidan kapasite analizi için sodyum asetat (0.3 M, pH 3.6), 40 mM HCl ile hazırlanmış 10 mM TPTZ (2,4,6 - Tris (2-pyridyl)-s-triazin) (Sigma Aldrich, St. Louis, MO, ABD) ve 20 mM ferrik klorit (VWR Chemicals, New York, ABD) çözeltisi, 10:1:1 oranında karıştırılmıştır. Örnek ekstraktından 20 µL alınıp 280 µL FRAP solüsyonu eklenmiştir. Çözelti oda sıcaklığında 30 dk inkübasyona bırakılmış ve süre sonunda 593 nm dalga boyunda absorbans değeri ölçülmüştür. Sonuçlar TEAK (Troloks Eşdeğer Antioksidan Kapasite, mg TEAK/g örnek) olarak verilmiştir (Benzie ve Strain, 1996).

Metal şelatlama aktivitesinin belirlenmesi 1 mL örnek ekstraktı üzerine 0.05 mL 2 mM FeCl₂ (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) aktarılmış ve ardından 1.85 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra 0.1 mL 5 mM ferrozin (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) ilave edilerek 10 dk bekletilmiş ve UV-VIS spektrofotometrede 562 nm’ de absorbans değeri ölçülmüştür. Standart olarak EDTA-Na₂ (Sigma Aldrich, Missouri, ABD) kullanılmış ve sonuçlar EDTAE (EDTA Eşdeğer Metal Şelatlama Aktivitesi, mg EDTAE/g örnek) olarak verilmiştir (Xie vd, 2008).

3.2.22. Çözünür ve Çözünmeyen lif

Çözünür ve çözünmeyen lif tayini AOAC 991.43 metodu kullanılarak otomatik besinsel lif cihazı (Ankom Technology, New York, ABD) kullanılarak tayin edilmiştir. Kullanılan kitler Megazyme firmasından (Megazyme International, İrlanda) temin edilmiştir (AOAC, 2016).

3.2.23. *In vitro* sindirilebilirlik

In vitro sindirilebilirlik ve tahmini glisemik indeksin belirlenmesinde Englyst vd (1992)’ nin açıkladığı yöntem kullanılmıştır. Buna göre 0.3 g örnek tartılmış 20 mL sodyum asetat tampon çözeltisi eklenerek 37 °C’ deki çalkalamalı su banyosuna alındıktan sonra 50 mg guar gam ve 5 adet cam boncuk koyulmuştur. Enzim solüsyonu

olarak amiloglukosidaz (70 U/mg, 24 mg/12 mL saf su), invertaz (≥ 300 U/mg, 60 mg/8 mL saf su) ve pankreatin çözeltisi (3 g/20 mL saf su) kullanılmıştır. Hazırlanan enzimlerden amiloglukosidaz ve invertaz enzimleri 108 mL pankreatin çözeltisi ile karıştırılarak enzim solüsyonu hazırlanmıştır. Her bir örneğe 1' er dk ara ile enzim solüsyonu eklenmiştir. 180 dk boyunca her 20 dk da örneklerden 0.5 mL alınmış ve 5 mL mutlak etanol ile karıştırıldıktan sonra santrifüj (10 dk, 1500 x g) edilmiştir. Glikoz miktarı UV-VIS spektrofotometrede 510 nm' de ölçülmüş ve glikoz oksidaz kiti (Megazyme International, İrlanda) ile hazırlanan standart eğri kullanılarak hesaplanmıştır. Hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) değerleri % olarak hesaplanmıştır. 0 ile 20 dk arası hidrolize olan nişasta oranı HSN, 20 ile 120 dk arası YSN ve 120 dk' den sonra kalan nişasta oranı DN olarak tespit edilmiştir. Örnek hidroliz eğrisinin altında kalan alanın beyaz ekmek hidroliz eğrisinin altında kalan alana oranı ile hidroliz indeksi (HI) belirlenmiştir. Tahmini glisemik indeks (eGI) değerini hesaplamak için Granfeldt vd (1992) tarafından açıklanan formül kullanılmıştır ($eGI = 8.198 + (0.862 \times HI)$).

3.2.24. Duyusal değerlendirme

Ekşi hamur ekmekleri Kuzey Dakota Eyalet Üniversitesinde bulunan duyusal değerlendirme yapmaya elverişli yaşları 25 ile 45 arası değişen 21 adet personel ve öğrenci tarafından değerlendirilmiştir. Çizelge 3.3' de gösterilen değerlendirme formu kullanılarak kabuk görünümü, ekmek içi görünümü, koku, tat - aroma ve genel kabul edilebilirlik bakımından 3 tekerrürlü olmak üzere 10 puan üzerinden değerlendirilmiştir.

3.2.25. İstatistiksel değerlendirme

Verilerin değerlendirilmesinde tamamıyla şansa bağlı düzeninde tertibinde 2x3x3 faktöriyel düzende varyans analizi kullanılmıştır. Kolmogorov-Smirnov testi ile verilerin normal dağılıma uyumluluk kontrolü yapılırken Levene testi ile varyans homojenlik kontrolü yapılmıştır. % 5 önem düzeyine göre Fisher çoklu karşılaştırma testi uygulanmış ve varyans analizi sonucundaki farklı ortalamalar belirlenerek Fisher testi sonuçları ortalamaların yanında harfli gösterim ile ifade edilmiştir. Bütün istatistiksel değerlendirmelerde Minitab istatistik paket programı (Minitab 18.1)

kullanılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları çizelgeler halinde verilmiş ve önemli bulunan üçlü interaksiyonlar ve ikili interaksiyonlar şekiller üzerinde açıklanmıştır.

Çizelge 3.3. Duyusal analiz değerlendirme formu

Duyusal Analiz Değerlendirme Formu					
Panelistin Adı, Soyadı:					Tarih:/...../.....
Dış Görünüş (10 P)	İç Görünüş (10 P)	Koku (10 P)	Tat (10 P)	Genel Kabul Edilebilirlik (10 P)	
707					
363					
275					
465					
339					
453					
135					
513					
864					
734					
138					
725					
713					
274					
617					
Puanlama; 9 - 10 Çok İyi, 7 - 8 İyi, 5 - 6 Orta, 3 - 4 Kötü, 1 - 2 Çok Kötü					

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Un, Fındık zarı ve Modifiye Nişasta Analiz sonuçları

Çalışmada kullanılan una ait özellikler Çizelge 4.1’ de gösterilmiştir. Nem, kül ve protein değerleri sırasıyla % 12.97, % 0.66 ve % 14.62 olarak belirlenmiştir. Un kalitesinin belirlenmesi amacıyla yaş gluten, gluten indeks, düşme sayısı, sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri belirlenmiş ve sırasıyla % 31.38, % 94.36, 280 s, 41.67 mL ve 70.67 mL olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Un analiz sonuçları

Analiz	Sonuç
Nem (%)	12.97
Kül (%) ¹	0.66
pH	5.97
Toplam Asitlik (%)	3.51
<i>L</i> *	95.46
<i>a</i> *	0.32
<i>b</i> *	13.45
Yağ (%) ¹	1.51
Protein (%) ¹	14.62
Yaş Gluten (%)	31.38
Gluten İndeks (%)	94.36
Düşme Sayısı (s)	280
Sedimentasyon (mL)	41.67
Gecikmeli Sedimentasyon (mL)	70.67

SS: Standart sapma, ¹: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Gluten kalitesini belirlemede gluten indeks önemli bir yöntemdir. Aynı protein miktarı ve yaş gluten miktarı içermesine rağmen gluten indeksi farklı olan unların hamur özellikleri oldukça farklı olabilmektedir (Pertin, 1990). Düşme sayısı değeri ise undaki nişastanın α -amilaz enzimi tarafından parçalanması esasına dayanan ve bu enzimin aktivitesini hakkında fikir veren bir metottur. Düşme sayısının 300’ den fazla olması düşük enzim aktivitesini, 200 - 250 arası normal enzim aktivitesini, 150’ nin altında ise yüksek enzim aktivitesi olduğunu göstermektedir. Düşme sayısının 300’

den fazla olduğu durumlarda ekmek hacmi yetersiz ve ekmek kabuğu kuru olmaktadır. Sedimentasyon testi buğdayın protein miktarı ve kalitesinin belirlenmesinde kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu test sonucu ölçü silindiri içinde okunan değerin 15' den küçük olması çok zayıf, 16 - 24 arası olması zayıf, 25 - 36 arası iyi ve 36' dan fazla olması çok iyi olarak değerlendirilmektedir (Elgün vd, 2002). Analiz sonuçlarına göre çalışmada kullanılan unun ekmek üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmada kullanılan çapraz bağlı nişasta (ÇBN) ve okside nişasta (ON) için yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Modifiye nişasta analiz sonuçları

Analiz	ÇBN	ON
Nem (%)	10.90	10.85
Kül (%)*	0.31	2.18
pH	5.80	7.73
Toplam Asitlik (%)	1.86	0.38
Protein (%)*	0.82	0.44
Nişasta Çirilenme Özellikleri		
Maksimum viskozite (Peak viscosity) (cP)	2339.0	84.0
İncelme sonrası viskozite (Hot paste viscosity) (cP)	1860.0	37.3
İncelme viskozitesi (Breakdown) (cP)	465.5	46.5
Son viskozite (Final viscosity) (cP)	2571.3	60.0
Katılaşma viskozitesi (Setback) (cP)	711.3	22.7
Maksimum viskozite süresi (Peak time) (dk)	5.2	3.9
Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)	79.1	-

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

ÇBN ve ON' de kül, pH, toplam asitlik ve protein miktarları sırasıyla % 0.31 - 2.18, 5.80 - 7.73, % 1.86 - 0.38 olarak belirlenmiştir. Buna göre ON' nin ÇBN' ye göre daha yüksek kül ve pH' ya sahip olduğu görülürken protein miktarının daha az olduğu belirlenmiştir. Nişasta çirilenme özellikleri incelendiğinde ÇBN' nin kuvvetli jel oluşturduğu ve yüksek viskoziteye sahip olduğu gözlenmiştir. ON' nin ise sıcaklık artışı ile viskozitesinde artış meydana gelmesine rağmen jel oluşturmadığı tespit edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda okside nişasta üretiminde nişastanın bir miktar parçalandığı ve zayıflayan granüller nedeniyle jelatinizasyon için daha düşük sıcaklık

ve daha az enerji gerektiği bildirilmiştir. İlaveten okside nişastanın jel oluşturma eğiliminin düşük ve oluşan jelin zayıf olduğu belirtilmiştir (Bemiller ve Whistler, 2009; Sangseethong vd, 2010; Wurzburg, 1986).

Çizelge 4.3' de fındık zarı için yapılan analiz sonuçları gösterilmiştir. Sonuçlara göre çalışmada kullanılan fındık zarının nem ve kül miktarı sırasıyla % 7.50 ve % 1.95 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Fındık zarı analiz sonuçları

Analiz	Sonuç
Nem (%)	7.50
Kül (%) ¹	1.95
pH	5.04
Toplam Asitlik (%)	2.49
<i>L</i> *	26.74
<i>a</i> *	9.51
<i>b</i> *	7.83
Yağ (%) ¹	26.68
Protein (%) ¹	6.78
Ekstrakte Edilebilen Fenolik İçeriği (mg FAE/g örnek)	154.40
Hidroliz Edilebilen Fenolik İçeriği (mg FAE/g örnek)	28.21
Toplam Fenolik İçeriği (mg FAE/g örnek)	182.61
ABTS ⁺⁺ (mg TroloksE/g örnek)	251.08
FRAP (mg TroloksE/g örnek)	199.51
Metal Şelatlama Aktivitesi (mg EDTAE/g örnek)	83.95

FAE: Ferulik asit eşdeğeri, ABTS⁺⁺: Radikal katyon yakalama antioksidan kapasitesi, FRAP: Demir indirgeyici antioksidan kapasitesi, TroloksE: Troloks eşdeğeri, EDTAE: Etilendiamin tetraasetik asit eşdeğeri, SS: Standart sapma

¹: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

pH, toplam asitlik, yağ ve protein değerleri sırasıyla 5.04, % 2.49, % 26.68 ve % 6.78 olarak tespit edilmiştir. Ekstrakte edilebilen fenolik içeriği 154.40 mg FAE/g, hidroliz edilebilen fenolik içeriği 28.21 mg FAE/g ve toplam fenolik içeriği ise 182.61 mg FAE/g olarak belirlenmiştir. Fındık zarındaki toplam fenolik içeriğini belirlemek amacıyla bir çalışmada aseton, etanol ve metanol ile ayrı ayrı ekstraksiyonlar yapılmış ve sırasıyla 466.8 mg GAE/g, 502.3 mg GAE/g ve 426.4 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Contini vd, 2008). Başka bir çalışmada ise fındık zarındaki toplam

fenolik içeriği 209.75 mg GAE/g bulunmuştur (Velioğlu vd, 2017). Özdemir vd (2014) yaptıkları çalışmada fındık zarından yağı hekzan ile uzaklaştırmış, yüksek basınçlı homojenizatörle öğütmüş ve liyofilizatörde kurutmuşlardır. Fındık zarı tozunda toplam fenolik miktarını 233 mg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise fındık zarı öncelikle yağdan arındırılmış ve sonrasında etanol ile ekstraksiyon yapılarak liyofilizatörde kurutulmuştur. Daha sonra yapılan analiz sonrası toplam fenolik içeriği 680 mg GAE/g olarak tespit edilmiştir (Contini vd, 2012). Fındık zarına ait fenolik miktarının farklılık göstermesinde fındık çeşidi, hasat zamanı, fındığın kavrulması sırasında uygulanan ısı işlemdeki sıcaklık ve süre, fındık zarının yağdan arındırılma durumu, öğütülmesi ve ekstraksiyon koşulları gibi parametrelerin etkili olduğu düşünülmektedir.

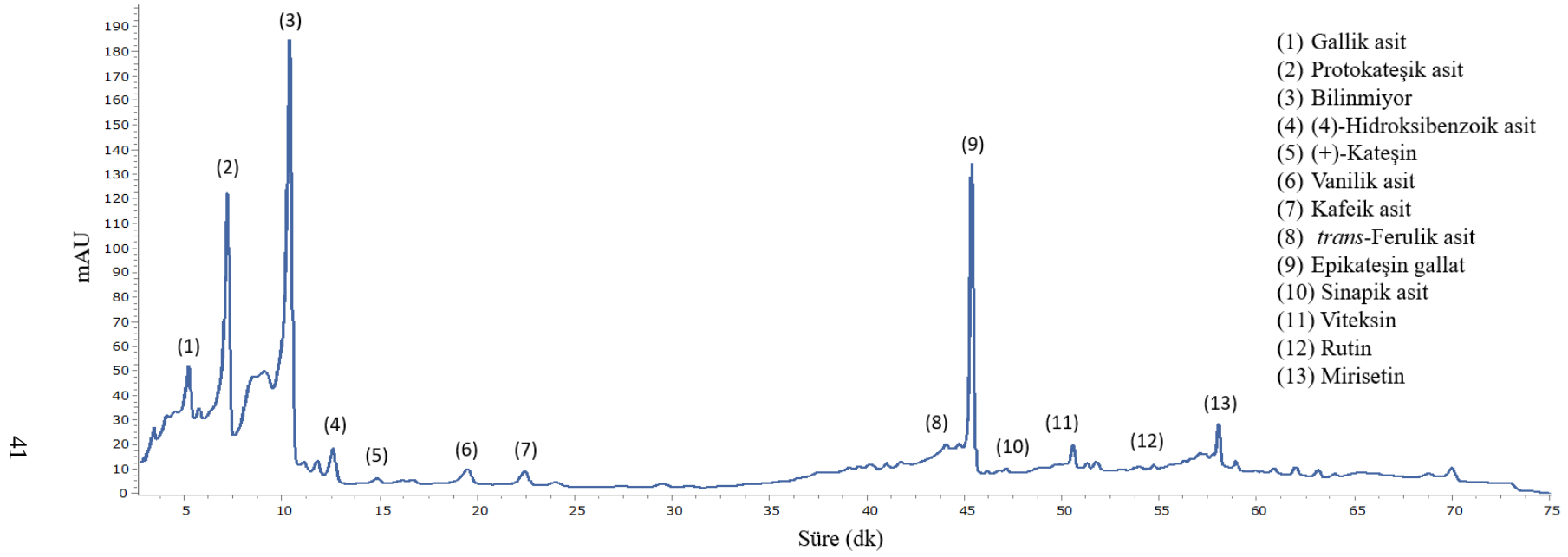
Çalışmada kullanılan fındık zarında antioksidan kapasite ABTS⁺ ve FRAP yöntemleri ile sırasıyla 251.08 mg/g ve 199.51 mg/g olarak tespit edilmiştir. Contini vd (2012) fındık zarı ekstraktında antioksidan kapasiteyi 1549.9 mg/g ekstrakt olarak bildirmiştir. Zeppa vd (2015) ise 546.32 µmol Trolox/g olarak belirlerken Bertolino vd (2015) 1004.98 µmol Trolox/g olarak rapor etmiştir. Contini vd (2009) fındık zarı ile beslenen farelerde kandaki antioksidan potansiyelinin % 25' e kadar yükselerek önemli ölçüde arttığını belirlemişlerdir. Fındık zarının doğal antioksidan kaynağı olduğu ve fonksiyonel bir gıda ingrediyesi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Alasalvar vd, 2009).

Çizelge 4.4' de fındık zarında tespit edilen fenolik bileşikler ve Şekil 4.1' de bu bileşiklere ait kromatogramlar gösterilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız fındık zarında % 55.2 oranında fenolik asitler, % 44.8 oranında ise flavonoidler bulunmaktadır. Fenolik asitler içerisinde en yüksek konsantrasyona protokateşik asit (20.31 mg/g) sahipken sinapik asit en düşük miktarda bulunmuştur (1.15 mg/g). Protokateşik asidin LDL kolesterolü düşürdüğü ve insanlarda antosiyaninlerden oluşan en önemli metabolit olduğu bildirilmiştir (Gunawardena vd, 2014). Çalışmamızdaki fındık zarında flavonoidler içerisinde epikateşin gallatın 16.92 mg/g ile en yüksek miktarda olduğu görülürken mirisetinin 1.01 mg/g ile en düşük düzeyde olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4. Fındık zarında fenolik bileşik içeriği

Fenolik bileşik	mg E/g örnek
Gallik asit	2.22
Vanilik asit	2.52
(4)-Hidroksibenzoik asit	3.60
Protokateşik asit	20.31
Sinapik asit	1.15
<i>trans</i> -Ferulik asit	1.61
Kafeik asit	2.20
(+)-Kateşin	4.41
Epikateşin gallat	16.92
Rutin	1.22
Viteksin	3.73
Mirisetin	1.01
TOPLAM	60.90

Epikateşin gallat; gallik asitteki karboksil grubu ile epikateşindeki hidroksil grubunun kondensasyonu ile meydana gelmektedir. Shahidi vd (2007) yaptıkları çalışmada fındık zarındaki fenolik asitleri gallik asit (387 µg/g ekstrakt), *p*-kumarik asit (231 µg/g ekstrakt), ferulik asit (124 µg/g ekstrakt) ve sinapik asit (124 µg/g ekstrakt) olarak bildirmişlerdir. Alasalvar vd (2009) ise gallik asidin fındık zarında en fazla bulunan fenolik asit olduğunu ifade ederken Özyurt (2013) ise fındık zarında en fazla sirinjik ve kafeik asit olduğunu bildirmiştir. Del Rio vd (2011) yaptıkları çalışmada gallik asit ve protokateşik asit miktarlarını 1.9 mg/g ve 2.4 mg/g olarak bildirirken (+)-kateşin, epikateşin gallat ve mirisetin miktarlarını sırasıyla 153.01 mg/g, 4.9 mg/g ve 0.3 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise fındık zarında gallik asit (6.21 mg/g), protokateşik asit (2.11 mg/g), *p*-hidroksibenzoik asit (33.7 mg/g), prosiyanidin B₂ (31.5 mg/g), (+)-kateşin (250 mg/g), epikateşin (34.2 mg/g), kuersetin (85.9 mg/g) ve kemferol (35.6 mg/g) fenolik bileşiklerinin bulunduğu gözlenmiştir (Montella vd, 2013). Fenolik bileşiklerin farklılık göstermesinde kullanılan fındık çeşidi, kavurma işlemi, fındık zarı öğütülme durumu, ekstraksiyon koşulları ve analiz yöntemleri etkili olabilmektedir.



Şekil 4.1. Fındık zarına ait 228 nm’ de elde edilen HPLC kromotogramı

4.2. Karışım Unlardaki Analizler

4.2.1. Nem, Kül, pH ve Toplam asitlik

Fındık zarı (FZ), çapraz bağlı nişasta (ÇBN) ve okside nişasta (ON) farklı oranlarda kullanılarak karışım unlar elde edilmiştir. FZ un üzerinden ve undan eksiltmek suretiyle % 0, 5 ve 10, ÇBN ve ON ise un üzerinden % 0, 3 ve 5 oranlarında una ilave edilmiştir. Bu unlarda yapılan nem tayini sonuçları Çizelge 4.5’ de gösterilmiştir. En yüksek nem içeriğine sahip un karışımı % 13.30 ile % 0 FZ + % 3 ÇBN örneği olurken en düşük nem içeriği % 12.52 ile % 10 FZ + % 5 ÇBN örneğinde görülmüştür.

Nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6’ da verilmiştir. Nem miktarı üzerine FZ oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar ele alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta oranı interaksiyonu önemli olarak değerlendirilirken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

FZ’ nin % 0, % 5 ve % 10 kullanım oranlarına göre karışım unlarda ortalama nem içerikleri sırasıyla % 13.07, % 12.92 ve % 12.65 olarak belirlenmiş ve oranlar arasında istatistiksel olarak önemli fark ($P<0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Bu durumun oluşmasında çalışmada kullanılan FZ’ nin nem içeriği % 7.50 (Çizelge 4.3) etkili olmuştur. Nişasta çeşitleri (ÇBN ve ON) ve nişasta oranları (%0, % 3 ve % 5) arsında önemli farklılıklar ($P>0.05$) tespit edilmemiştir. FZ içermeyen unlarda modifiye nişasta kullanımı önemli oranda ($P<0.05$) artışa neden olurken % 5 ve % 10 FZ kullanılan unlarda nem miktarında düşüş saptanmıştır (Şekil 4.2).

Çizelge 4.5. Karışım unlara ait ortalama nem, kül, pH, toplam asitlik ve protein sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Nem (%)			Kül (%)*			pH			Toplam asitlik			Protein (%)*		
			I. T.	II. T.	III.T.	I. T.	II. T.	III.T.	I. T.	II. T.	III.T.	I. T.	II. T.	III.T.	I. T.	II. T.	III.T.
0	ÇBN	0	12.92	12.95	13.03	0.63	0.67	0.68	6.17	5.99	5.76	3.96	2.96	3.61	14.72	14.49	14.64
		3	13.04	13.30	13.14	0.68	0.64	0.62	5.83	5.79	5.73	2.86	2.97	3.32	14.20	14.26	14.25
		5	13.06	13.25	13.09	0.70	0.67	0.66	5.87	5.93	5.71	2.92	3.21	3.40	13.96	14.10	13.99
	ON	0	12.92	12.95	13.03	0.63	0.67	0.68	6.17	5.99	5.76	3.96	2.96	3.61	14.72	14.49	14.64
		3	13.15	13.13	13.01	0.69	0.75	0.71	5.81	5.91	6.02	2.75	3.14	3.02	14.14	14.21	14.28
		5	13.15	13.14	13.08	0.71	0.67	0.68	6.03	5.83	5.99	2.73	3.03	3.04	13.93	14.04	14.02
5	ÇBN	0	13.08	13.10	12.82	0.73	0.67	0.75	5.82	5.57	5.80	3.51	3.57	3.76	14.15	14.33	14.33
		3	12.84	13.02	12.92	0.69	0.70	0.73	5.64	5.84	5.76	3.50	3.56	3.87	13.92	13.94	13.99
		5	12.85	12.72	12.81	0.68	0.67	0.65	5.70	5.84	5.74	3.42	3.60	3.82	13.72	13.67	13.56
	ON	0	13.08	13.10	12.82	0.73	0.67	0.75	5.82	5.57	5.80	3.51	3.57	3.76	14.15	14.33	14.33
		3	12.92	12.94	12.83	0.75	0.72	0.76	5.77	5.74	5.83	3.76	3.71	3.98	13.79	13.90	14.06
		5	13.07	12.75	12.80	0.77	0.71	0.79	5.76	5.71	5.81	3.80	3.65	3.87	13.60	13.58	13.58
10	ÇBN	0	12.71	12.62	12.71	0.78	0.76	0.79	5.63	5.55	5.71	3.64	4.51	4.22	13.96	13.90	13.84
		3	12.60	12.54	12.65	0.78	0.79	0.83	5.81	5.70	5.69	3.97	4.51	4.43	13.49	13.61	13.49
		5	12.60	12.52	12.60	0.76	0.71	0.77	5.72	5.68	5.71	4.29	4.25	4.24	13.20	13.36	13.16
	ON	0	12.71	12.62	12.71	0.78	0.76	0.79	5.63	5.55	5.71	3.64	4.51	4.22	13.96	13.90	13.84
		3	12.74	12.56	12.76	0.81	0.78	0.80	5.47	5.62	5.71	4.50	4.65	4.85	13.70	13.49	13.54
		5	12.62	12.64	12.70	0.80	0.76	0.81	5.49	5.64	5.71	4.45	4.71	4.45	13.22	13.23	13.28

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.6. Karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Nem (%)			Kül (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.847	95.98	0.000*	0.052	65.63	0.000*
B	1	0.004	0.41	0.527	0.010	12.89	0.001*
C	2	0.006	0.68	0.514	0.001	1.56	0.223
AxB	2	0.007	0.84	0.440	0.001	1.33	0.276
AxC	4	0.047	5.32	0.002*	0.001	0.81	0.528
BxC	2	0.004	0.42	0.663	0.003	3.57	0.039*
AxBxC	4	0.004	0.41	0.804	0.002	2.29	0.078

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.7. Fındık zarı oranları için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)*
0	13.07±0.11 a	0.67±0.03 c
5	12.92±0.13 b	0.72±0.04 b
10	12.65±0.07 c	0.78±0.03 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.8. Modifiye nişasta çeşitleri için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Nem (%)	Kül (%)*
ÇBN	12.87±0.23	0.71±0.06 b
ON	12.89±0.19	0.74±0.05 a

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

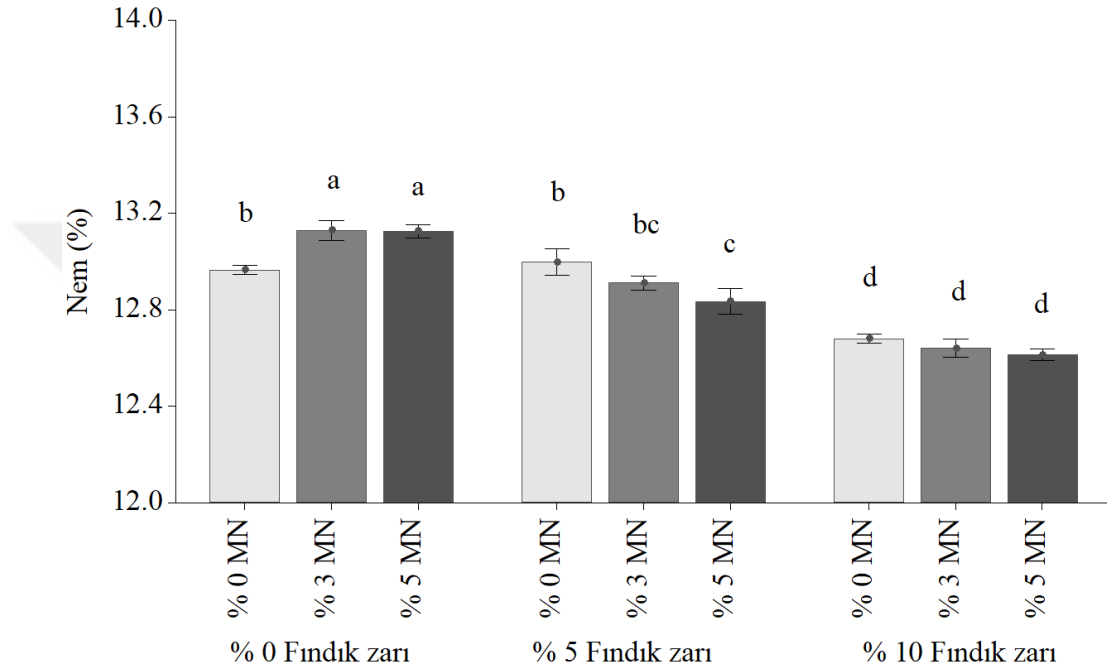
*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Unda bulunan kül miktarı hamur reolojisi ve ekmek kalitesi açısından önemli olabilmektedir. Yüksek nem içeriğine sahip unlarda farinograf ölçümlerine göre su absorpsiyonu ve yumuşama derecesinin artış gösterdiği bildirilmiştir. Düşük un oranında ise unun jelatinizasyon sıcaklığı ve maksimum viskozitesinin arttığı ve ekstensograf ölçümlerine göre unun uzamaya karşı direncinin artış gösterdiği bildirilmiştir (İpek 2017).

Çizelge 4.9. Modifiye nişasta oranları için karışım unlarda nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)*
0	12.88±0.17	0.72±0.05
3	12.89±0.22	0.73±0.06
5	12.86±0.23	0.72±0.05

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

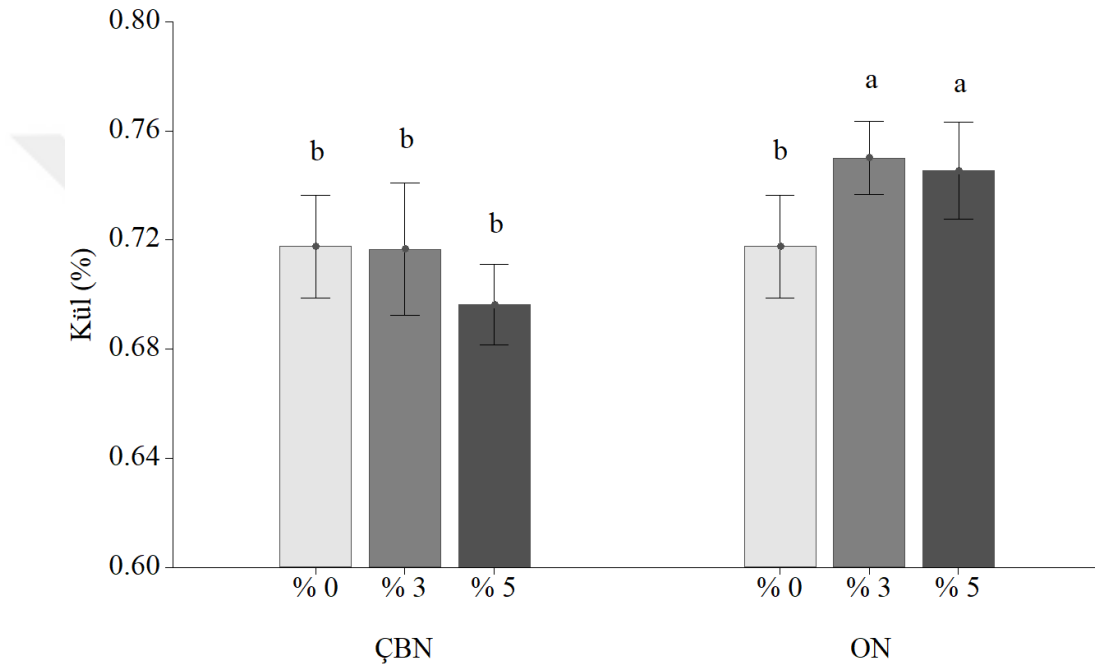


Şekil 4.2. Karışım unlarda nem üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu (MN: Modifiye nişasta)

Düşük kül miktarına sahip unların kullanımıyla daha fazla ekmek hacmi ve daha yumuşak ekmekler elde edilebilmektedir (Kim vd, 2003). Karışım unlara ait kül sonuçları Çizelge 4.5’ de verilmiştir. En yüksek kül içeriğine % 10 FZ + % 5 ÇBN (% 0.83) ve en düşük ise % 0 FZ + % 3 ÇBN (% 0.62) örneklerinde görülmüştür.

Çizelge 4.6’ da kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Kül miktarı üzerine FZ ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P<0.05$), modifiye nişasta oranı ise önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Kül miktarı FZ ilavesine paralel olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.7). ÇBN' nin kül üzerine etkisi önemsiz görülürken ($P>0.05$) ON' nin % 3 ve % 5 ilavesi ile kül miktarında önemli derecede ($P<0.05$) artış yaşanmıştır (Şekil 4.3). ÇBN' nin % 0.31 ve ON' nin % 2.18 kül içeriklerine sahip olması (Çizelge 4.2) ve FZ' nin % 1.95 kül oranından dolayı FZ ve ON ilavesi ile kül miktarının artması beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bilgiçli (2013) buğday ununa nohut, soya, karabuğday, kinoa, mısır ve pirinç unlarını % 25 oranlarında ilave ederek un karışımları elde etmiş ve bütün un karışımlarında kül miktarının önemli ölçüde arttığını bildirmiştir.



Şekil 4.3. Karışım unlarda kül üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Karışım unlardaki pH sonuçları Çizelge 4.5' de gösterilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek pH değeri 6.17 ile % 0 FZ + % 0 MN un örneğinde görülürken en düşük 5.47 ile % 10 FZ + % 3 ON örneğinde tespit edilmiştir.

pH değerlerine ilişkin varyasyon analizine göre (Çizelge 4.10) pH üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.10. Karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	pH			Toplam asitlik (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.293	23.39	0.000*	5.931	77.34	0.000*
B	1	0.000	0.04	0.847	0.070	0.92	0.344
C	2	0.002	0.12	0.885	0.006	0.07	0.931
AxB	2	0.027	2.18	0.128	0.121	1.58	0.220
AxC	4	0.013	1.07	0.387	0.344	4.49	0.005*
BxC	2	0.000	0.01	0.990	0.026	0.34	0.712
AxBxC	4	0.007	0.59	0.670	0.032	0.42	0.791

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$)

Çizelge 4.11' de gösterildiği üzere FZ ilavesi ile pH' nın kademeli olarak azaldığı saptanmıştır. Bu durumun gözlenmesinde FZ' nin düşük pH' ya (5.04) sahip olması neden olmuş olabilir (Çizelge 4.3). Nişasta çeşitleri (ÇBN ve ON) ve nişasta oranları (% 0, % 5 ve % 10) arasında ise önemli farklılıklar ($P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.12, Çizelge 4.13).

Çizelge 4.11. Fındık zarı oranları için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	5.91±0.14 a	3.19±0.38 c
5	5.75±0.09 b	3.68±0.16 b
10	5.65±0.09 c	4.34±0.33 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$)

Çizelge 4.12. Modifiye nişasta çeşitleri için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	pH	Toplam asitlik (%)
ÇBN	5.77±0.13	3.70±0.49
ON	5.77±0.17	3.77±0.62

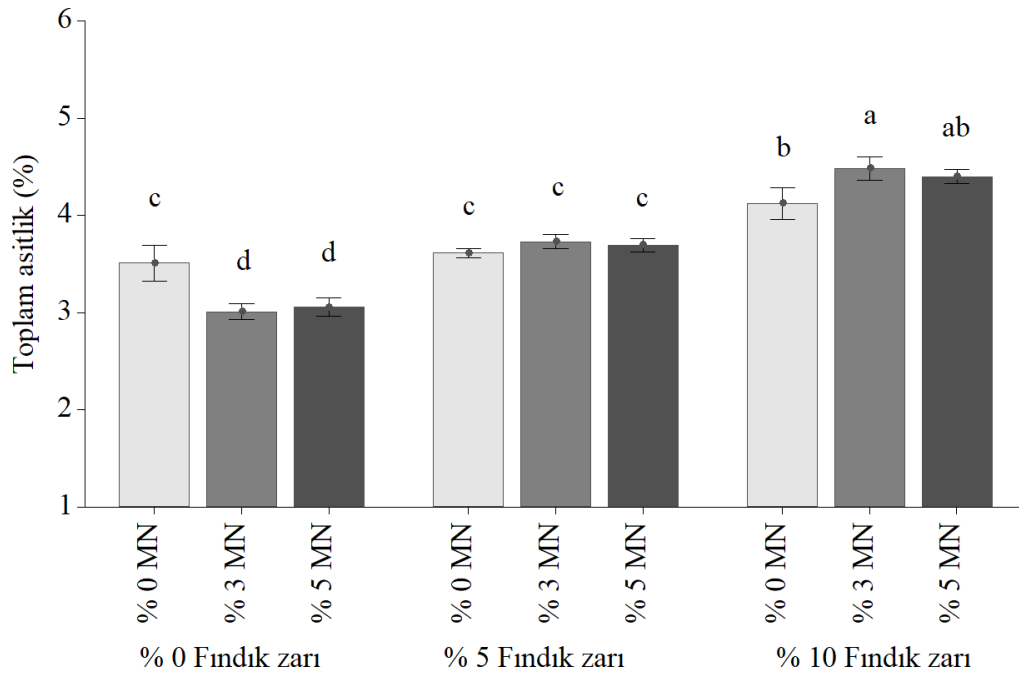
ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.13. Modifiye nişasta oranları için karışım unlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	5.78±0.19	3.75±0.43
3	5.76±0.12	3.74±0.66
5	5.77±0.13	3.72±0.59

Karışım unlardaki toplam asitlik sonuçlarına göre (Çizelge 4.5) % 10 FZ + % 3 ON örneğinde en yüksek toplam asitlik miktarı (% 4.85), % 0 FZ + % 5 ON örneğinde ise en düşük toplam asitlik miktarı (% 2.73) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10' da gösterilen toplam asitliğe ait varyans analiz sonuçlarına göre toplam asitlik üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta oranı interaksiyonu önemli görülürken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).



Şekil 4.4. Karışım unlarda toplam asitlik üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksiyonu (MN: Modifiye nişasta)

pH sonuçlarına benzer olarak unlarda FZ oranının artması ile toplam asitlik miktarında önemli derecede ($P<0.05$) artış yaşanmıştır (Çizelge 4.11). FZ içermeyen unlarda modifiye nişasta kullanılması toplam asitliğin önemli ölçüde ($P<0.05$) azalmasına neden olmuştur.

4.2.2. Protein

Fırıncılık ürünlerinde gluten miktarı ve kalitesi son derece önemli bir özellik olup son ürünün kalitesi üzerinde etkili olmaktadır. Glutenin; su absorpsiyonu, viskoelastik yapı, yapışkanlık, gaz tutma gibi birçok parametre üzerine belirleyici rolü bulunmaktadır (Wang vd, 2015).

FZ, ÇBN ve ON ilavelerine göre protein miktarı sonuçları Çizelge 4.5' de gösterilmiştir. En düşük protein oranına % 10 FZ + % 0 MN ve % 0 FZ + % 5 ÇBN içeren örneklerinde görülürken (% 13.16) en düşük orana ise % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (% 14.72) gözlenmiştir.

Protein miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14' de verilmiştir. Protein oranı üzerine FZ ve modifiye nişasta oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.14. Karışım unlarda protein değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Protein (%)		
		K.O.	F	P
A	2	2.315	337.26	0.000*
B	1	0.001	0.18	0.670
C	2	1.839	267.84	0.000*
AxB	2	0.002	0.35	0.705
AxC	4	0.005	0.69	0.605
BxC	2	0.001	0.13	0.877
AXBxC	4	0.001	0.13	0.969

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ oranına ait çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.15’ de verilmiştir. FZ miktarına paralel olarak protein oranının önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir ($P<0.05$). FZ’ nin una göre daha düşük protein içermesi nedeniyle una eklendiğinde protein oranını düşürdüğü gözlenmiştir.

Çizelge 4.15. Fındık zarı oranları için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Protein (%)*
0	14.28±0.27 a
5	13.94±0.28 b
10	13.57±0.28 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.16. Modifiye nişasta çeşitleri için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Protein (%)*
ÇBN	13.93±0.41
ON	13.92±0.41

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.17. Modifiye nişasta oranları için protein değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Protein (%)*
0	14.26±0.31 a
3	13.90±0.29 b
5	13.62±0.33 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

De la Peña vd (2015) yaptıkları çalışmada tam buğday ununda protein oranını % 13.76 olarak bildirmiş ve % 10 keten tohumu unu eklendiğinde ise protein oranının % 15.42’ ye yükseldiğini saptamıştır. Başka bir çalışmada buğday ununa 80 °C’ de 20 dk kavrulmuş afrika buğday meyvesi tohumu farklı oranlarda eklenmiş ve elde edilen unlarda protein miktarları belirlenmiştir. Sonuçlara göre kavrulmuş afrika buğday meyvesi tohumu ilavesi ile protein oranı artış göstermiş, % 10.00 protein oranına sahip

buğday ununa % 20 ilave edildiğinde protein oranı % 11.40 ve % 40 ilave edildiğinde ise % 12.78 olarak belirlenmiştir (Akubor vd, 2000).

4.2.3. Farinograf

Farinograf ölçümü hamurun yoğurulması esnasında gerekli olan enerji miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Farinograf cihazı ile hamurun fiziksel olarak değişimlerinin ölçülmesi mümkün olmaktadır. Buna göre farinograf ölçümleri ile undan belirli bir konsistenste hamur oluşumu için gerekli su miktarı, hamurun yoğurucuya gösterdiği direnç ve hamurdaki glutenin gelişme durumu tespit edilmektedir (Ünal, 1991).

Karışım unlara ait farinograf ölçümlerinde su absorpsiyonu (%), gelişme süresi (dk), stabilite (dk), yumuşama derecesi (BU), yoğurma toleransı (BU) ve yumuşama süresi değerleri belirlenmiş sonuçlar Çizelge 4.18’ de gösterilmiştir. Buğday ununun su tutma kapasitesi bileşimi ile çok yakından ilişkilidir.

Buğday nişastası % 39 - 87 arası su tutabilirken zedelenmiş nişasta % 200 - 430, pentozanlar % 500 - 1500 ve proteinler % 114 - 215 arası suyu tutabilmektedirler (Berton vd, 2002).

Çalışmamızda en düşük su absorpsiyonu miktarı % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (% 60.9) görülürken % 10 FZ + % 5 ÇBN örneğinde % 65.3 ile en yüksek su absorpsiyonu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Su absorpsiyonuna ait varyans analiz sonuçlarına Çizelge 4.19’ da yer verilmiştir. Su absorpsiyonu üzerine FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$). Bununla birlikte FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.18. Farinograf sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Su absorpsiyonu (%)			Gelişme süresi (dk)			Stabilite (dk)			Yumuşama derecesi (BU)			Yoğurma toleransı (BU)			Yumuşama süresi (dk)		
			I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.
0	ÇBN	0	60.9	61.0	61.0	6.8	6.3	6.2	8.5	7.6	7.9	62.0	66.0	64.0	31.0	35.0	34.0	11.4	10.3	10.9
		3	62.5	62.8	62.9	5.8	5.7	5.8	5.6	6.5	6.2	76.0	76.0	76.0	50.0	41.0	44.0	8.2	8.8	8.5
		5	64.1	64.3	64.0	4.8	5.0	5.5	5.9	5.5	6.3	77.0	81.0	73.0	43.0	44.0	42.0	7.9	8.0	8.7
	ON	0	60.9	61.0	61.0	6.8	6.3	6.2	8.5	7.6	7.9	62.0	66.0	64.0	31.0	35.0	34.0	11.4	10.3	10.9
		3	62.3	62.2	62.2	5.4	5.5	5.3	8.4	7.6	7.9	62.5	63.0	62.0	32.0	32.0	32.0	10.3	10.5	10.0
		5	63.4	63.6	63.2	5.8	6.0	5.8	7.9	7.6	7.6	67.5	71.0	64.0	34.0	39.0	34.0	10.2	10.0	10.3
5	ÇBN	0	61.5	61.2	61.5	5.9	7.3	6.0	11.9	13.6	12.6	53.0	48.0	48.0	21.0	17.0	20.0	13.3	15.3	14.0
		3	63.2	63.1	63.2	5.7	5.3	5.8	9.2	9.4	10.3	63.0	59.0	58.0	29.0	24.0	24.0	10.9	11.5	12.2
		5	64.6	64.6	64.6	5.8	4.3	5.0	8.3	8.5	8.6	68.0	62.0	64.0	33.0	26.0	27.0	10.1	10.3	10.6
	ON	0	61.5	61.2	61.5	5.9	7.3	6.0	11.9	13.6	12.6	53.0	48.0	48.0	21.0	17.0	20.0	13.3	15.3	14.0
		3	62.9	62.6	62.9	6.0	5.9	6.2	10.9	11.6	11.8	59.0	49.0	53.0	27.0	19.0	22.0	12.3	13.8	13.1
		5	64.0	64.0	63.8	6.4	6.2	6.8	11.1	10.1	12.2	53.0	53.0	50.0	22.0	23.0	21.0	12.6	12.4	14.0
10	ÇBN	0	61.9	61.9	61.8	5.7	5.4	6.0	15.3	14.4	15.8	46.0	34.0	34.0	21.0	13.0	12.0	15.4	16.1	16.8
		3	63.9	63.9	63.9	5.7	5.7	5.0	11.4	12.6	13.2	53.0	49.0	42.0	21.0	20.0	14.0	12.5	13.6	14.3
		5	65.1	65.3	65.3	5.5	6.0	4.7	11.9	11.8	12.3	52.0	55.0	47.0	16.0	21.0	12.0	13.1	13.1	14.0
	ON	0	61.9	61.9	61.8	8.7	5.4	6.0	15.3	14.4	15.8	46.0	34.0	34.0	21.0	13.0	12.0	15.4	16.1	16.8
		3	63.6	63.6	63.7	6.2	6.2	7.5	13.8	14.7	14.8	46.0	40.0	44.0	14.0	10.0	16.0	14.6	15.6	15.8
		5	64.6	64.8	64.9	6.7	6.0	6.0	15.2	14.7	14.9	43.0	40.0	39.0	12.0	12.0	11.0	16.5	15.8	16.1

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.19. Su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Su absorpsiyonu (%)			Gelişme süresi (dk)			Stabilite (dk)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	5.887	392.48	0.000*	0.127	0.60	0.555	205.151	575.19	0.000*
B	1	1.500	100.00	0.000*	3.034	14.25	0.001*	28.602	80.19	0.000*
C	2	38.960	2597.33	0.000*	1.178	5.53	0.008*	19.442	54.51	0.000*
AxB	2	0.032	2.11	0.136	0.394	1.85	0.172	0.215	0.60	0.553
AxC	4	0.074	4.93	0.003*	0.707	3.32	0.020*	1.292	3.62	0.014*
BxC	2	0.442	29.48	0.000*	1.164	5.46	0.008*	7.512	21.06	0.000*
AxBxC	4	0.009	0.59	0.670	0.345	1.62	0.190	0.167	0.47	0.759

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ oranlarına göre su absorpsiyonu değişimleri için çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.20’ de gösterilmiştir. Buna göre FZ kullanımına bağlı olarak su absorpsiyonu kademeli olarak artmış ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Modifiye nişasta çeşidine göre su absorpsiyonu değişimleri çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.21’ de gösterilmiştir. ÇBN’ nin su absorpsiyonunu ON’ ye göre daha fazla artırdığı gözlenmiştir (Şekil 4.6). Bu durumun gözlenmesinde ÇBN’ nin yüksek şişme kabiliyetine sahip olması neden olmuş olabilir. Yapılan bir çalışmada çapraz bağlı nişastanın şişme gücü 13.9 g/g, okside nişastanın ise 0.6 g/g olduğu bildirilmiştir (Xiao vd, 2012). Modifiye nişasta oranları için çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre (Çizelge 4.22) una % 3 ve % 5 modifiye nişasta ilavesi ile birlikte su absorpsiyonunun önemli derecede arttığı gözlenmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.20. Fındık zarı oranları için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme süresi (%)	Stabilite (dk)
0	62.41±1.21 c	5.83±0.55	7.87±0.10 c
5	62.88±1.23 b	5.99±0.72	11.01±1.70 b
10	63.54±1.34 a	5.86±0.62	14.02±1.45 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.21. Modifiye nişasta çeşitleri için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme süresi (%)	Stabilite (dk)
ÇBN	63.11±1.43 a	5.66±0.63 b	10.04±3.12 b
ON	62.78±1.22 b	6.13±0.53 a	11.50±2.98 a

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.22. Modifiye nişasta oranları için su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite, değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

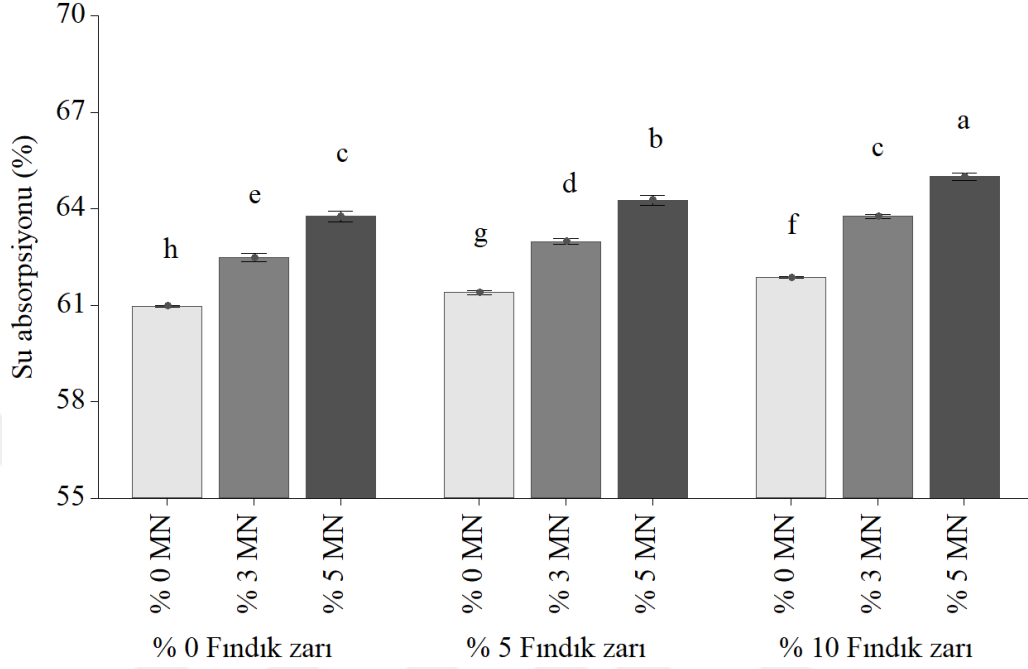
Modifiye nişasta oranı (%)	Su absorpsiyonu (%)	Gelişme süresi (%)	Stabilite (dk)
0	61.41±0.39 c	6.18±0.56 a	11.96±3.11 a
3	63.08±0.59 b	5.82±0.53 b	10.33±2.90 b
5	64.34±0.63 a	5.68±0.69 b	10.02±3.12 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

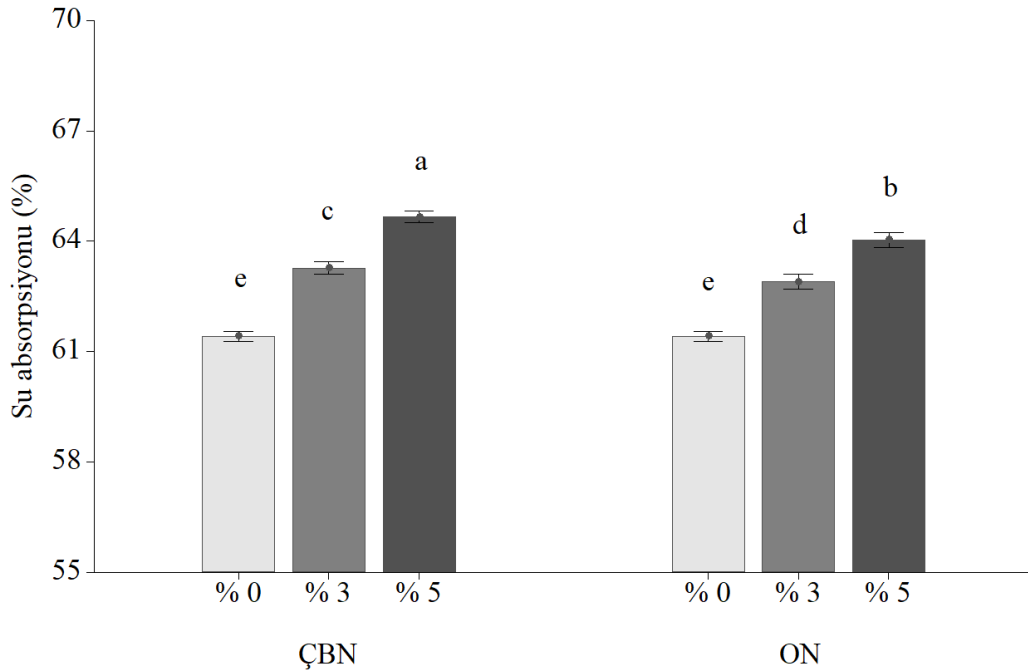
Ekmek yapımı için su absorpsiyonunun yüksek olması tercih edilmektedir (Simsek, 2009). Fırıncılık ürünlerinde besinsel liflerin kullanımının su absorpsiyonunu artırdığı ifade edilmiştir (Yıldız, 2014). Diğer yandan buğday ununda su absorpsiyonu undan bulunan protein ve pentozan gibi bileşiklerin su alabilmesi ve zedelenmiş nişasta miktarına bağlı olmaktadır (Nindjin vd, 2011). Anıl (2007) ekmek yapımında 0.50 - 0.85 mm büyüklüğündeki fındık zarlarını yaş ve kuru olmak üzere iki uygulamaya yaparak ekmek üretiminde kullanmıştır. Fındık zarlarını her bir uygulama için % 5 ve % 10 olmak üzere 2 farklı oranda ilave etmiştir. Fındık zarı içermeyen unda su absorpsiyonu % 63.60 olarak bildirmiş, % 5 ve % 10 fındık zarı içeren unlarda yaş uygulama için sırasıyla % 66.01 ve % 68.76, kuru uygulama için % 65.55 ve % 68.30 olarak tespit etmiştir. Buna göre su absorpsiyonunun fındık zarı ilavesi ile artış gösterdiği ve bununla çalışmamızla uyumlu olduğu görülmüştür.

Bir başka çalışmada % 61.80 su absorpsiyonuna sahip buğday ununa % 4, 6, 8 ve 10 oranlarında fındık zarı ilave edilmiş ve elde edilen un karışımlarının su absorpsiyonları sırasıyla % 63.70, % 64.60, % 65.60 ve % 67.10 olarak tespit edilmiştir (Velioğlu vd, 2017). Buksa vd (2016) çavdar ununa çapraz bağlı arabinoksilan nişastası ekleyerek ekmek üretimi yapmışlardır. Çapraz bağlı arabinoksilan nişastası bulunmayan çavdar ununda su absorpsiyonu % 65.1 olarak belirlenirken % 1 ve % 3 çapraz bağlı arabinoksilan ilavesi ile su absorpsiyonu sırasıyla % 67.2 ve % 70.6 olarak

bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise okside mısır nişastasının % 10 oranında buğday ununa eklenmesi ile su absorpsiyonunun % 56.68' den % 56.37' ye düştüğü ancak aralarında önemli bir fark olmadığı ifade edilmiştir.



Şekil 4.5. Su absorpsiyonu üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksyonu (MN: Modifiye nişasta)



Şekil 4.6. Su absorpsiyonu üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Farinograf ölçümleri ile hamurlarda gelişme süresi belirlenmiştir. Gelişme süresi hamurun yoğurulması esnasında elde edilen maksimum kuvvet için gerekli süreyi ifade edilmektedir (Khalid vd, 2017). Gelişme süresi uzun olan hamurlarda öz miktarı ve kalitesinin iyi olduğu söylenebilir (Elgün vd, 2002). Ekmek üretiminde genellikle uzun gelişme süresi tercih edilmektedir çünkü gelişme süresinin uzun olması hamurun daha kuvvetli olduğunun göstergesidir (Malalgoda vd, 2017).

Çizelge 4.18 incelendiğinde en kısa hamur gelişme süresi % 5 FZ + % 5 ÇBN örneğinde görülürken (4.3 dk) % 10 FZ + % 0 MN örneğinde 8.7 dk ile en uzun gelişme süresi belirlenmiştir.

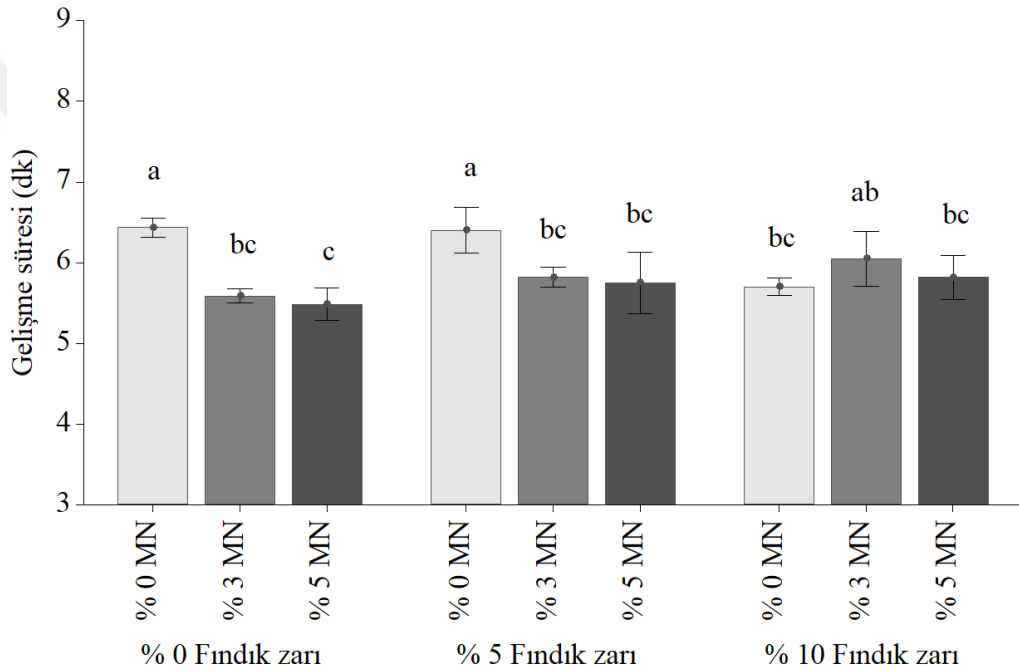
Hamur gelişme süresi üzerine modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) FZ' nin etkisi önemli görülmemiştir ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Hamur gelişme süresi üzerine FZ' nin etkisi önemsiz görülmüştür ($P>0.05$) (Çizelge 4.20). Fırıncılık ürünlerinde besinsel lif kullanımının gelişme süresini artırdığı ifade edilmiştir (Yıldız, 2014). Velioğlu vd (2017) ekmek üretimi için kullandıkları buğday ununda gelişme süresini 4.3 dk olarak bildirmiş ve bu una % 4, 6, 8 ve 10 oranlarında fındık zarı ilave ederek gelişme sürelerini yeni un örneklerine sırasıyla 7.7, 7.8, 8.0 ve 10.7 dk olarak bildirmişlerdir.

Çalışmamızda ON içeren örneklerde gelişme süresi ÇBN' ye göre daha uzun sürmüştür (Çizelge 4.21). Modifiye nişasta ilavesi ile gelişme süreleri önemli ölçüde kısılırken ($P<0.05$) % 3 ve % 5 nişasta kullanımı arasında önemli bir fark ($P>0.05$) gözlenmemiştir (Çizelge 4.22). Rodriguez-Sandoval vd (2017a) buğday ununa % 4.8, % 7.0, ve % 10 oranlarında çapraz bağlı kasava nişastası ve okside kasava nişastası karışımı (50:50 w/w) ilave etmiş ve farinograf ölçümleri yapmışlardır. Buğday ununda gelişme süresini 3.01 dk olarak bildirmişler ve % 4.8, % 7.0, ve % 10 oranlarındaki karışımlar için sırasıyla 2.0, 2.0 ve 1.86 dk olarak belirtmişlerdir. Akram vd (2017) ise buğday ununa ayrı ayrı % 10 oranında çapraz bağlı mısır nişastası ve okside mısır nişastası ilavesi yapmışlardır. Buğday ununda gelişme süresini 6.80 dk, çapraz bağlı

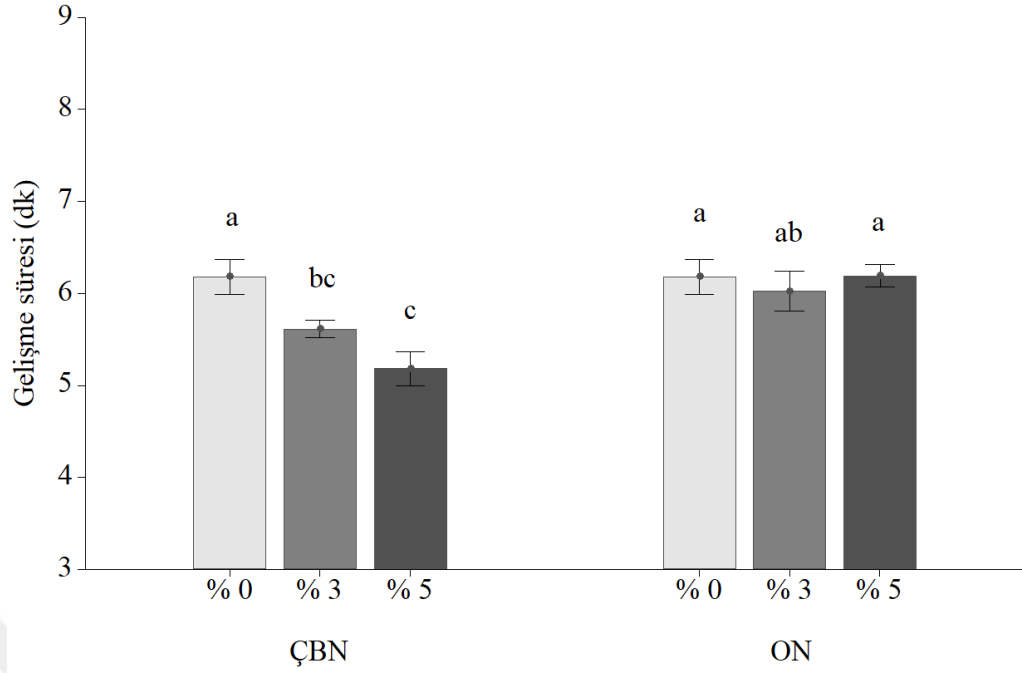
mısır nişastası içeren unda 4.37 dk ve okside mısır nişastası içeren unda ise 6.11 dk olarak ortaya koymuşlardır. Bu sonuçların çalışmamızda elde edilen verilerle yakın benzerlik taşıdığı görülmüştür.

FZ bulunmayan örneklerde hem ÇBN' nin hem ON' nin gelişme süresini kısalttığı, FZ içeren örneklerde ÇBN' nin bu etkisin devam ettiği ancak ON' nin ise önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre FZ' de bulunan fenolik bileşikler ile ON' nin interaksiyon halinde olduğu sonucuna varılabilir. Nitekim ON ile fenolik bileşiklerin etkileşimi çalışmamızdaki farklı analiz sonuçlarında birçok defa izlenmiştir.



Şekil 4.7. Gelişme süresi üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksiyonu (MN: Modifiye nişasta)

Farinograf ölçümlerinde stabilite çok önemli bir parametre olup hamurun dayanıklılığı ve yoğurmaya karşı direnci hakkında fikir vermektedir. Hamurun uzun stabiliteye sahip olması yoğurmaya toleranslı olduğunu, kısa stabiliteye sahip olması ise yoğurmaya karşı hassas olduğunu göstermektedir. Gelişme süresine benzer olarak stabilitenin de ekmek yapımı için yüksek olması istenmektedir (Küçükçuban, 2012; Malalgoda vd, 2017).



Şekil 4.8. Gelişme süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çizelge 4.18’ de örneklere ait stabilite sonuçları verilmiştir. % 0 FZ + % 5 ÇBN örneğinde 5.5 dk ile en kısa stabilite süresi belirlenmiş ve en uzun stabilite % 10 FZ + % 0 MN örneğinde 15.8 dk olarak gözlenmiştir.

Stabilite üzerine FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

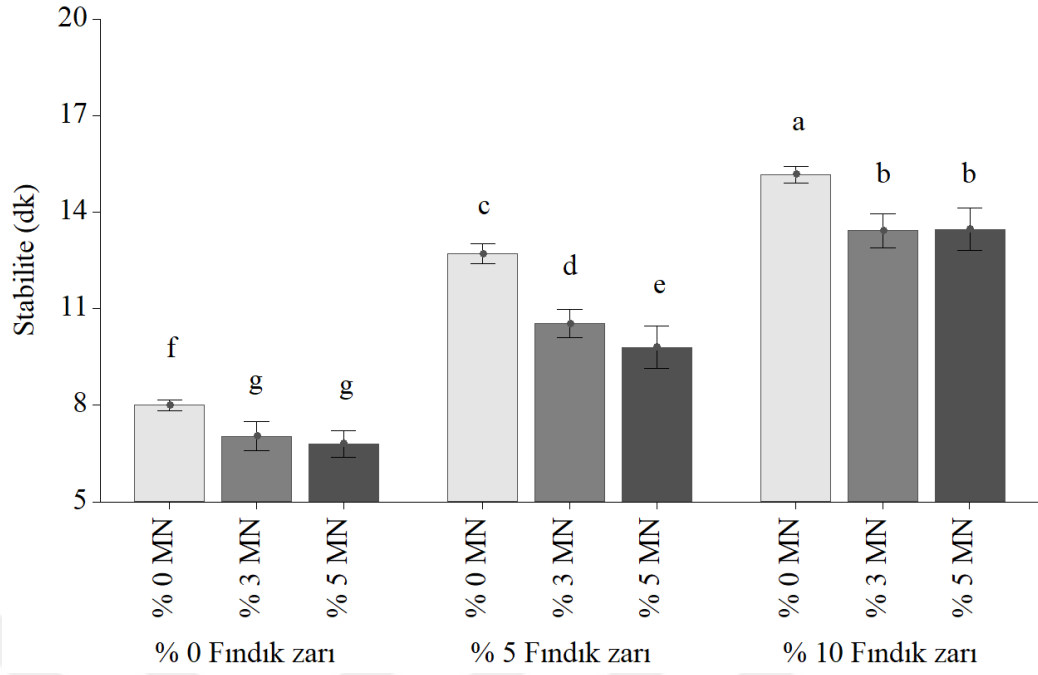
FZ ilave edilmeyen örneklerde stabilite 7.28 dk olarak belirlenirken % 5 FZ’ de 11.01 dk ve % 10 FZ’ de 14.02 dk olarak gözlenmiş ve aralarında istatistiksel açıdan önemli fark tespit edilmiştir ($P<0.05$). Anıl (2007) 0.50 - 0.85 mm büyüklüğündeki fındık zarlarını yaş veya kuru olarak buğday ununa % 5 ve % 10 olmak üzere 2 farklı oranda ilave etmiştir. Stabilite süresini fındık zarı ilavesiz unda 6.90 dk, % 5 ve % 10 kuru fındık zarı ilaveli unlarda ise 13.85 ve 23.10 dk olarak tespit etmiştir.

ÇBN örneklerinde stabilitenin 10.04 dk, ON’ de ise 11.50 dk olduğu ve aralarında istatistiksel açıdan fark meydana geldiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Nişasta

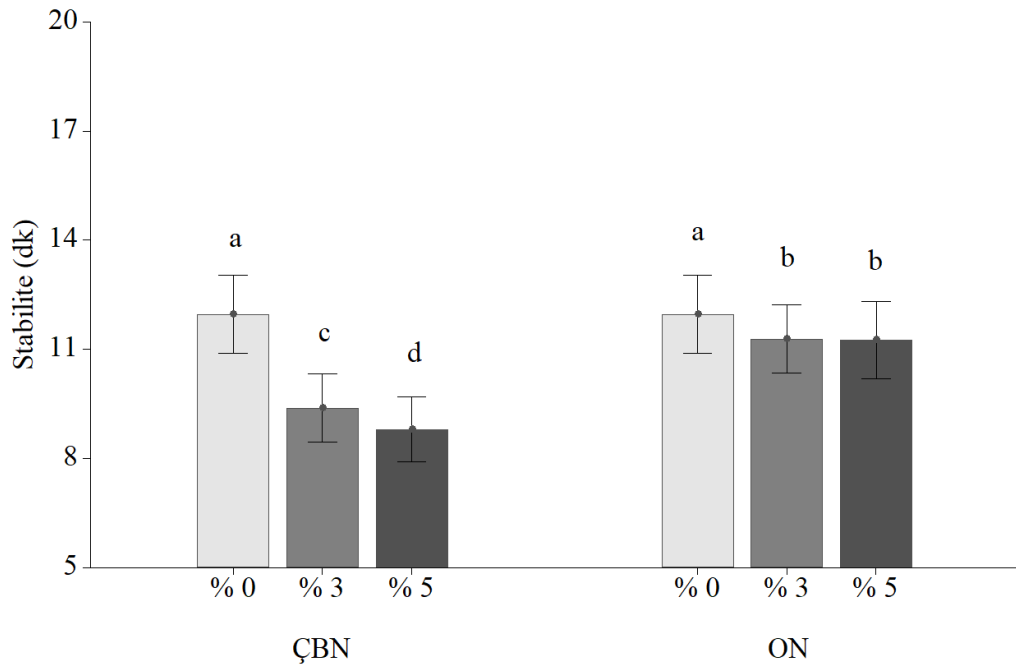
ilavesi ile birlikte hamurda stabilite önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma göstererek % 0, % 3 ve % 5 oranlarında sırasıyla 11.96, 10.33 ve 10.02 dk tespit edilmiştir (Çizelge 4.22). Çapraz bağlı mısır nişastası ve okside mısır nişastasının buğday ununa ayrı ayrı % 10 oranında ilave edildiği bir çalışmada unda stabilite 12.38 dk, çapraz bağlı nişasta ilavesiyle 13.96 dk ve okside nişasta ile 11.02 dk olarak saptandığı ifade edilmiştir (Akram vd, 2017). Miyazaki vd (2008) buğday ununa % 18 oranında düşük ve yüksek oranda fosfatlanmış çapraz bağlı tapyoka nişastası ilave etmişler ve yaptıkları ölçümlerde stabiliteyi buğday unu için 29.8 dk, düşük seviyede fosfatlanmış nişasta ilavesinde 36.1 dk ve yüksek seviyeli fosfatlanmış nişastada ise 30.5 dk olarak bulmuşlardır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda gıdalarda bulunan lipid, karbonhidrat ve proteinlerdeki fonksiyonel grupları oksitlemek için ozon gazı uygulamasına yer verilmektedir. Una ozon gazı uygulandığında glikozdaki hidroksil gruplarını karbonil ve karboksil gruplarına oksitlenmekte ve okside modifiye nişasta ile benzer çirilenme özelliklerine sahip un elde edilmektedir. Sandhu vd (2011a) ozon gazını unda oksitleyici ajan olarak kullanmışlar ve bu amaçla 4.5, 8.0, 18, 27, 36 ve 45 dk sürelerde oksitleme işlemi yapmışlardır. Sonuçta kısa süreli oksitleme işlemi yapıldığında stabilite ve hamurun dayanıklılığını arttığı ancak uzun süre ozon gazı uygulandığında stabilitede düşüş yaşandığını belirtmişlerdir. Ozon gazının hamur dayanıklılığını artırmasına neden olarak sisteinde bulunan sülfidril gruplarının ozon gazı uygulaması ile gluten birimleri arında disülfid bağlarına dönüşmesinin neden olabileceğini aktarmışlardır.

Farinograf ölçümleri ile diğer bir parametre olan yumuşama derecesi hesaplanmaktadır. Yumuşama derecesi farinograf eğrisinin en üst noktasından itibaren 12 dk sonra kurvenin 500 BU çizgisine olan uzaklığı olarak tanımlanmaktadır. Yumuşama derecesinin fazla olması zayıf gluten kalitesi ile ilgili olmaktadır. Düşük olması durumunda ise hamur işlemeye daha uygun olmakta ve fermentasyona daha toleranslı kabul edilmektedir. Buna göre ekmekçilik açısından yumuşama derecesinin düşük olması istenmektedir (Akgün, 2007; Karaduman, 2013; Küçükçuban, 2012).

Yumuşama derecesi sonuçlarına göre % 10 FZ + % 0 MN ile en düşük (34 BU), % 0 FZ + % 5 ÇBN ile en yüksek (81 BU) değerlerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.18).



Şekil 4.9. Stabilite üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta oranı (C) interaksiyonu (MN: Modifiye nişasta)



Şekil 4.10. Stabilite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çizelge 4.23' de yumuşama derecesine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Yumuşama derecesi üzerine FZ, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P < 0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonu istatistiksel olarak önemliken ($P < 0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye

nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.23. Yumuşama derecesi, yoğurma toleransı, yumuşama süresi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Yumuşama derecesi (BU)			Yoğurma toleransı (BU)			Yumuşama süresi (dk)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	2880.390	203.45	0.000*	2236.070	222.78	0.000*	126.065	306.58	0.000*
B	1	547.850	38.7	0.000*	262.240	26.13	0.000*	26.181	63.67	0.000*
C	2	349.180	24.66	0.000*	74.690	7.44	0.002*	18.836	45.81	0.000*
AxB	2	7.350	0.52	0.599	18.960	1.89	0.166	0.094	0.23	0.797
AxC	4	3.530	0.25	0.908	27.410	2.73	0.044*	0.682	1.66	0.181
BxC	2	145.640	10.29	0.000*	66.240	6.6	0.004*	7.150	17.39	0.000*
AxBxC	4	14.770	1.04	0.399	12.960	1.29	0.292	0.110	0.27	0.897

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ ilavesinin yumuşama derecesini kademeli olarak önemli ölçüde azalttığı ($P<0.05$) gözlenmiştir (Çizelge 4.24). ÇBN kullanımıyla yumuşama derecesi ortalamada 58.74 BU, ON kullanıldığında 52.37 BU olarak tespit edilmiş ve aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Her iki nişasta çeşidi de yumuşama derecesini artırmakla birlikte ÇBN' nin % 3 ve % 5 oranlarında kullanımı istatistiksel açıdan önemli fark ($P<0.05$) meydana getirmiştir (Şekil 4.11). ON kullanımı yumuşama derecesini bir miktar artırmış olmasına rağmen nişasta ilavesi yapılmayan örneğe göre aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($P>0.05$).

Sporin vd (2018) buğday ununa besinsel lif kaynağı olarak kırmızı ve beyaz üzüm posası unlarını ilave ederek hamur özelliklerini belirlemişlerdir. Yaptıkları çalışmada buğday ununa % 6, 10 ve 15 oranlarında üzüm posası unlarını ilave etmişler ve farinograf yumuşama derecesini buğday unu için 20.3 BU olarak belirtirken kırmızı üzüm posası unu ilavesinde yumuşama derecesinin azaldığını ve % 6, 10 ve 15 oranları için 22.0, 14.3 ve 2.6 BU olduğunu tespit etmişlerdir. Beyaz üzüm posası unu ilavesiyle ise yumuşama derecesinin arttığını ve söz konusu oranlar için sırasıyla 21.0, 43.3 ve 84.0 BU olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun nedenini kırmızı üzüm posası ununda yüksek miktarda fenolik bulunması, beyaz üzüm posası unu

ilavesi ile gluten miktarında azalma ve gluten ağının zayıflaması olarak açıklamışlardır.

Çizelge 4.24. Fındık zarı oranları için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Yumuşama derecesi (BU)	Yoğurma toleransı (BU)	Yumuşama süresi (dk)
0	68.50±6.38a	37.06±5.63a	9.81±1.14c
5	54.94±6.33b	22.94±4.19b	12.72±1.59b
10	43.22±6.70c	15.06±3.96c	15.09±1.36a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.25. Modifiye nişasta çeşitleri için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Yumuşama derecesi (BU)	Yoğurma toleransı (BU)	Yumuşama süresi (dk)
ÇBN	58.74±13.03a	27.22±11.18a	11.84±2.61b
ON	52.37±10.62b	22.81± 8.91b	13.24±2.36a

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

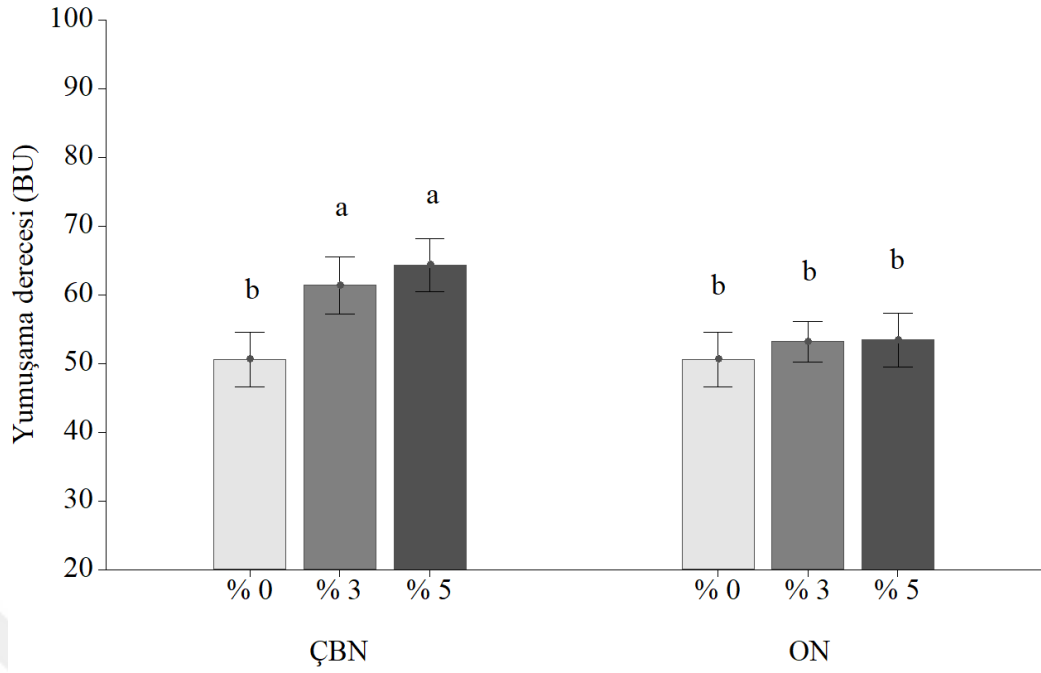
Yoğurma tolerans değeri farinograf grafiğindeki eğrinin en yüksek noktasındaki BU enerji değeri ile bu değere ulaştıktan 5 dk sonraki BU değeri arasındaki farktır. Ekmek yapımı için düşük yoğurma toleransına sahip unlar daha uygun olmaktadır (D'Appolonia, 1984).

Çizelge 4.26. Modifiye nişasta oranları için yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Yumuşama derecesi (BU)	Yoğurma toleransı (BU)	Yumuşama süresi (dk)
0	50.56±11.57b	22.67± 8.42b	13.72±2.33a
3	57.25±11.33a	26.17±10.90a	12.03±2.36b
5	58.86±12.69a	26.22±11.38a	11.87±2.71b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Yoğurma toleransı değerleri incelendiğinde % 10 FZ + % 3 ON örneğinde en düşük (10 BU) ve % 0 FZ + % 3 ÇBN örneğinde en yüksek (50 BU) yoğurma toleransı gözlenmiştir (Çizelge 4.18).



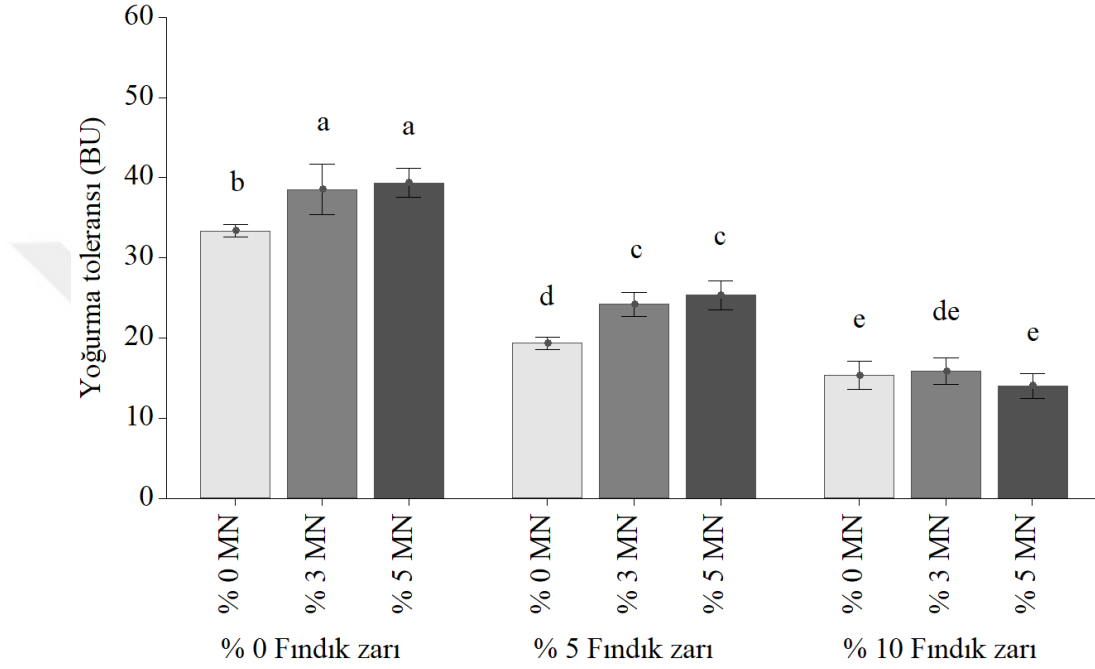
Şekil 4.11. Yumuşama derecesi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Yoğurma toleransı üzerine FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$) (Çizelge 4.23). FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

FZ içermeyen örneklerde yoğurma toleransı ortalama 37.06 BU, % 5 FZ örneklerinde 22.94 BU ve % 10 FZ örneklerinde 15.06 BU tespit edilmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.24). Fındık zarı, bezelye veya keçiyoynuzu gibi yüksek lif içeren ürünlerin unda glutenin seyrelemesine neden olması sebebiyle yoğurma toleransını düşürdüğü belirtilmiştir (Bajerska vd, 2015). Anıl (2007) buğday ununa % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı ilave etmiş ve yoğurma toleranslarını sırasıyla 163, 127 ve 86 BU olarak tespit etmiştir.

Çalışmamızda ÇBN kullanımı ile 27.22 BU olarak belirlenen yoğurma toleransı değeri ON içeren örneklerde 22.81 BU olarak saptanmıştır (Çizelge 4.25). Modifiye nişasta kullanımının yoğurma toleransını önemli derecede artırdığı tespit edilmiştir ($P<0.05$). Buna göre % 0, % 3 ve % 5 nişasta oranlarında sırasıyla 22.67, 26.17 ve

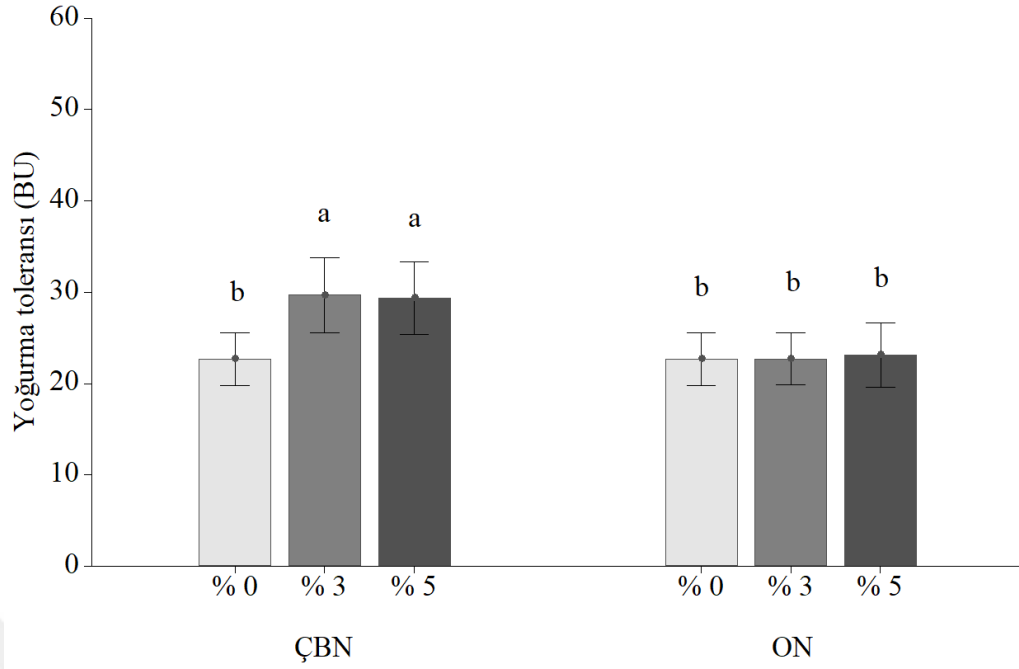
26.22 BU olarak saptanmıştır. Rodriguez-Sandoval vd (2017b) çapraz bağlı kasava nişastasını ekmek üretiminde yağ ikame edici olarak kullanmışlardır. Bu amaçla buğday ununa % 4.76, % 6.30 ve % 8.23 oranlarında ilave edilmiş ve bu karışımlarda yoğurma toleranslarını sırasıyla 15 FU, 16 FU ve 28 FU olarak bildirmişlerdir. Buğday ununda ise bu değerin 9 FU olduğunu ve modifiye nişasta ilavesi ile gluten ağında zayıflama meydana geldiğini ifade etmişlerdir.



Şekil 4.12. Yoğurma toleransı üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta oranı (C) etkileşimi (MN: Modifiye nişasta)

Yumuşama süresi, farinograf eğrisinin en yüksek noktasındaki BU değerinden 30 BU çıkarılması ile elde edilen enerji değerine ulaşılması için gerekli süre olarak tanımlanmaktadır (AACC, 2010).

Çizelge 4.18’ de yumuşama süresi sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde 7.9 dk ile en düşük yumuşama süresine % 0 FZ + % 5 ÇBN’ de ulaşılırken en yüksek değer ise 16.8 dk ile % 10 FZ + % 0 MN örneğinde belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Yoğurma toleransı üzerine modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

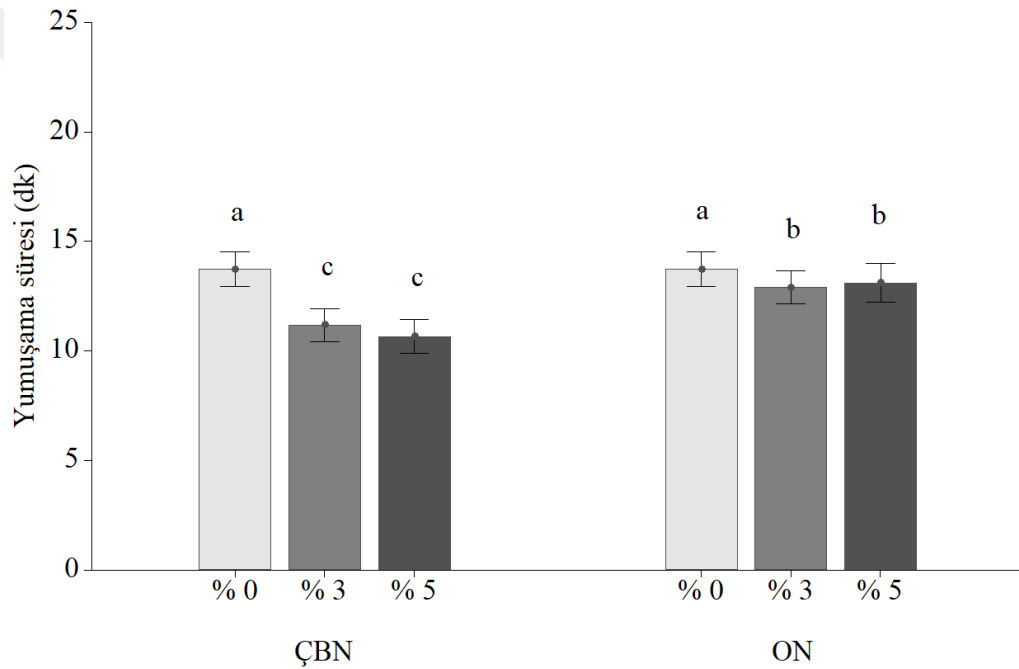
Çizelge 4.23’ de yumuşama süresine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Buna göre FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi yumuşama süresi üzerine önemli düzeyde etki ettiği gözlenmiştir ($P<0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileri ise istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Yumuşama süresi değerleri una FZ’ nin % 5 ve % 10 ilavesi ile önemli derecede artış göstermiştir ($P<0.05$). % 0, % 5 ve % 10 FZ oranına sahip unlarda yumuşama süreleri sırasıyla 9.81 dk, 12.72 dk ve 15.09 dk olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.24). Her iki nişasta çeşidi için de nişasta ilavesi yumuşama süresini kısaltmış olup ÇBN ve ON için sırasıyla 11.84 dk ve 13.24 dk tespit edilmiştir (Çizelge 4.25). Nişasta oranının % 0’ dan % 3’ e çıkarılması yumuşama süresini önemli düzeyde azaltırken ($P<0.05$) % 3’ den % 5’ e çıkarılması yumuşama süresini azaltmasına rağmen önemli bir fark gözlenmemiştir ($P>0.05$).

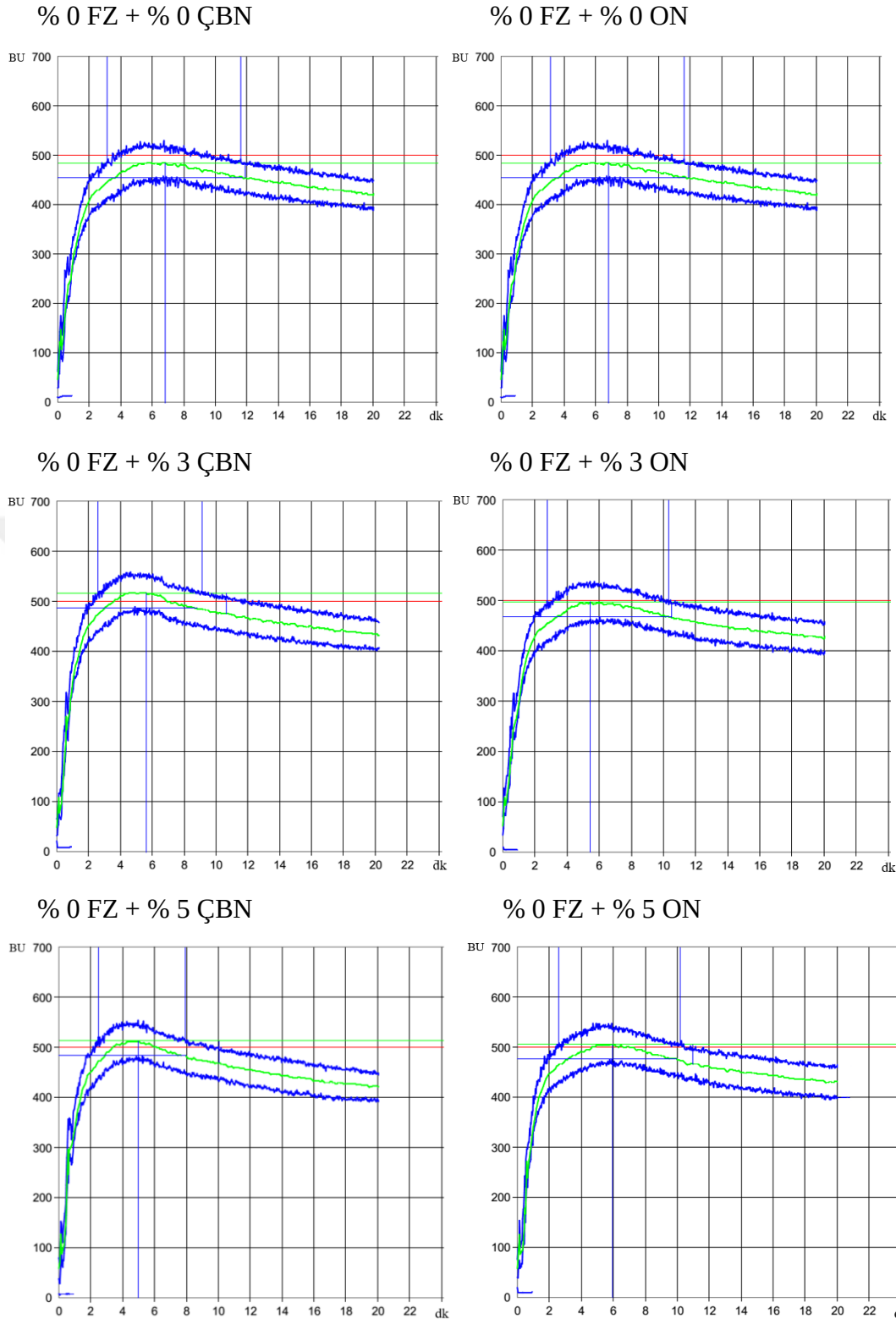
Anıl (2012) pide üretimi için uygun un karışımlarını belirlemek amacıyla buğday ununa buğday, mısır, pirinç ve yulaf kepeklerini % 10, 15 ve 20 oranlarında ilave etmiştir. Farinograf ölçümleri sonucu yumuşama süresinin bütün kepek çeşitleri ve

oranlarında önemli ölçüde artış gösterdiğini ifade etmiştir. Bir başka çalışmada ise buğday ununda 7.80 dk olan yumuşama süresinin % 5 ve % 10 oranlarında fındık zarı ilave edilmesi ile sırasıyla 14.60 dk ve 20.05 dk' ye yükseldiği ortaya koyulmuştur (Anıl, 2007).

Miyazaki vd (2008) yaptıkları bir çalışmada % 18 oranında düşük ve yüksek derecede fosfatlanmış çapraz bağlı tapyoka nişastasını buğday ununa ayrı ayrı ilave etmişlerdir. Nişasta ilaveli unlara ekmek hacminde yüksek oranda düşüşü engellemek için % 2 oranında vital gluten kullanmışlardır. Yumuşama süresini buğday unu için 35.2 dk, düşük seviyede fosfatlanmış nişasta ilavesinde 39.8 dk ve yüksek seviyeli fosfatlanmış nişastada ise 35.0 dk olarak bulmuşlardır.

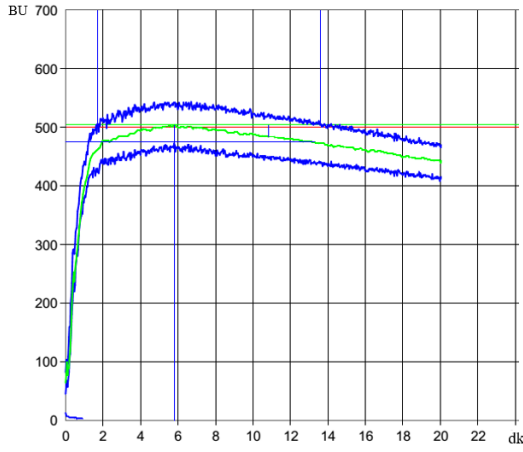


Şekil 4.14. Yumuşama süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

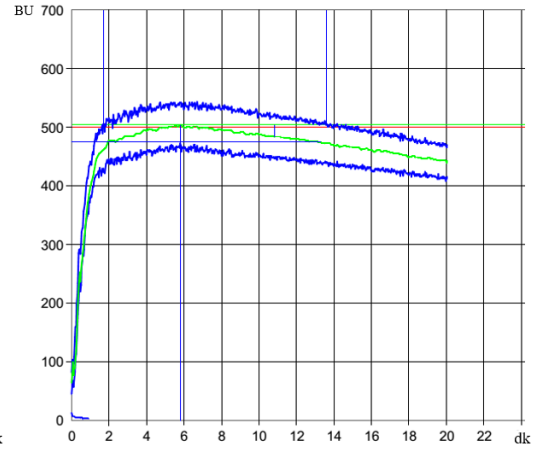


Şekil 4.15. Fındık zarı içermeyen un karışımlarına ait farinogramlar
(FZ: Fındık zarı, ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

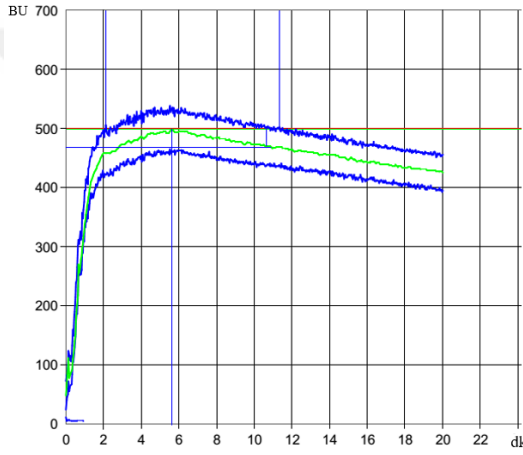
% 5 FZ + % 0 ÇBN



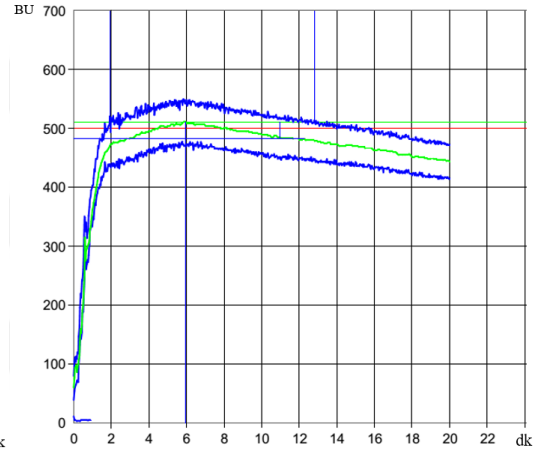
% 5 FZ + % 0 ON



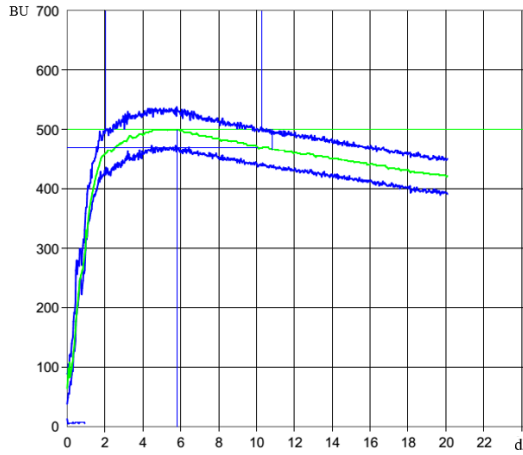
% 5 FZ + % 3 ÇBN



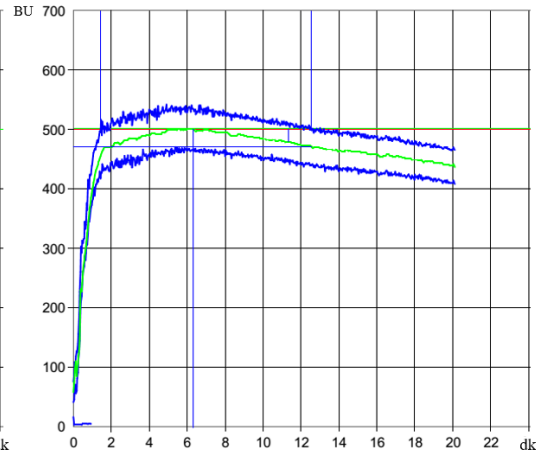
% 5 FZ + % 3 ON



% 5 FZ + % 5 ÇBN

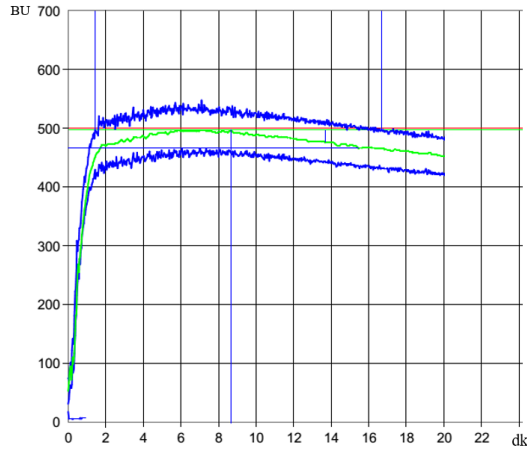


% 5 FZ + % 5 ON

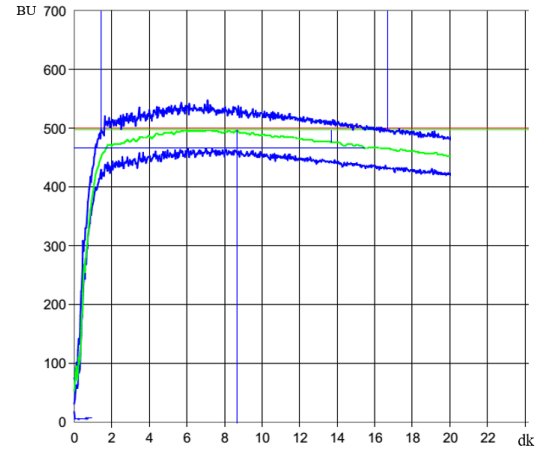


Şekil 4.16. % 5 fındık zarı içeren un karışımlarına ait farinogramlar
(FZ: Fındık zarı, ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

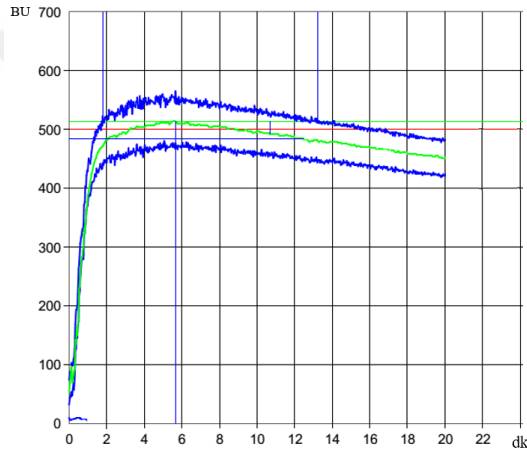
% 10 FZ + % 0 ÇBN



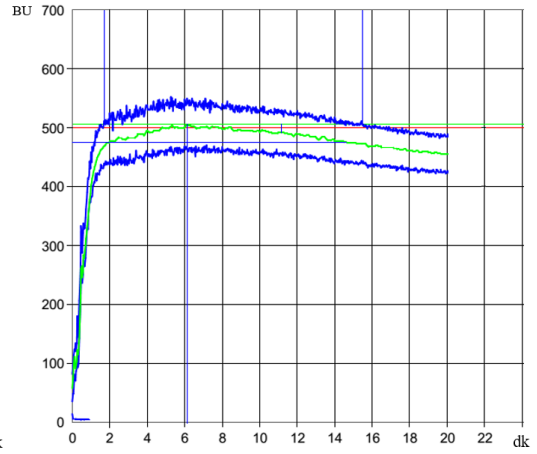
% 10 FZ + % 0 ON



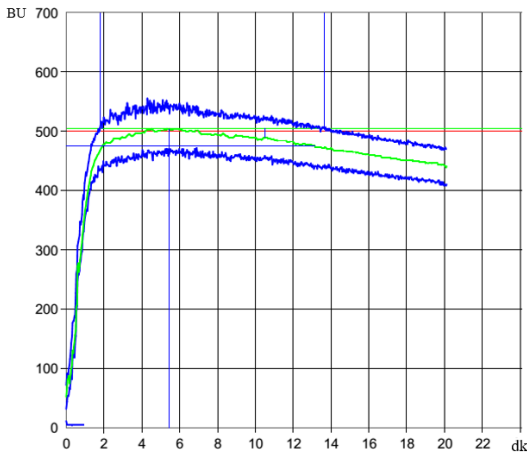
% 10 FZ + % 3 ÇBN



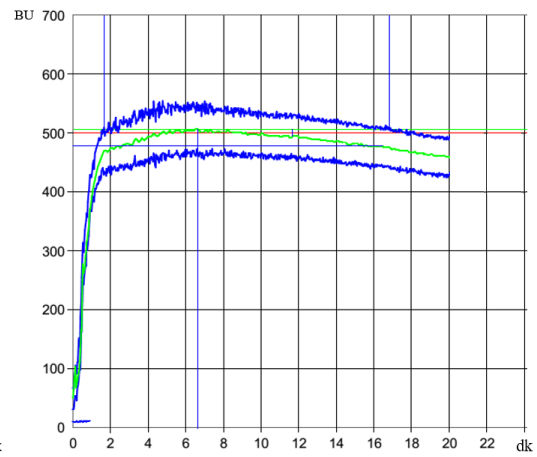
% 10 FZ + % 3 ON



% 10 FZ + % 5 ÇBN



% 10 FZ + % 5 ON



Şekil 4.17. % 10 fındık zarı içeren un karışımlarına ait farinogramlar
(FZ: Fındık zarı, ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

4.2.4. Mikroekstensograf

Ekstensograf ile belli bir süre bekletilen hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnci ve uzama kabiliyeti ortaya koyulmaktadır (Özkaya, 1995). Ekmek yapımına uygun olan unlarda yüksek direnç ve yüksek elastikiyete sahip olunmakta ve bu ikisi arasında uygun bir orantı bulunmaktadır (Biçer, 2011; Elgün vd, 2002). Hamurda uzamaya karşı direncin yüksek olması fermantasyon toleransı ve gaz tutma gücünün fazla olmasına neden olmakta ve üretilen ekmeklerde yüksek hacim elde edilmektedir (Elgün vd, 2002).

Un karışımlarına ait mikroekstensograf sonuçları Çizelge 4.27’ de gösterilmiştir. Elde edilen hamurlarda uzamaya karşı direnç ölçülmüş ve en yüksek olarak % 10 FZ + % 0 MN içeren örnekte (961.1 mN) görülürken en düşük % 0 FZ + % 5 ÇBN içeren örnekte (426.1 mN) belirlenmiştir.

Çizelge 4.28’ deki uzamaya karşı direnç değerleri için varyans analiz sonuçları incelendiğinde FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi ve FZ x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları da istatistiksel açıdan önemli görülmüştür ($P<0.05$).

Çoklu karşılaştırma testleri incelendiğinde FZ’ nin % 0, % 5 ve % 10 düzeylerinde kullanımı ile uzamaya karşı direnç değerleri sırasıyla 499.20, 647.18 ve 825.91 mN olarak tespit edilmiş ve bu değerler arasında istatistiksel açıdan önemli fark ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.28).

Modifiye nişasta ilavesi ise uzamaya karşı direnci önemli ölçüde ($P<0.05$) azaltmıştır (Çizelge 4.31). ÇBN’ nin % 3’den % 5’ çıkarılması ON’ nin % 3’den % 5’ çıkarılmasına göre uzamaya karşı direnci daha fazla düşürmüştür (Şekil 4.18). FZ’ nin artırıcı etkisi, modifiye nişastaların ise azaltıcı etkisinden dolayı bu ikisi beraber kullanıldığında her iki modifiye nişastanın da FZ’ nin etkisini önemli ölçüde azalttığı ve ÇBN’ nin FZ’ nin etkisini azaltmada daha etkili olduğu görülmüştür. Yapılan bir çalışmada buğday ununda ekstensograf ölçümü yapılarak 45 dk bekletilen hamurda 545 BU olarak belirlenmiştir. Bu una sırasıyla % 4, 6, 8 ve 10 oranlarında fındık zarı ilave edilmiş ve elde edilen karışımlarda uzamaya karşı direncin artış gösterdiği ve

714, 724, 860 ve 933 BU olarak belirlendiği ifade edilmiştir (Velioğlu vd, 2017). Benzer olarak Anıl (2007) da buğday ununa fındık zarı ilavesi ile uzamaya karşı direnç değerlerinde önemli derecede artış tespit etmiştir. Fındık zarında bulunan yüksek miktardaki fenolik bileşiğin antioksidan etkisinden dolayı hamur yapısının kuvvetlendiği düşünülmektedir. Bu sonuca uygun olarak, yapılan bir çalışmada 1 g una 0.15 µmol sistein ve L-askorbik asit ilave edilmiş ve uzamaya karşı direnç değerleri belirlenmiştir. Sonuçta sistein ilavesi ile uzamaya karşı direncin % 37 azaldığı, kuvvetli bir antioksidan olan L-askorbik asit ile % 47 artış gösterdiği saptanmıştır (Belitz vd, 2009). Van Hung ve Morita (2004) çalışmalarında kullandıkları buğday ununda uzamaya karşı direnci 45 dk bekletilen hamurda 373 BU olarak bildirmişlerdir. Bu una % 8 vital gluten ve sırasıyla % 5, 10 ve 15 oranlarında çapraz bağlı mısır nişastası ilave etmişler bu yapılan hamurlarda uzamaya karşı direnç değerlerini 523, 465 ve 507 BU olarak bulmuşlardır. Başka bir çalışmada ise okside patates nişastasının unda % 3 oranında kullanıldığında uzamaya karşı direncin büyük ölçüde yükseldiği ortaya koyulmuştur (Xinwen vd, 2014).

Hamurda uzama kabiliyeti büyük oranda gluten yapısı ile ilgilidir. Gluten proteini gliadin ve glutenin proteinlerinin su içeren ortamda birleşmesi ile meydana gelmektedir. Gliadinler hamura esneklik kazandıran düşük molekül ağırlıklı proteinlerdir. Gluteninler ise hamur yapısını kuvvetlendiren yüksek molekül ağırlıklı proteinlerdir (Sluimer, 2005).

Hamurlarda uzama kabiliyeti değerleri incelendiğinde % 0 FZ + % 3 ON kullanımı ile 65.3 mm olarak en yüksek uzama kabiliyetine ulaşılırken % 10 FZ + % 5 ON örneğinde 24.1 ile en düşük değere gözlenmiştir (Çizelge 4.27).

Uzamaya kabiliyeti için varyans analiz sonuçlarına göre FZ kullanım oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları önemli bulunurken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonu istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$) (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.27. Mikroekstensograf sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Uzamaya karşı direnç (mN)			Uzama kabiliyeti (mm)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	499.2	504.3	503.6	65.1	62.3	59.0
		3	499.8	494.3	502.8	55.3	57.3	59.1
		5	429.3	426.1	428.6	56.4	55.3	52.9
	ON	0	499.2	504.3	503.6	65.1	62.3	59.0
		3	548.3	551.6	553.6	61.4	65.3	59.4
		5	508.1	513.6	515.5	61.2	61.3	60.6
5	ÇBN	0	718.4	694.1	684.2	45.9	41.3	45.0
		3	725.0	718.4	724.7	39.8	38.0	41.4
		5	527.4	528.4	535.2	47.2	45.9	44.0
	ON	0	718.4	694.1	684.2	45.9	41.3	45.0
		3	631.4	638.9	637.0	40.1	41.6	41.6
		5	584.4	596.3	608.9	44.4	42.4	42.6
10	ÇBN	0	923.3	923.6	961.1	24.8	26.0	26.5
		3	742.9	759.5	754.1	29.2	27.7	27.5
		5	594.5	590.9	606.9	28.3	32.2	30.5
	ON	0	923.3	923.6	961.1	24.8	26.0	26.5
		3	892.4	889.3	896.5	27.9	25.7	25.9
		5	838.3	841.9	843.2	25.7	24.8	24.1

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta
T: Tekerrür

Çizelge 4.28. Uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Uzamaya karşı direnç (mN)			Uzama kabiliyeti (mm)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	481759	4374.42	0.000*	4909.19	1406.87	0.000*
B	1	41693	378.57	0.000*	1.19	0.34	0.563
C	2	78307	711.04	0.000*	10.32	2.96	0.065
AxB	2	20839	189.22	0.000*	42.39	12.15	0.000*
AxC	4	14448	131.19	0.000*	25.64	7.35	0.000*
BxC	2	20819	189.04	0.000*	5.44	1.56	0.224
AxBxC	4	6594	59.88	0.000*	14.02	4.02	0.009*

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.29. Fındık zarı oranları için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Uzamaya karşı direnç (mN)	Uzama kabiliyeti (mm)
0	499.20±37.58 c	59.91±3.55 a
5	647.18±70.20 b	42.96±2.55 b
10	825.91±124.1 a	26.89±2.13 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.30. Modifiye nişasta çeşitleri için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Uzamaya karşı direnç (mN)	Uzama kabiliyeti (mm)
ÇBN	629.60±154.90 b	43.10±12.85
ON	685.20±160.30 a	43.40±15.10

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.31. Modifiye nişasta oranları için uzamaya karşı direnç ve uzama kabiliyeti değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

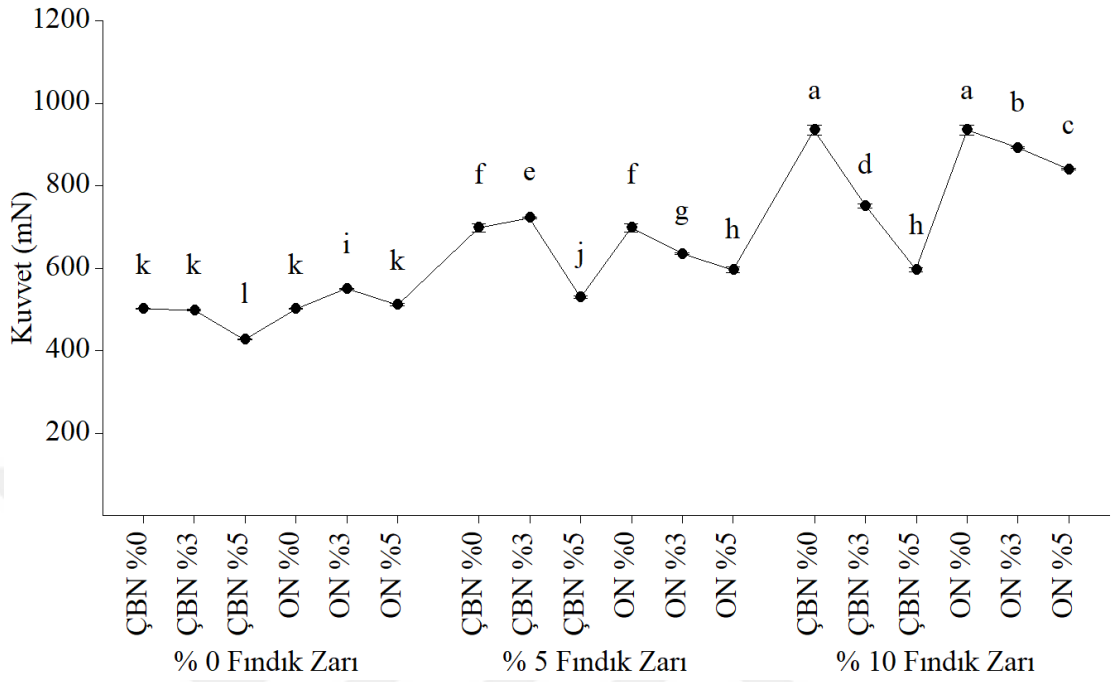
Modifiye nişasta oranı (%)	Uzamaya karşı direnç (mN)	Uzama kabiliyeti (mm)
0	712.40±182.90 a	43.97±15.40 a
3	675.60±135.20 b	42.46±13.83 b
5	584.30±132.20 c	43.33±13.09 ab

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

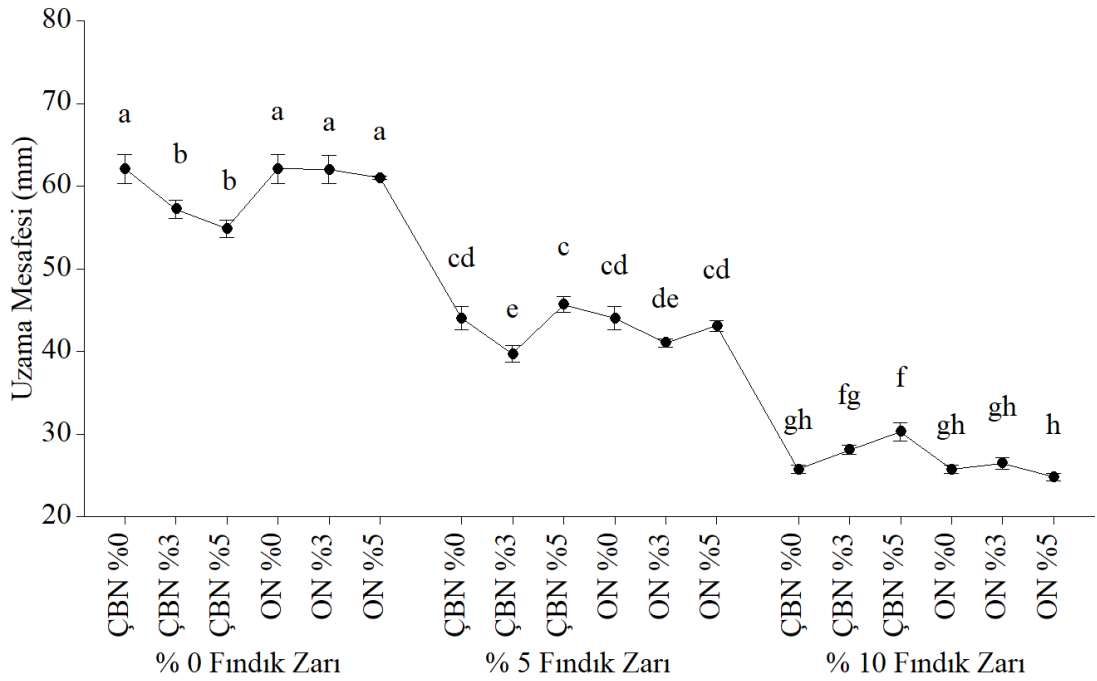
Çizelge 4.29' da gösterildiği üzere FZ oranındaki artışa bağlı olarak uzama kabiliyetinde önemli azalma kaydedilmiştir (P<0.05). Una fındık zarı ilavesiyle hamurda uzama kabiliyetinin azalmasında fındık zarının içerdiği liflerin etkili olduğu bildirilmiştir (Velioğlu vd, 2017). Tam buğday unundan elde edilen hamurun rafine buğday unundan elde edilen hamura göre daha az uzayabildiği ve daha sert olduğu bildirilmiştir (Alviola vd, 2010).

Çalışmamızda nişasta çeşitleri arasında belirgin bir fark gözlemezken nişasta oranlarının artması ile uzama kabiliyetinde azalma meydana gelmiştir. Benzer olarak Alviola vd (2012) ekmek üretimine kullanılmak üzere una % 0, 15, 20 ve 25 oranlarında çapraz bağlı buğday nişastası ilave etmişler ve uzama kabiliyetinde önemsiz düzeyde azalma gözleyerek sırasıyla 47.7 mm, 37.6 mm, 37.3 mm ve 40.0 mm olarak bildirmişlerdir. Buğday unundaki glutenin modifiye nişastanın seyreltici

etkisinden fazla etkilenmeyerek gerekli yapışkanlık derecesinin sağladığını ifade etmişlerdir.



Şekil 4.18. Un karışımlarında uzamaya karşı direnç değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)



Şekil 4.19. Un karışımlarında uzama mesafesi değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

4.2.5. Gaz üretim gücü

Ekmekte yüksek kalite elde edilebilmesi için hamurun fermantasyon kabiliyetinin fazla olması gerekmektedir ve bu da hamurun yeteri kadar kabarması ile mümkün olabilmektedir (Giannone vd, 2010). Fermantasyon sırasında oluşan yüksek gaz basıncı hamur siteminde maya aktivitesi ile oluşan karbondioksit gazı miktarı ile doğru orantılıdır (Khalid vd, 2017). Çizelge 4.32’ de araştırmamızdaki gaz üretim gücü sonuçları verilmiştir. En düşük gaz üretim gücüne un örneğinin % 10 FZ + % 5 ÇBN (115.3 g/cm²) olduğu belirlenirken % 5 FZ + % 3 ON en yüksek gaz üretim gücüne (166.3 g/cm²) sahip un örneği olarak gözlenmiştir.

Çizelge 4.32. Karışım unlara ait gaz üretim gücü sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Gaz üretim gücü (g/cm ²)		
			I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	138.51	138.51	138.51
		3	151.16	156.08	156.08
		5	163.82	158.89	158.89
	ON	0	138.51	138.51	138.51
		3	156.08	151.16	148.35
		5	153.27	153.27	151.16
5	ÇBN	0	135.69	132.88	132.88
		3	148.35	153.27	153.27
		5	132.88	135.69	132.88
	ON	0	135.69	132.88	132.88
		3	166.63	166.63	161.00
		5	156.08	158.89	156.08
10	ÇBN	0	125.15	127.96	125.15
		3	130.77	125.15	130.77
		5	117.41	115.30	115.30
	ON	0	125.15	127.96	125.15
		3	161.00	163.82	158.89
		5	158.89	161.00	158.89

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.33’ de gaz üretim gücü değerleri için varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Buna göre FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür (P<0.05). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ

oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

Çizelge 4.33. Gaz üretim gücü değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Gaz üretim gücü (g/cm^2)		
		K.O.	F	P
A	2	822.65	170.21	0.000*
B	1	1724.19	356.73	0.000*
C	2	1784.09	369.13	0.000*
AxB	2	937.00	193.87	0.000*
AxC	4	104.93	21.71	0.000*
BxC	2	462.79	95.75	0.000*
AxBxC	4	266.59	55.16	0.000*

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ kullanımına bağlı olarak gaz üretim gücünde kademeli olarak önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.34). Khalid vd (2017) buğday ununda kepek olmadığı takdirde daha yüksek gaz üretim gücü sağlandığını aktarmıştır. Aynı araştırmacılar una ekstrakte edilebilir ve hidrolize edilebilir fenolik bileşiklerin ilave edildiği durumlarda daha düşük gaz üretim gücü ile karşılaşmışlar ve bu durumu ferulik asit gibi fenolik asitlerin maya aktivitesini azaltmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.34. Fındık zarı oranları için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Gaz üretim gücü (g/cm^2)
0	149.40± 8.66 a
5	145.81±13.08 b
10	136.32±18.10 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çalışmamızda her iki nişasta çeşidinin de gaz üretim gücünü artırdığı gözlenmiş ve ON ile önemli bir artış ($P<0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.35). Modifiye nişastaların % 3 kullanımı ile en yüksek gaz üretim gücü değerlerine ulaşılırken % 5'e çıkarılması ile azalma kaydedilmiştir. ÇBN içeren örneklerde FZ oranının artmasıyla

gaz üretim gücü kademeli olarak azalmasına rağmen ON bulunan örneklerde artan FZ oranları gaz üretim gücünü artırmıştır. Buna göre ON' nin gaz oluşumu üzerine olumlu etkileri kaydedilmiştir (Şekil 4.20).

Corsetti vd (1995) unda suda çözünebilen karbonhidratların bulunmasıyla laktik asit bakterilerinin gelişiminin artacağını belirtmiştir. Nişastaların okside edilmesi ile sudaki çözünürlüklerinin yükseldiği bildirilmiştir (Kuakpetoon ve Wang, 2001). Nitekim hint baklası nişastasının okside edilmesi ile daha fazla suda çözünebildiği (Adebowale vd, 2006) ve başka bir araştırmada ise fasulye nişastasında % 1.0 ve % 1.5 oranlarında sodyum hipoklorit ile oksidasyon yapıldığında nişastanın suda çözünürlüğün yükseldiği ifade edilmiştir (Vanier vd, 2012). Buna göre çalışmamızda kullanılan okside nişastanın suda çözünürlüğünün fazla olması maya ve bakteri faaliyetlerinin artmasına neden olmuş olabilir. Bir diğer neden olarak oksidasyonla nişastada meydana gelen az miktardaki degradasyonun mikrobiyal aktivite için uygun substrat meydana getirmiş olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.35. Modifiye nişasta çeşitleri için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Gaz üretim gücü (g/cm ²)
ÇBN	138.19±14.16 b
ON	149.49±13.10 a

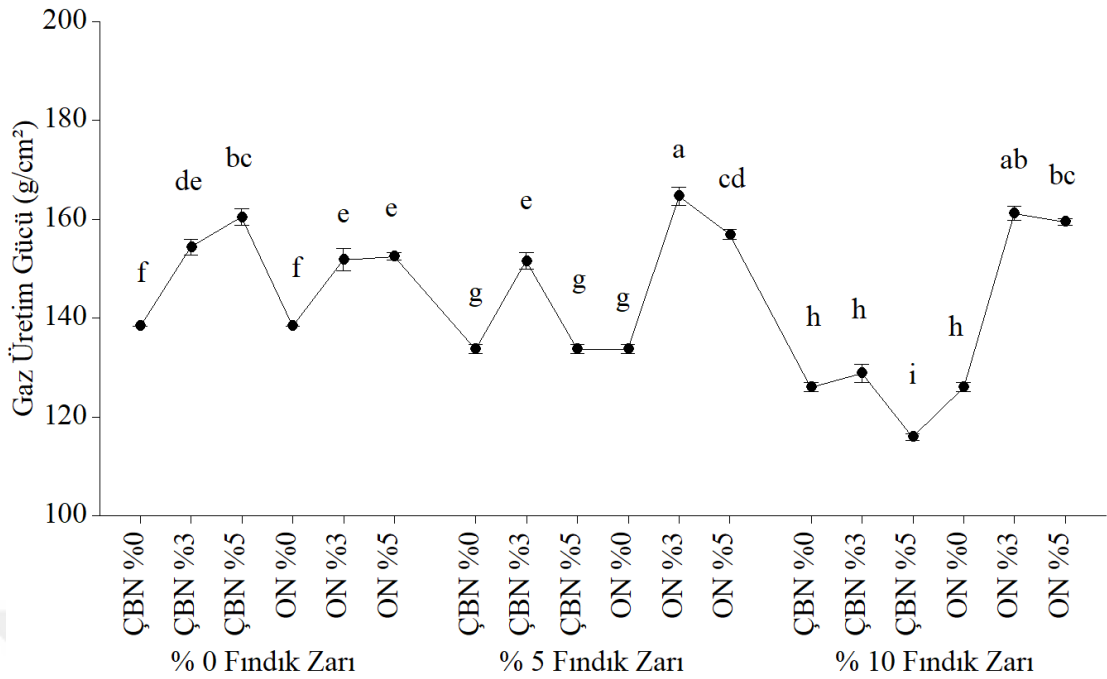
ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.36. Modifiye nişasta oranları için gaz üretim gücü değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Gaz üretim gücü (g/cm ²)
0	132.80± 5.39 c
3	152.14±12.08 a
5	146.59±16.90 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)



Şekil 4.20. Un karışımlarına gaz üretim gücü değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

4.2.6. Nişasta Çirilenme Özellikleri

Karışım unlardaki nişasta çirilenme özellikleri belirlenmiş olup maksimum viskozite (peak viscosity), incelme sonrası viskozite (hot paste viscosity), incelme viskozitesi (breakdown), son viskozite (final viscosity), katılma viskozitesi (setback), maksimum viskozite süresi (peak time) ve jelatinizasyon sıcaklığı (gelatinization temperature) sonuçları Çizelge 4.37’ de gösterilmiştir.

Maksimum viskozite gelişimi esas olarak nişasta granüllerinin şişmesine bağlı olarak değişmektedir. Nişasta granüllerinin şişme kabiliyeti arttıkça maksimum viskozite de yükselmektedir (Zaidul vd, 2007). Maksimum viskozite granüllerin şişme ve sertlik arasında optimum denge gösterdiği durumda meydana gelmektedir (Pimpa vd, 2007).

Çizelge 4.37’ de un karışımlarına ait maksimum viskozite sonuçları gösterilmiştir. Ölçümler sonucu en yüksek maksimum viskoziteye % 0 FZ + % 5 ÇBN örneğinde ulaşılırken (1259 cP) % 10 FZ + % 5 ON örneği ile en düşük değer (820 cP) kaydedilmiştir.

Çizelge 4.37. Maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite, incelme viskozitesi ve son viskozite sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Maksimum viskozite (cP)			İncelme sonrası viskozite (cP)			İncelme viskozitesi (cP)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	1130	1109	1051	397	408	358	733	702	693
		3	1171	1203	1145	427	448	405	744	755	740
		5	1225	1259	1190	457	462	410	768	797	780
	ON	0	1130	1109	1051	397	408	358	733	702	693
		3	963	1029	1005	361	399	418	602	630	587
		5	880	934	865	369	365	351	511	569	514
5	ÇBN	0	1002	1059	1022	331	404	391	671	655	631
		3	1092	1130	1059	391	434	383	701	696	676
		5	1164	1151	1155	443	426	454	721	725	701
	ON	0	1002	1059	1022	331	404	391	671	655	631
		3	932	915	932	389	376	377	543	539	555
		5	897	844	880	403	356	373	494	488	507
10	ÇBN	0	1012	991	979	414	409	389	598	582	590
		3	1099	1068	1052	450	420	427	649	648	625
		5	1166	1108	1066	475	438	420	691	670	646
	ON	0	1012	991	979	414	409	389	598	582	590
		3	939	910	982	394	419	376	545	491	606
		5	865	820	879	395	371	398	470	449	481

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Maksimum viskozite üzerine FZ ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülürken modifiye nişasta çeşidinin etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta oranı, FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Maksimum viskozite (cP)			İncelme sonrası viskozite (cP)			İncelme viskozitesi (cP)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	34993	35.99	0.000*	1724.1	3.03	0.061	42321	90.81	0.000*
B	1	301056	309.59	0.000*	14340.7	25.19	0.000*	183983	394.79	0.000*
C	2	1986	2.04	0.144	2076.5	3.65	0.036*	7324	15.72	0.000*
AxB	2	1733	1.78	0.183	121.1	0.21	0.809	1198	2.57	0.090
AxC	4	837	0.86	0.497	332.3	0.58	0.676	770	1.65	0.182
BxC	2	95532	98.24	0.000*	5079.4	8.92	0.001*	56751	121.78	0.000*
AxBxC	4	605	0.62	0.649	106.3	0.19	0.944	459	0.98	0.428

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ içermeyen örneklerde maksimum viskozite ortalamada 1080.44 cP olarak tespit edilmiştir. % 5 ve % 10 FZ ilave ile birlikte maksimum viskozite değerleri sırasıyla 1017.61 ve 995.44 cP olarak belirlenmiş ve FZ' nin maksimum viskoziteyi önemli ölçüde ($P<0.05$) azalttığı saptanmıştır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Fındık zarı oranları için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Maksimum viskozite (cP)	İncelme sonrası viskozite (cP)	İncelme viskozitesi (cP)
0	1080.40±116.40 a	399.83±34.59 ab	680.60±89.80 a
5	1017.60±100.20 b	392.06±33.82 b	625.60±81.70 b
10	995.40± 90.40 c	411.50±25.85 a	583.90±71.00 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Nişastanın jelatinizasyon sırasında ortamda su bağlama özelliği bulunan bileşiklerin fazla olması durumunda nişastanın jelatinizasyonu için gerekli su miktarı azalacağından jelatinizasyon sınırlı olmakta veya hiç olmamaktadır (Ova ve Erkek, 2002). Buna örnek olarak oligosakkaritlerin bulunması halinde nişastanın şişme kabiliyetini ve çözünlüğünü düşürmesi, jelatinizasyon sıcaklığını yükseltmesi ve düşük viskozitede jel oluşumuna neden olması söylenebilir (Bertolini, 2010). Aynı zamanda ortamda jelatinizasyona uğrayabilecek nişasta miktarının az olmasının da maksimum viskozitenin düşük gözlenmesinde rol oynadığı bildirilmiştir (Sozer vd, 2014). Çalışmamızda kullanılan FZ' nin maksimum viskoziteyi önemli ölçüde azaltması ortamda bulunan suyu bağlama özelliği ve nişastayı seyreltici etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

ÇBN içeren örneklerin ON' ye göre daha yüksek maksimum viskoziteye sahip olduğu kaydedilmiştir (Çizelge 4.40). ÇBN oranının artmasıyla maksimum viskozite kademeli olarak artış göstermesine rağmen ON' nin artan oranları ile maksimum viskozite giderek azalmıştır. Buna göre ÇBN' nin maksimum viskoziteyi artırıcı etkisi bulunurken ON' nin azaltma etkisi tespit edilmiştir (Şekil 4.21). Yapılan bir çalışmada mısır nişastasının fosfor ile çapraz bağlanması sonucu maksimum viskozitede artış olduğu bildirilmiş ve bu durumun fosfor kullanımının nişastanın şişme kabiliyetinin artırması ile geliştiği ifade edilmiştir. Hazarika ve Sit (2016) doğal taro nişastasında maksimum viskoziteyi 5150 cP, % 0.05 ve % 0.10 oranlarında fosforil klorür ile çapraz bağlı taro nişastalarında ise sırasıyla 5368 cp ve 6109 cP olarak rapor etmişlerdir. % 1.0 ve 1.5 sodyum hipoklorit ile okside edilmiş nişastaların doğal nişastaya göre daha düşük maksimum viskoziteye sahip olduğu belirtilmiştir (Chen vd, 2015). Benzer olarak başka bir çalışmada patates nişastasının okside edilmesi ile maksimum viskozitede düşüş yaşandığı bildirilmiştir (Xinwen vd, 2014). Çalışmamızda kullanılan FZ' de fenolik bileşiklerin bulunması nişasta çirişlenme özellikleri üzerine etki etmiş olabilir.

Nişastanın jelatinizasyonu sırasında maksimum viskoziteye ulaşıldıktan sonra sıcaklığın ve uygulanan karıştırma kuvvetinin etkisi ile bir süre sonra viskozitede düşüş meydana gelmektedir. Bu düşüş sonrası ulaşılan yeni viskoziteye inceleme sonrası viskozite denir. İnceleme sonrası viskozite pişen nişasta granüllerinin sıcaklık ve karıştırmaya karşı dayanıklılığın ölçüsüdür (Zaidul vd, 2007).

Çizelge 4.40. Modifiye nişasta çeşitleri için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Maksimum viskozite (cP)	İncelme sonrası viskozite (cP)	İncelme viskozitesi (cP)
ÇBN	1105.80±73.90 a	417.43±32.35 a	688.40±57.20 a
ON	956.50±80.20 b	384.83±22.40 b	571.70±76.40 b

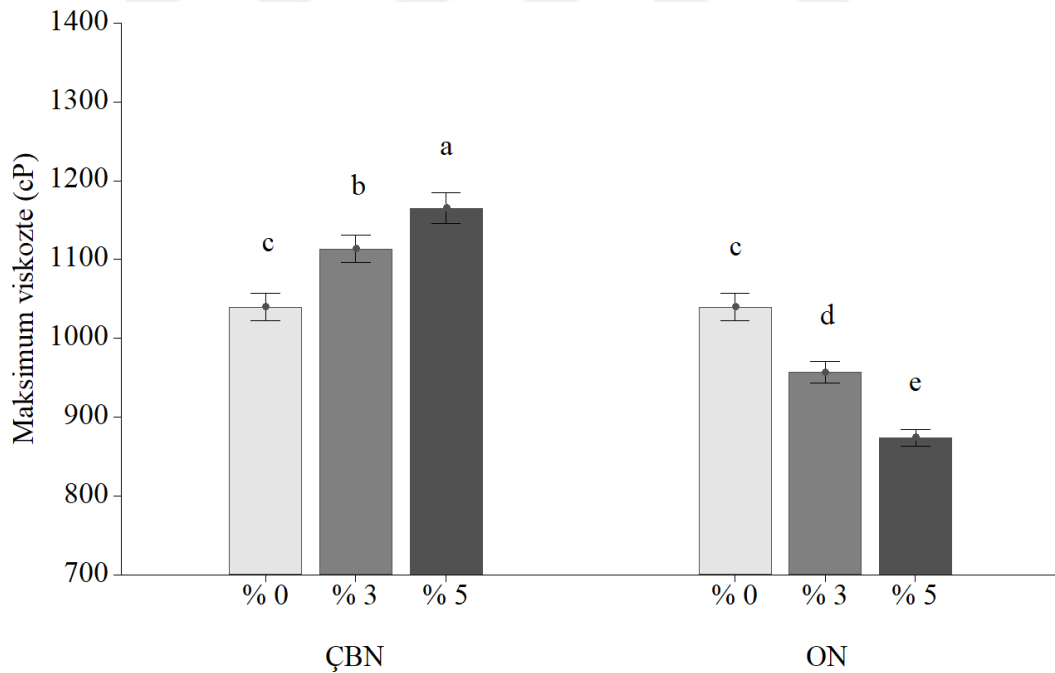
ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.41. Modifiye nişasta oranları için maksimum viskozite, incelme sonrası viskozite ve incelme viskozitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Maksimum viskozite (cP)	İncelme sonrası viskozite (cP)	İncelme viskozitesi (cP)
0	1039.40± 50.80	388.94±26.54 b	650.40± 52.10 a
3	1034.80± 92.80	405.22±26.31 a	629.60± 78.30 b
5	1019.30±156.40	409.22±39.63 a	610.10±122.70 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)



Şekil 4.21. Maksimum viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

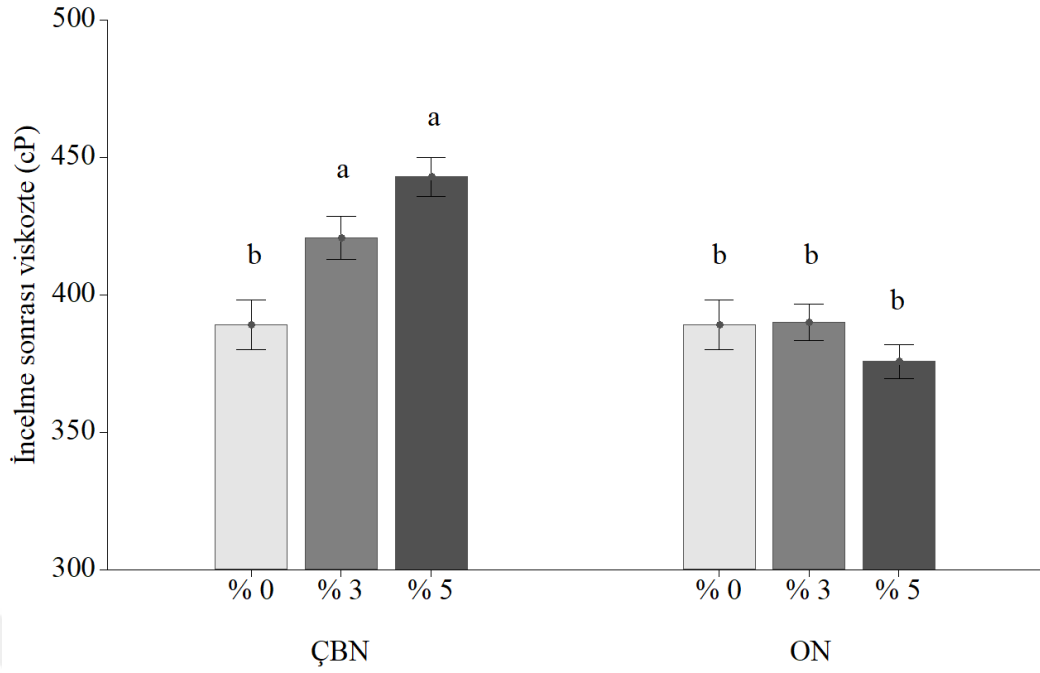
İncelme sonrası viskozite sonuçlarına göre % 10 FZ + % 5 ÇBN örneği en yüksek incelme sonrası viskoziteye sahip olurken (475 cP) en düşük olarak % 5 FZ + % 0 MN örneği (331 cP) tespit edilmiştir.

İncelme sonrası viskozite değerleri için varyans sonuçları Çizelge 4.38' de gösterilmiştir. Modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri incelme sonrası viskozite üzerine istatistiksel olarak önemli görülürken FZ' nin etkisi önemli görülmemiştir ($P>0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu istatistiksel olarak önemliyken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta oranı, FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları için istatistiksel olarak önemli fark gözlenmemiştir ($P>0.05$).

FZ kullanımı ile birlikte incelme sonrası viskozitenin artış gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.39). Aynı nişasta çeşidinde FZ kullanım oranları arasında belirgin farklılık meydana gelmemiştir. ÇBN' nin hem % 3 hem de % 5 düzeylerinde ilave edilmesi ile incelme sonrası viskozitede kayda değer artış görülürken ON' nin incelme sonrası viskozite üzerine etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Hazarika ve Sit (2016) doğal taro nişastasında incelme sonrası viskoziteyi 2337 cP olarak bildirirken çapraz bağlı taro nişastasında 4217 cP olarak tespit etmiştir. Liu vd (1999) ise pirinç nişastasında 97 RVU ($1 \text{ RVU} \approx 10 \text{ miliPaskal}$), çapraz bağlı pirinç nişastasında 174 RVU olarak bildirmiştir.

Maksimum viskoziteden incelme sonrası viskozite çıkarılarak incelme viskozitesi hesaplanmaktadır. Buna göre incelme viskozitesi ile incelme sonrası viskozite arasında tam bir uyum olup ters orantılıdır. Nişasta granüllerinin ısı ve karıştırma kuvvetlerine olan dayanıklılığı ne kadar az ise incelme viskozitesi değeri o kadar yüksek olmaktadır. Viskozite düşüşünün meydana geldiği sırada nişasta polimerleri karıştırıcı ile aynı doğrultuda hizalanmakta ve bazı disülfid bağları kırılmaktadır (Fennema, 1985).

İncelme viskozitesi sonuçlarına göre en düşük incelme viskozitesine % 10 FZ + % 5 ON örneğinde (449 cP), en yüksek ise % 0 FZ + % 5 ÇBN örneğinde (797 cP) rastlanmıştır (Çizelge 4.37).



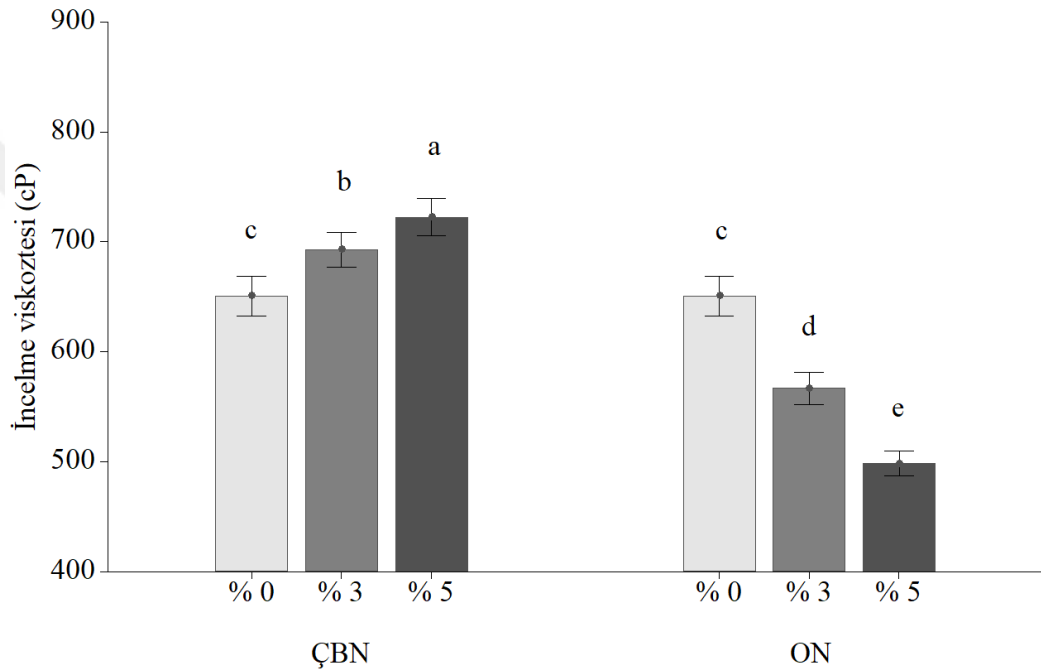
Şekil 4.22. İncelme sonrası viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çizelge 4.38’ de verilen varyans analiz sonuçlarına göre incelme viskozitesi üzerine FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P < 0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonu istatistiksel olarak önemliyken ($P < 0.05$) FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$).

Çizelge 4.39’ daki çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre FZ ilavesi ile incelme viskozitesi önemli oranda düşüş göstermiştir ($P < 0.05$). Sozer vd (2014) yaptıkları çalışmada buğday ununda incelme viskozitesini 706 cP olarak bildirirken % 15 ince buğday kepeği ilavesi ile 446 cP, % 15 kaba buğday kepeği ilavesi ile 333 cP tayin etmişlerdir. Bunun sebebinin kepek varlığında nişasta granülünün su alarak şişme miktarının azalması olarak ifade etmişlerdir.

Nişasta çeşitleri arasında incelme viskozitesi değerleri açısından önemli farklılıklar ($P > 0.05$) bulunmamıştır (Çizelge 4.40). Nişasta oranları incelendiğinde ÇBN’ nin % 3 ve % 5 kullanımı ile incelme viskozitesinde artış meydana gelirken ON kullanımıyla incelme viskozitesinin azaldığı gözlenmiştir (Şekil 4.23). Nişasta

oranlarının değişimi her iki nişasta çeşidi için farklı sonuç elde edilmesine neden olmuş ve FZ' nin nişasta eşitleri üzerine etkisine rastlanılmamıştır. Gamonpilas vd (2013) incelve viskozitesini buğday ununda ve % 20 çapraz bağlı tapyoka nişastası ilaveli buğday ununda sırasıyla 238 cP ve 914.7 cP olarak bildirmişlerdir. Okside nişastanın ise incelve viskozitesini azaltıcı etkisi rapor edilmiştir. Chan vd (2009) ozon gazı ile okside edilmiş mısır ve tapyoka nişastalarında incelve viskozitesinin azaldığını bunun sebebi olarak okside nişasta granüllerindeki amorf bölgelerin oksitlenmeyle zarar görmesi ve yeni grupların oluşmasını belirtmişlerdir.



şekil 4.23. İncelve viskozitesi üzerine modifiye nişasta eşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Son viskozite sıra halinde dizilmiş olan amiloz zincirleri ve uzun zincirli amilopektinin tekrar belli bir düzende eski haline dönmesi ile ilişkilidir (Chung vd, 2010). Son viskozite ile retrogradasyon arasında yakın bir bağ bulunmaktadır ve yüksek son viskoziteye sahip ürünlerde retrogradasyon da yüksek olmaktadır (Zaidul vd, 2007).

Son viskozite değerleri incelendiğinde en yüksek viskoziteye % 0 FZ + % 5 ÇBN içeren ürünlerde ulaşıldığı gözlenmiştir (izelge 4.42). % 5 FZ + % 0 MN rnlerinde ise son viskozitenin en düşük değerlerde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.42. Katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi, incelme viskozitesi ve jelatinizasyon sıcaklığı sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Son viskozite (cP)			Katılma viskozitesi (cP)			Maksimum viskozite süresi (dk)			Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	885	888	807	488	481	449	5.37	5.43	5.33	83.1	70.2	69.4
		3	928	980	905	501	532	500	5.40	5.40	5.33	81.5	80.7	81.5
		5	985	1012	926	528	550	516	5.33	5.33	5.33	80.7	80.6	80.6
	ON	0	885	888	807	488	481	449	5.37	5.43	5.33	83.1	70.2	69.4
		3	800	900	917	439	501	499	5.40	5.40	5.47	82.3	70.3	77.5
		5	807	827	779	438	462	428	5.47	5.40	5.47	70.3	70.2	82.3
5	ÇBN	0	775	908	879	444	504	488	5.27	5.47	5.40	69.4	83.9	83.2
		3	885	985	878	494	551	495	5.33	5.40	5.33	82.4	82.4	82.4
		5	985	971	1013	542	545	559	5.33	5.40	5.40	81.6	81.6	82.4
	ON	0	775	908	879	444	504	488	5.27	5.47	5.40	69.4	83.9	83.2
		3	866	856	869	477	480	492	5.53	5.47	5.47	84.0	84.8	84.0
		5	876	812	864	473	456	491	5.53	5.47	5.47	85.6	84.8	84.7
10	ÇBN	0	919	921	881	505	512	492	5.53	5.53	5.47	84.8	85.5	84.7
		3	1000	970	958	550	550	531	5.47	5.47	5.47	83.1	84.1	83.3
		5	1048	1002	964	573	564	544	5.47	5.40	5.40	83.2	83.2	82.3
	ON	0	919	921	881	505	512	492	5.53	5.53	5.47	84.8	85.5	84.7
		3	895	928	896	501	509	520	5.47	5.67	5.40	84.7	86.4	84.7
		5	884	845	900	489	474	502	5.53	5.53	5.53	86.9	86.5	87.2

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Son viskozite ve katılaşma viskozitesi varyans analiz tablosu Çizelge 4.43' de, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı varyans analiz tablosu Çizelge 4.44' de gösterilmiştir.

Son viskozite için varyans analiz sonuçlarına göre FZ, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidinin son viskozite üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). İnteraksiyonlar ele alındığında modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonu istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$), FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları ise istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.43. Son viskozite ve katılaşma viskozitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Son viskozite (cP)			Katılaşma viskozitesi (cP)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	11242.9	6.40	0.004*	5133.5	12.66	0.000*
B	1	65034.7	37.03	0.000*	18297.0	45.14	0.000*
C	2	10047.8	5.72	0.007*	3024.5	7.46	0.002*
AxB	2	281.2	0.16	0.853	34.2	0.08	0.919
AxC	4	990.1	0.56	0.690	204.4	0.50	0.733
BxC	2	24071.2	13.71	0.000*	7047.6	17.39	0.000*
AxBxC	4	271.8	0.15	0.960	43.4	0.11	0.979

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Son viskozite üzerine FZ etkisi incelendiğinde sadece % 10 FZ kullanımının istatistiksel olarak önemli fark ortaya koyarak ($P<0.05$) son viskoziteyi artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.43). ON' nin % 0, % 3 ve % 5 kullanımları arasında önemli bir fark gözlenmezken ($P>0.05$) ÇBN ilavesiyle kademeli bir artış meydana gelmiştir (Şekil 4.24). Yapılan bir çalışmada % 5 ve 10 oranlarında sodyum trimetafosfat kullanılarak çapraz bağlı mısır nişastası elde edilmiş ve bu nişastalarda son viskozitenin doğal nişastaya göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Chung vd, 2010).

Çizelge 4.44. Maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Maksimum viskozite süresi (cP)			Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.054	16.1	0.000*	285.45	15.06	0.000*
B	1	0.051	15.43	0.000*	0.00	0.00	0.989
C	2	0.001	0.32	0.727	44.88	2.37	0.108
AxB	2	0.001	0.40	0.677	44.62	2.35	0.109
AxC	4	0.003	0.99	0.427	16.09	0.85	0.504
BxC	2	0.014	4.32	0.021*	0.34	0.02	0.982
AxBxC	4	0.001	0.40	0.811	12.86	0.68	0.612

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.45. Fındık zarı oranları için son viskozite, katılaşma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Son viskozite (cP)	Katılaşma viskozitesi (cP)	Maksimum viskozite süresi (dk)	Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)
0	884.70±68.80 b	484.89±35.08 b	5.39±0.05 b	76.86±5.79 b
5	888.00±67.00 b	495.94±34.27 b	5.41±0.08 b	81.84±4.69 a
10	929.60±51.70 a	518.06±27.87 a	5.49±0.07 a	84.73±1.41 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.46. Modifiye nişasta çeşitleri için son viskozite, katılaşma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Son viskozite (cP)	Katılaşma viskozitesi (cP)	Maksimum viskozite süresi (dk)	Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)
ÇBN	935.50±64.30 a	518.04±33.80 a	5.40±0.07 b	81.15±4.35
ON	866.06±44.68 b	481.22±25.09 b	5.46±0.08 a	81.14±6.37

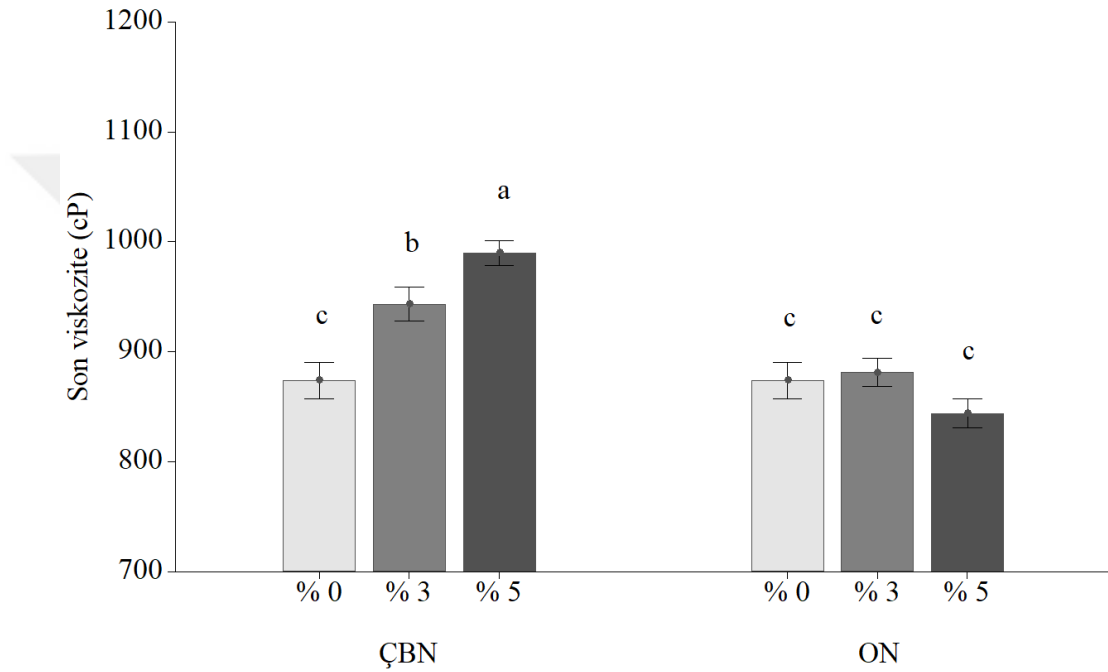
ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.47. Modifiye nişasta oranları için son viskozite, katılma viskozitesi, maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Son viskozite (cP)	Katılma viskozitesi (cP)	Maksimum viskozite süresi (dk)	Jelatinizasyon sıcaklığı (°C)
0	873.60±48.60 b	484.67±23.14 b	5.42±0.09	79.33±7.10
3	912.00±52.00 a	506.78±28.72 a	5.44±0.08	82.19±3.57
5	916.70±83.50 a	507.40±45.50 a	5.43±0.07	81.91±4.76

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)



Şekil 4.24. Son viskozite üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

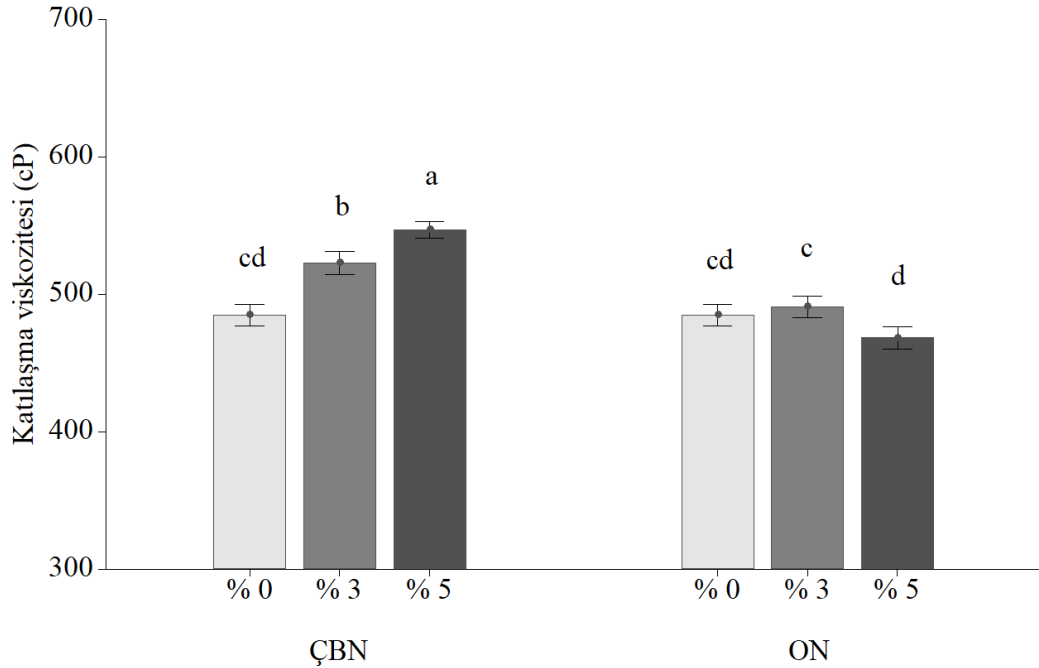
Katılma viskozitesi ile son viskozite arasında doğru orantı bulunmakta ve son viskoziteden incelme sonrası viskozite çıkarılarak katılma viskozitesi hesaplanmaktadır. Katılma viskozitesi fazla olan nişastaların retrogradasyon eğilimi yüksektir. Amiloz gibi düşük molekül ağırlıklı nişasta polimerlerinin fazla olması katılma viskozitesini ve retrogradasyon eğilimini artırmaktadır.

Katılma viskozitesi sonuçlarına göre % 10 FZ + % 5 ÇBN ile en yüksek katılma viskozitesi elde edilirken (573 cP) % 0 FZ + % 5 ON örneğinde en düşük değer tespit edilmiştir (428 cP) (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.43' de katılma viskozitesine ait varyans analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Katılma viskozitesi üzerine FZ, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye

nişasta oranı istatistiksel olarak önemli kaydedilmiştir ($P<0.05$). İnteraksiyonlara göre ise modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonu istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$), FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Son viskozite sonuçlarına benzer olarak katılma viskozitesi üzerine FZ' nin % 0 ve % 5 oranlarında kullanımı önemli bir etki oluşturmazken % 10 kullanımı ile katılma viskozitesi önemli derecede artış göstermiştir ($P<0.05$). ON' nin % 5 ilavesi ile katılma viskozitesi en düşük değerlerine ulaşmış ve böylece son viskozitenin de düşük olmasına neden olmuştur. ÇBN' nin % 5 kullanımıyla ise en yüksek katılma viskozitesine ulaşılmıştır (Şekil 4.25). Hazarika ve Sit (2016) doğal taro nişastasında katılma viskozitesini 3282 cP, % 0.05 ve % 0.10 oranlarında fosforil klorür ile çapraz bağlı taro nişastalarında ise sırasıyla 6036 cP ve 6685 cP olarak saptamışlardır.

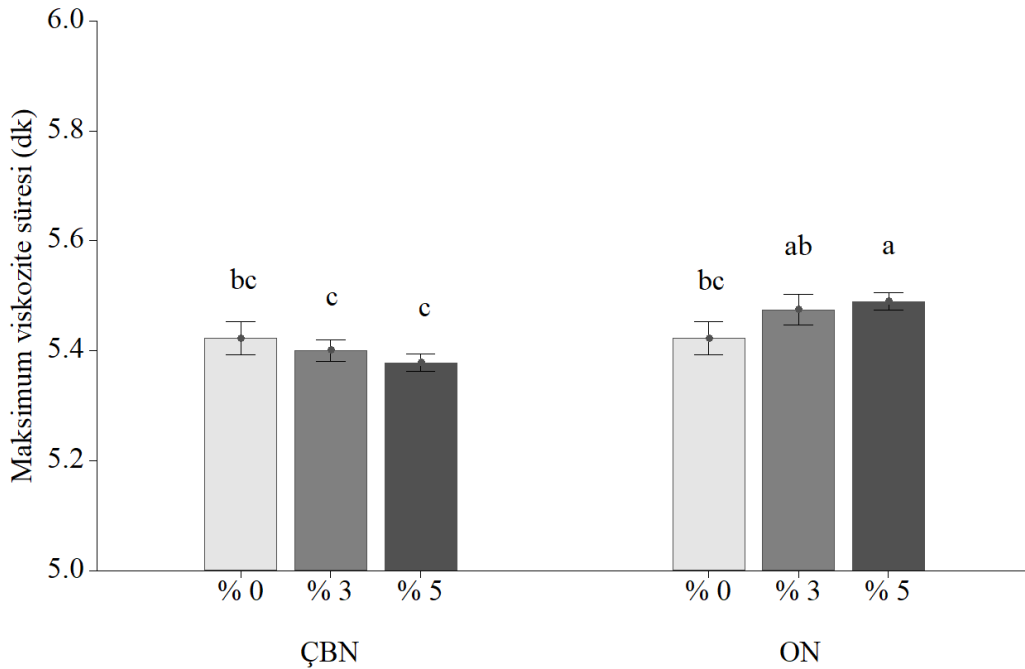


Şekil 4.25. Katılma viskozitesi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Maksimum viskozite süresi özellikle nişasta granüllerinin su alıp şişme hızı ile ilişkili olmaktadır. Maksimum viskozite sürelerine ait sonuçlar ele alındığında % 10 FZ + % 3 ON örneğinde 5.67 dk ile en uzun süre saptanırken % 5 FZ + % 0 MN örneğinde 5.27 dk ile en kısa süre belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Yapılan varyans analizine göre maksimum viskozite süresi üzerine FZ ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidinin etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) bulunmasına rağmen FZ oranı x modifiye nişasta oranı, FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları önemli bulunmamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.44).

FZ ilavesinin artan oranlarıyla maksimum viskoziteye ulaşmak için gereken sürenin arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.45). Ortamda şeker bulunması halinde suyun şeker ve nişasta tarafından kullanılmak istenmesi sebebi ile jelatinizasyonun gecikeceği belirtilmiştir (Bemiller ve Whistler, 2009). Buna göre FZ' nin suyu absorbe etme yeteneğine bağlı olarak maksimum viskozite süresini artırdığı düşünülmektedir. Genel olarak ON' nin maksimum viskozite süresi üzerine artırıcı etkisi tespit edilmiştir (Şekil 4.26). % 0 ve % 10 FZ içeren unlarda ÇBN ve ON kullanımının maksimum viskozite süresini önemli ölçüde etkilemediği görülürken % 5 FZ bulunan unda ON kullanımı maksimum viskozite süresini önemli ölçüde artırmıştır ($P<0.05$).



Şekil 4.26. Maksimum viskozite süresi üzerine modifiye nişasta çeşidi (B) x modifiye nişasta oranı (C) interaksyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çizelge 4.42' de verilen jelatinizasyon sıcaklığı değerleri incelendiğinde en yüksek jelatinizasyon sıcaklığı 87.2 °C ile % 10 FZ + % 5 ON örneğinde, en düşük ise 69.4 °C ile % 0 FZ + % 0 MN ve % 5 FZ + % 0 MN içeren örneklerde belirlenmiştir.

Jelatinizasyon sıcaklıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.44' de verilmiştir. Jelatinizasyon sıcaklığı üzerine FZ oranlarının etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

FZ' nin % 5 ve % 10 ilavesi ile birlikte jelatinizasyon sıcaklıklarında önemli ölçüde artış meydana gelmiştir ($P<0.05$) ancak % 5 ve % 10 arasında önemli bir farklılık ($P>0.05$) bulunmamaktadır (Çizelge 4.45). FZ' nin nişastanın jelatinizasyonu için gerekli suyu absorbe ederek jelatinizasyon sıcaklığını artırmasının yanında FZ' de yüksek miktarda yağ bulunması da jelatinizasyon sıcaklığını artırmış olabilir. Zira bitkisel yağ ve emülgatörlerin nişasta ile kompleks oluşturarak jelatinizasyonu kısıtlama ve jelatinizasyon sıcaklığını artırma etkileri bulunmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1997). Sozer vd (2014) buğday ununa % 0, 5, 10 ve 15 oranlarında kaba kepek ilave etmiş ve jelatinizasyon sıcaklıklarının kepek ilavesi ile artış göstererek sırası ile 85.2, 85.8, 88.2 ve 90.6 °C olarak geliştiğini ortaya koymuşlar ve sıcaklıklardaki artışın geciken veya kısıtlanan nişasta şişmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Nişasta çeşitleri ve kullanım oranları değişimlerine göre jelatinizasyon sıcaklığı önemli derecede etkilenmezken ($P>0.05$) nişasta ilavesi ile bir miktar yükselme gözlenmiştir (Çizelge 4.47). FZ bulunmayan örneklerde ON' nin jelatinizasyon sıcaklığını düşürdüğü görülürken FZ içeren örneklerde artırmıştır. Fenolik bileşiklerin nişasta ile ve özellikle de amiloz ile etkileşimleri söz konusu olmakta ve granülün çözünübilirliğini ve şişme yeteneğini azaltmaktadır (Amoako ve Awika, 2016b). Nişastanın oksidasyonu ile dallı yapı bir miktar azalmakta ve fenoliklerle etkileşim artmaktadır. Çalışmamızda FZ' de bulunan fenolik bileşiklerin ON ile etkileşimi sonucu jelatinizasyon sıcaklığında artışa neden olduğu düşünülmektedir.

4.3. Ekşi Hamur Ekmeklerindeki Analizler

4.3.1. Nem ve Kül

Ekşi hamur ekmeklerinde nem ve kül içeriklerine ait sonuçlar Çizelge 4.48’ de gösterilmiştir. Çalışmamızda ekmekler üretildikten ve soğutulduktan sonra dilimlenmiş ve oda şartlarında 18 saat kurumaya bırakılmıştır. Ekmeklerdeki nem miktarı % 6.92 ile % 8.80 arasında değişmekte ve kül miktarları % 1.98 ve % 2.43 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.48. Ekşi hamur ekmeklerinde nem ve kül sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Nem (%)			Kül (%)*		
			I. T	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	8.17	8.53	7.49	2.30	1.98	2.19
		3	8.25	8.71	7.79	2.20	2.03	2.19
		5	8.10	8.80	7.31	2.25	2.00	2.11
	ON	0	8.17	8.53	7.49	2.30	1.98	2.19
		3	8.19	8.61	7.38	2.27	2.08	2.29
		5	7.99	8.40	6.92	2.29	2.12	2.16
5	ÇBN	0	7.98	8.23	7.01	2.37	2.16	2.31
		3	8.14	8.28	7.05	2.21	2.13	2.18
		5	8.13	8.41	6.93	2.22	2.12	2.23
	ON	0	7.98	8.23	7.01	2.37	2.16	2.31
		3	8.05	8.30	7.02	2.31	2.20	2.32
		5	7.92	8.43	7.02	2.29	2.07	2.29
10	ÇBN	0	8.02	8.38	7.09	2.43	2.21	2.41
		3	8.17	8.38	7.09	2.31	2.08	2.26
		5	8.08	8.32	7.01	2.43	2.18	2.26
	ON	0	8.02	8.38	7.09	2.43	2.21	2.41
		3	8.09	8.38	7.09	2.28	2.25	2.37
		5	7.98	8.42	7.02	2.34	2.20	2.42

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Ekmeklerdeki nem değerlerine ait varyasyon analiz tablosu incelendiğinde (Çizelge 4.49) nem miktarı üzerine FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x

modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.49. Ekşi hamur ekmeklerinde nem ve kül değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Nem (%)			Kül (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.348	0.78	0.464	0.088	7.01	0.003*
B	1	0.055	0.12	0.727	0.026	2.07	0.159
C	2	0.046	0.10	0.902	0.010	0.80	0.458
AxB	2	0.033	0.07	0.928	0.000	0.01	0.994
AxC	4	0.027	0.06	0.993	0.006	0.48	0.751
BxC	2	0.014	0.03	0.968	0.008	0.66	0.522
AxBxC	4	0.010	0.02	0.999	0.000	0.03	0.998

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Dilimlenmiş ekmeklerin aynı şartlar altında oda sıcaklığında bekletilerek kurutulması sonucu ekmeklerde nem içerikleri bakımından her hangi bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.50, Çizelge 4.51, Çizelge 4.52). İleri aşamalarda ekmeklerde yapılacak olan analizlerde nem içeriklerinin benzer olması istenen bir durum olup sonuçların doğruluğu açısından önem arz etmektedir.

Çizelge 4.50. Ekşi hamur ekmeklerinde fındık zarı oranları için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)*
0	8.05±0.54	2.16±0.11 b
5	7.79±0.58	2.24±0.09 ab
10	7.83±0.58	2.30±0.11 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Ekmeklerde kül değerleri için yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.49) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), ancak modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x

modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.51. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta çeşitleri için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Nem (%)	Kül (%)*
ÇBN	7.92±0.57	2.21±0.12
ON	7.86±0.57	2.26±0.11

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.52. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta oranları için nem ve kül değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)*
0	7.88±0.54	2.26±0.14
3	7.94±0.56	2.22±0.09
5	7.84±0.63	2.22±0.11

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

FZ ilavesine bağlı olarak ekmeklerde kül miktarının önemli derecede ($P<0.05$) arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Yapılan bir çalışmada çavdar unu kullanılarak yapılan ekşi hamur ekmeklerinde % 0, 4, 6, 8 ve 10 oranlarında kırmızı üzüm posası toz halinde ilave edilmiştir ve ekmeklerde kül tayini yapılmıştır. Buna göre % 0, 4, 6, 8 ve 10 üzüm posası içeren ekmeklerde kül oranları kademeli olarak artarak sırasıyla % 1.29, 1.54, 1.66, 1.73 ve 1.82 olarak belirlenmiştir (Mildner-Szkudlarz vd, 2011). Çalışmamızda FZ kül içeriği % 1.95 (Çizelge 4.3) olarak tayin edildiği için ekmeklerde kullanılması ile kül miktarında artışa neden olmuştur. Nişasta çeşitleri ÇBN ve ON' nin kül üzerine önemli derecede etkisi bulunmamıştır (Çizelge 4.51, Çizelge 4.52).

4.3.2. pH ve Toplam asitlik

Çizelge 4.53' de ekşi hamurlara ait pH sonuçları gösterilmiştir. Ölçümler sonucu en yüksek pH değerine % 0 FZ + % 5 ON örneğinde ulaşılırken (4.53) en düşük pH değerleri % 0 FZ + % 0 MN ile % 10 FZ + % 0 MN örneğinde (4.32) kaydedilmiştir. *Saccharomyces cerevisiae* için optimum pH' nın 4.4 - 4.8 arası olduğu bildirilmiş (Pamir, 1985) ve çalışmamızdaki hamur pH' sının maya gelişimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ekşi hamurda pH değişimlerini etkileyen birçok faktör olup

kullanılan sıcaklık, süre, bakteri çeşidi, ingrediyenler bunlardan bir kaçıdır. % 10 keten tohumu ilavesi ile yapılan ekşi hamurlarda pH' nın 5.83 - 6.04 arası değiştiği bildirilmiştir. (Bartkiene vd, 2014). Farklı laktik asit bakterilerinin etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada darı unu ile yapılan ekşi hamurların pH değerlerinin 3.53 - 5.22 arasında olduğu tespit edilmiştir (Bender vd, 2018).

Çizelge 4.53. Ekşi hamurlarda pH ve toplam asitlik sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	pH			Toplam asitlik (%)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	4.32	4.42	4.42	1.27	1.23	1.05
		3	4.36	4.42	4.46	1.23	1.21	1.07
		5	4.35	4.43	4.47	1.25	1.23	1.13
	ON	0	4.32	4.42	4.42	1.27	1.23	1.05
		3	4.39	4.46	4.50	1.25	1.19	1.09
		5	4.43	4.47	4.53	1.19	1.21	1.07
5	ÇBN	0	4.35	4.40	4.47	1.05	1.06	1.14
		3	4.41	4.44	4.48	1.08	1.06	1.22
		5	4.41	4.42	4.48	1.15	1.12	1.35
	ON	0	4.35	4.40	4.47	1.05	1.06	1.14
		3	4.37	4.47	4.46	1.04	1.06	1.01
		5	4.40	4.47	4.46	1.08	1.07	1.03
10	ÇBN	0	4.35	4.43	4.49	1.12	1.04	1.14
		3	4.41	4.43	4.47	1.17	1.03	1.09
		5	4.32	4.44	4.41	0.98	1.05	1.01
	ON	0	4.35	4.43	4.49	1.12	1.04	1.14
		3	4.40	4.48	4.48	1.05	1.07	1.05
		5	4.43	4.48	4.50	1.03	1.07	1.03

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta
T: Tekerrür

Ekşi hamurlarda pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.54' de verilmiştir. pH değeri üzerine FZ oranı, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.54. Ekşi hamurlarda pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	pH			Toplam asitlik (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.001	0.18	0.836	0.059	11.19	0.000*
B	1	0.005	1.96	0.171	0.012	2.38	0.132
C	2	0.006	2.32	0.113	0.001	0.15	0.860
AxB	2	0.002	0.60	0.552	0.007	1.38	0.266
AxC	4	0.001	0.34	0.847	0.006	1.23	0.316
BxC	2	0.002	0.83	0.443	0.003	0.65	0.530
AxBxC	4	0.001	0.23	0.917	0.004	0.75	0.565

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

FZ oranları arasında ve nişasta çeşitleri arasında pH değişimleri açısından önemli farklılıklar gözlenmemiştir ($P>0.05$). 3 farklı FZ oranında pH' nın 4.42 - 4.43 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.55). Larsson ve Sandberg (1991) yapıkları çalışmada buğday ununa % 10, 20 ve 30 oranlarında çavdar kepeği ilave ederek ürettikleri ekşi hamur ekmeklerinde toplam asitlik değerlerini sırasıyla 4.6, 4.1 ve 3.9 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada yulaf ununa % 10, 20 ve 30 oranlarında çavdar kepeği ilave edilmesi ile pH değerleri bir miktar yükselmiş ve sırasıyla 4.9, 4.6 ve 4.4 olarak bildirilmiştir. Banu vd (2017) buğday unu ile yapılan ekşi hamurda pH' yı 4.0 olarak bildirirken % 30 oranında yulaf kepeği kullanıldığında pH' nın 3.9' a düştüğünü kaydetmiştir. Çalışmamızda genel olarak ON kullanımı pH' da artışa neden olmuştur. ON' nin % 0' dan ve % 5' e çıkarılmasıyla ise pH değerlerinde önemli derecede artış gözlenmiştir ($P<0.05$). Okside nişastalar yapısı gereği anyonik olmakta ve bu nedenle pH artışına sebep olabilmektedir (Bemiller ve Whistler, 2009).

Çizelge 4.55. Ekşi hamurlarda fındık zarı oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	4.42±0.06	1.18±0.08 a
5	4.43±0.04	1.10±0.08 b
10	4.43±0.05	1.07±0.05 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.56. Ekşi hamurlarda modifiye nişasta çeşitleri için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	pH	Toplam asitlik (%)
ÇBN	4.42±0.05	1.13±0.09
ON	4.44±0.05	1.10±0.08

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.57. Ekşi hamurlarda modifiye nişasta oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	4.41±0.05	1.12±0.08
3	4.44±0.04	1.11±0.08
5	4.44±0.05	1.11±0.10

Ekşi hamurlara ait toplam asitlik sonuçlarına Çizelge 4.53’ de yer verilmiştir. Belirlenen değerlere göre en yüksek toplam asitlik % 5 FZ + % 5 ÇBN örneğinde görülürken (% 1.35) en düşük % 10 FZ + % 5 ÇBN örneğinde (% 4.32) belirlenmiştir.

Ekşi hamurda toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.54’ de gösterilmiştir. Toplam asitlik üzerine FZ oranı etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

FZ içermeyen ekşi hamur örneklerinde toplam asitlik ortalama % 1.18 olarak hesaplanırken FZ ilavesi ile asitlikte önemli oranda düşüş gerçekleşmiş ($P<0.05$) ve % 5 FZ kullanımında % 1.10 ve % 10 FZ kullanımında % 1.07 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.55). FZ bulunan hamurlarda daha düşük asitlik değerlerinin görülmesi bu hamurlarda düşük mikrobiyal aktivite olduğunu gösterirken bu sonucun FZ kullanımının düşük gaz üretim gücüne yol açmasıyla paralel olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.34). Yapılan bir çalışmada tam buğday unu ile yapılan ekşi hamur ekmeklerinde farklı starter kültür kullanımının toplam asitlik üzerine etkileri incelenmiş olup toplam asitliğin starter kültür çeşidine göre 3.63 - 4.70 mL (0.1 N NaOH) arasında değiştiği ortaya koyulmuştur (Karaman vd, 2018). Çalışmamızda ON

içeren ekşi hamurlardaki toplam asitlik ÇBN' ye göre kısmen daha düşük gözlenirken aralarında önemli bir fark ($P>0.05$) gözlenmemiştir (Çizelge 4.56). Bu sonuçlar dikkate alındığında pH ve toplam asitlik sonuçlarının uyumlu olduğu değerlendirilmektedir.

Ekşi hamur ekmeklerinde yapılan pH sonuçları Çizelge 4.58' de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en düşük pH değerine % 5 FZ + % 5 ON örneğinin sahip olduğu (4.33), en yüksek pH' ya ise % 0 FZ + % 0 MN ve % 0 FZ + % 5 ON örneklerinin (4.48) sahip olduğu ortaya koyulmuştur.

Çizelge 4.58. Ekşi hamur ekmeklerinde pH ve toplam asitlik sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	pH			Toplam asitlik (%)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	4.35	4.35	4.48	1.66	2.14	1.38
		3	4.36	4.36	4.47	1.88	1.59	1.30
		5	4.40	4.38	4.45	2.01	1.78	1.30
	ON	0	4.35	4.35	4.48	1.66	2.14	1.38
		3	4.38	4.39	4.47	1.81	1.51	1.34
		5	4.44	4.38	4.48	1.98	1.34	1.34
5	ÇBN	0	4.41	4.34	4.39	1.92	1.47	1.34
		3	4.42	4.36	4.41	2.15	1.40	1.34
		5	4.40	4.35	4.39	2.12	1.44	1.44
	ON	0	4.41	4.34	4.39	1.92	1.47	1.34
		3	4.39	4.39	4.43	2.20	1.38	1.34
		5	4.33	4.38	4.41	2.31	1.30	1.34
10	ÇBN	0	4.38	4.35	4.40	2.23	1.42	1.36
		3	4.36	4.35	4.39	2.49	1.42	1.30
		5	4.34	4.36	4.41	2.23	1.36	1.30
	ON	0	4.38	4.35	4.40	2.23	1.42	1.36
		3	4.35	4.39	4.43	2.15	1.32	1.34
		5	4.37	4.38	4.43	2.35	1.34	1.32

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta
T: Tekerrür

Ekşi hamur ekmekleri için pH değerlerindeki ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.59' da verilmiştir. pH değeri üzerine FZ oranı, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyon sonuçlarına göre FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı,

modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.59. Ekşi hamur ekmeklerinde pH ve toplam asitlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	pH			Toplam asitlik (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	0.004	2.34	0.111	0.007	0.04	0.963
B	1	0.001	0.67	0.419	0.013	0.06	0.802
C	2	0.001	0.38	0.690	0.005	0.02	0.976
AxB	2	0.000	0.14	0.867	0.004	0.02	0.981
AxC	4	0.001	0.36	0.838	0.022	0.11	0.978
BxC	2	0.000	0.17	0.846	0.003	0.02	0.983
AxBxC	4	0.000	0.05	0.995	0.009	0.04	0.996

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

% 0, % 5 ve % 10 FZ ilavesi ile pH değerleri sırasıyla % 4.41, % 4.39 ve % 4.38 olarak kaydedilmiş ve FZ' nin pH düşüşüne neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.60). Larsson ve Sandberg (1991) buğday ununa % 10, 20 ve 30 çavdar kepeği ilave edilmesi ile pH' nın artan kepek oranları ile birlikte azaldığını belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise buğday unu ile yapılan ekmekte pH' nın 6.01, una % 20 buğday kepeği ilave edildiğinde ise pH' nın bir miktar yükselerek 6.18 olduğu saptanmıştır (Kajala vd, 2015). Mata-Ramírez vd (2018) ekmek üretiminde hibiskus çiçeği tozunu % 3, 6 ve 9 oranlarında besinsel lif kaynağı olarak kullanmış ve artan kullanım oranına bağlı olarak pH' nın azaldığını ifade etmişlerdir. Nişasta çeşitleri arasında önemli bir fark gözlenmemekle birlikte nişasta oranlarının artışı da pH üzerine önemli düzeyde etki etmemiştir ($P>0.05$).

Ekşi hamur ekmeğinde aroma oluşumu için asitliğin büyük önemi bulunmaktadır. Fermantasyon sırasında gelişen laktik asit ve asetik asitin keskin aromaya sebep olmaları sebebiyle yüksek konsantrasyonda olmaları istenmemektedir (Katina, 2005). Ekşi hamur ekmeklerinde toplam asitlik değerleri belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.58' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.60. Ekşi hamur ekmeklerinde fındık zarı oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	4.41±0.05 a	1.64±0.30
5	4.39±0.03 ab	1.62±0.36
10	4.38±0.03 b	1.66±0.46

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.61. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta çeşitleri için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	pH	Toplam asitlik (%)
ÇBN	4.39±0.04	1.66±0.37
ON	4.39±0.04	1.63±0.38

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.62. Ekşi hamur ekmeklerinde modifiye nişasta oranları için pH ve toplam asitlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	pH	Toplam asitlik (%)
0	4.38±0.04	1.66±0.34
3	4.39±0.04	1.63±0.39
5	4.39±0.04	1.65±0.40

Çizelge 4.59’ da ekşi hamur ekmekleri için toplam asitlik varyans analiz sonuçları verilmiştir. Toplam asitlik üzerine FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı önemli düzeyde etki göstermemiştir (P>0.05). İnteraksiyon sonuçlarına göre ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (P>0.05).

Genel olarak FZ ilavesi ile toplam asitlikte bir miktar artış kaydedilmesine rağmen istatistiksel açıdan önemli bir fark meydana gelmemiştir (P>0.05) (Çizelge 4.60). Nişasta çeşitleri arsında belirgin bir fark saptanmazken aynı şekilde nişasta oranları da toplam asitlik üzerine kayda değer bir etki göstermemiştir (Çizelge 4.61, Çizelge 4.62).

4.3.3. Protein

Çizelge 4.63’ de verilen protein sonuçlarına göre % 0 FZ + % 0 MN örneğinin protein oranının en yüksek (% 13.9) ve % 10 FZ + % 5 ÇBN içeren örneğin protein oranının en düşük (% 12.43) olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.63. Protein ve yağ sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Protein (%)*			Yağ (%)*		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	13.87	13.71	13.90	3.90	4.86	4.38
		3	13.47	13.51	13.64	4.99	4.57	4.78
		5	13.15	13.36	13.21	4.11	3.87	3.99
	ON	0	13.87	13.71	13.90	3.90	4.86	4.38
		3	13.40	13.40	13.43	4.00	3.32	3.66
		5	13.14	13.36	13.25	4.19	3.69	3.94
5	ÇBN	0	13.29	13.47	13.45	5.31	6.11	5.71
		3	13.16	13.14	13.08	4.86	5.11	4.98
		5	13.00	12.98	12.81	4.76	4.29	4.53
	ON	0	13.29	13.47	13.45	5.31	6.11	5.71
		3	13.11	13.10	13.28	6.40	5.85	6.13
		5	12.88	12.88	12.84	6.10	5.59	5.85
10	ÇBN	0	13.23	13.16	13.09	5.79	5.60	5.70
		3	12.82	12.93	12.60	6.40	6.03	6.21
		5	12.56	12.62	12.43	6.44	5.48	5.96
	ON	0	13.23	13.16	13.09	5.79	5.60	5.70
		3	13.01	12.69	12.93	6.83	5.86	6.35
		5	12.53	12.50	12.55	6.73	6.08	6.40

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Protein değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.64’ de verilmiştir. Protein miktarı üzerine FZ oranı ve modifiye nişasta oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P < 0.05$) modifiye nişasta çeşidi önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$).

Çizelge 4.64. Protein ve yağ değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Protein (%)			Yağ (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	2.057	216.35	0.000*	10.935	53.01	0.000*
B	1	0.001	0.07	0.788	0.389	1.88	0.187
C	2	1.474	155.05	0.000*	0.180	0.87	0.435
AxB	2	0.005	0.57	0.570	1.099	5.33	0.015*
AxC	4	0.007	0.79	0.541	0.338	1.64	0.208
BxC	2	0.001	0.06	0.939	0.300	1.45	0.260
AxBxC	4	0.009	0.94	0.452	0.333	1.61	0.214

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.65' de protein değerleri için FZ oranlarına ait çoklu karşılaştırma sonuçları gösterilmiştir. Sonuçlara göre % 0 FZ, % 5 FZ ve % 10 FZ örneklerinde protein oranı sırasıyla % 13.52, % 13.15 ve % 12.84 olarak hesaplanmış ve bu değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Çalışmamızda kullanılan FZ' nin una göre oldukça düşük miktarda protein içermesi sebebiyle (% 6.78) ekmek yapımında kullanıldığında protein oranını düşürmesi olağan olarak karşılanmaktadır. Ekşi hamur ekmeğinde FZ ilavesi ile protein miktarlarının değişimi Çizelge 4.15' de gösterilen unlardaki protein değişimleri ile yüksek paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.65. Fındık zarı oranları için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Protein (%)*	Yağ (%)*
0	13.52±0.26 a	4.19±0.52 c
5	13.15±0.22 b	5.48±0.65 b
10	12.84±0.28 c	6.05±0.45 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Her iki nişasta çeşidi için de kullanım oranlarının % 0' dan % 3 ve % 5' e çıkarılması ekmekte protein miktarının önemli derecede ($P<0.05$) düşürdüğü saptanmıştır (Çizelge 4.67). Yapılan bir çalışmada buharda pişmiş çörek yapımında una % 0, 15 ve 30 oranlarında çapraz bağlı pirinç nişastası eklendiğinde protein oranının önemli derecede düşerek sırasıyla % 6.5, 5.9 ve 5.2 olarak bulunduğu

bildirilmiştir (Shukri vd, 2017). Protein oranının nişasta ilavesi ile düşmesinde her iki nişasta çeşidi de aynı oranda etkili olarak ÇBN ve ON arasında önemli bir farklılığa ($P>0.05$) rastlanılmamıştır (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Modifiye nişasta çeşitleri için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Protein (%)*	Yağ (%)*
ÇBN	13.17±0.39	5.14±0.82
ON	13.16±0.37	5.35±1.09

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.67. Modifiye nişasta oranları için protein ve yağ değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Protein (%)*	Yağ (%)*
0	13.46±0.29 a	5.26±0.75
3	13.15±0.29 b	5.35±1.06
5	12.89±0.31 c	5.11±1.08

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

4.3.4. Yağ

Ekmek üretiminde gerek shortening kullanımı gerekse de un ve diğer ingrediyenlerde bulunması nedeniyle ekmek mutlaka bir miktar yağ içermektedir. Özellikle ekmek hacminin yağ miktarı ve çeşidine karşı hassas olduğu bildirilmiştir. Ekmek formülasyonunda genellikle % 5 veya daha az yağ kullanılması önerilmektedir. Yağ hamurda elastikiyete katkı sağlamakta, hacim ve fırın sıçramasını artırmakta ayrıca ekmek içi yapısı üzerine etkileri bulunmaktadır (Pareyt vd, 2011). Fazla yağ kullanımı glutenin uzayabilirliğini sınırlandırmakta, mayaların etrafını sararak substrata ulaşmayı engellemekte ve böylece fermantasyonu olumsuz etkilemektedir (Corke vd, 2006).

Ekşi hamur ekmeklerindeki yağ oranları analiz sonuçları Çizelge 4.63' de gösterilmiştir. Sonuçlar dikkate alındığında en yüksek yağ oranına % 10 FZ + % 3 ON içeren ekmekte (% 6.83), en düşük yağ oranına ise % 0 MN + % 3 ON içeren ekmekte (% 3.32) ulaşılmıştır.

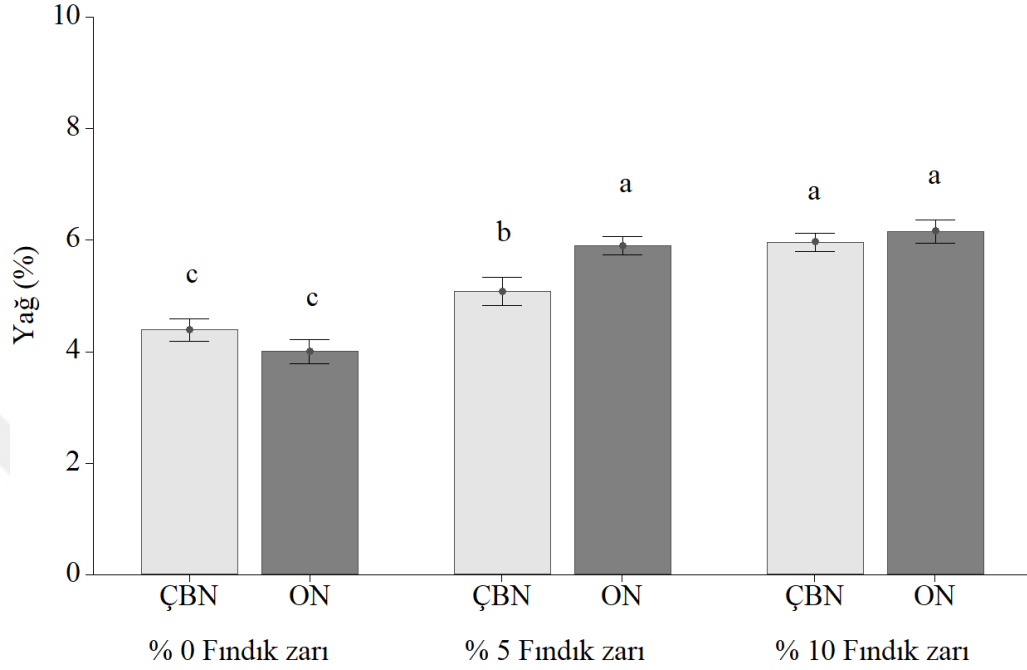
Çizelge 4.51’ de gösterilen yağ oranlarına ait varyans analiz sonuçlarına göre yağ oranı üzerine FZ oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi interaksiyonu önemli görülürken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Örnekler arasındaki yağ değişimi için en önemli faktörün FZ oranı olduğu belirlenmiştir. Buna göre FZ oranı arttıkça yağ oranı kademeli olarak artış göstererek % 0, % 5 ve % 10 oranları için sırasıyla % 4.19, 5.48, 6.05 olarak belirlenmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.65). Bu sonucun görülmesinde çalışmamızda kullanılan FZ’ nin yüksek yağ içermesinin (% 26.68) neden olduğu düşünülmektedir. Belitz vd (2009) buğday unu ekmeği, çavdar ekmeği ve tam çavdar ekmeğinde yağ oranlarını sırasıyla % 1.2, 1.0 ve 1.2 olarak bildirmiştir. Segura ve Rosell (2011) İspanya marketlerinde satışa sunulan 11 farklı mısır ekmeği üzerinde çalışmışlar ve yağ oranlarının % 2.0 - 26.1 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada % 100 buğday unu ekmeği, % 50 buğday unu + % 50 çavdar unu ekmeği ve % 75 buğday unu + % 10 çavdar unu + % 15 çavdar kepeği ekmeklerinde yağ oranları sırasıyla % 1.07, 4.01 ve 0.9 olarak belirlenmiştir (El, 1999). Öte yandan çalışmamızda nişasta çeşitleri arasında önemli bir fark saptanmamasına rağmen ($P>0.05$) ON içeren ekmeklerin ÇBN’ ye göre daha fazla yağ içerdiği gözlenmiştir (Çizelge 4.66). ÇBN içeren örneklerde FZ’ nin artan oranlarına bağlı olarak yağ miktarı dereceli olarak yükselirken ON örneklerinde % 5 FZ ilavesiyle yağ oranı yüksek miktarda artış göstermiştir (Şekil 4.27).

4.3.5. Renk

Renk değişimleri karamelizasyon gibi esmerleşme reaksiyonunun derecesi hakkında bilgi vermektedir. Maillard reaksiyonu, pişme derecesi, pigment degradasyonu gibi etmenler renk üzerine etkili olmaktadır (İbrahim, 2016). Ekmek dışı ve içi renginin oluşmasında en büyük faktör kullanılan unun rengidir. Bunun dışında unda zedelenmiş nişasta miktarının düşük olması maya faaliyetleri sonrasında ortamda yeteri kadar şeker kalmamasına ve ekmek kabuğunda maillard reaksiyonunu sınırlandırmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle ekşi hamur gibi uzun fermentasyon süresine

sahip hamurlarda daha olasıdır. Ekmek kabuk rengine etki eden bir diğer faktör de α -amilaz miktarıdır. α -amilazın fazla olması durumunda ortamda fazla şeker bulunacağından kabuk renginde beyazlık azalmaktadır (Corke vd, 2006).



Şekil 4.27. Yağ üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Ekmek dışı görünüşleri Şekil 4.28’ de gösterilmiş ve ekmek kabuğunda yapılan renk ölçümleri ile elde edilen L^* değeri sonuçları Çizelge 4.68’ de verilmiştir. Sonuçlara göre ekmek kabuğunda en yüksek L^* değeri % 0 FZ + % 0 MN ekmek örneğinde görülürken (54.53) en düşük değer % 10 FZ + % 5 ON bulunan örnekte (40.32) belirlenmiştir.

Ekmek kabuğunda L^* değerleri için yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.69) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P > 0.05$).

Çizelge 4.68. Ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	L^*			a^*			b^*		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	54.53	42.83	43.49	14.69	14.84	15.52	30.63	21.98	22.51
		3	53.59	43.29	47.00	13.87	15.37	16.20	30.36	22.69	26.99
		5	46.27	46.84	45.69	13.95	15.21	14.93	22.68	25.65	25.04
	ON	0	54.53	42.83	43.49	14.69	14.84	15.52	30.63	21.98	22.51
		3	49.32	47.08	44.84	14.24	14.51	15.55	24.27	24.32	24.36
		5	47.49	46.05	46.77	13.67	15.54	14.60	25.20	25.34	20.38
5	ÇBN	0	41.19	43.71	43.73	11.20	11.78	11.83	19.30	21.46	21.87
		3	44.63	42.40	46.67	11.70	12.12	11.07	21.69	20.49	23.26
		5	44.37	45.71	46.48	11.75	11.52	11.52	21.99	22.80	23.92
	ON	0	41.19	43.71	43.73	11.20	11.78	11.83	19.30	21.46	21.87
		3	45.91	43.74	46.38	11.23	12.18	11.34	23.06	22.08	23.51
		5	46.43	45.44	43.13	10.28	11.50	11.72	22.58	22.78	21.80
10	ÇBN	0	42.53	43.05	40.36	9.50	10.01	9.92	18.65	19.31	17.41
		3	44.92	42.76	42.92	9.27	10.07	10.29	19.89	19.20	19.65
		5	45.54	44.88	45.21	9.68	9.64	8.77	20.67	20.29	20.38
	ON	0	42.53	43.05	40.36	9.50	10.01	9.92	18.65	19.31	17.41
		3	43.68	40.60	43.05	9.01	10.32	9.59	19.26	18.12	19.29
		5	40.46	42.13	40.32	9.75	10.26	10.21	18.10	19.11	18.04

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür



Şekil 4.28. Ekşi hamur ekmeklerinin dış görünüşleri (FZ: Fındık zarı, ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çizelge 4.69. Ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	L^*			a^*			b^*		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	84.269	10.56	0.000*	121.314	352.36	0.000*	152.552	33.25	0.000*
B	1	5.144	0.64	0.427	0.039	0.11	0.739	4.753	1.04	0.316
C	2	7.801	0.98	0.386	0.270	0.78	0.465	3.763	0.82	0.448
AxB	2	4.885	0.61	0.548	0.150	0.43	0.651	2.069	0.45	0.641
AxC	4	3.100	0.39	0.816	0.039	0.11	0.978	3.250	0.71	0.591
BxC	2	2.554	0.32	0.728	0.100	0.29	0.750	1.425	0.31	0.735
AxBxC	4	3.257	0.41	0.802	0.203	0.59	0.672	1.655	0.36	0.835

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.70’ deki çoklu karşılaştırma testi sonuçları dikkate alındığında FZ’ nin % 0, % 5 ve % 10 kullanımı ile L^* değerleri sırasıyla 47.00, 44.36 ve 42.71 olarak belirlenmiştir. FZ’ nin % 5 ve % 10 oranları arasındaki fark önemsizken bu oranların % 0 FZ ile arasındaki farkları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Velioğlu vd (2017) yaptıkları çalışmada buğday ununa % 0, 4, 6, 8 ve 10 oranlarında fındık zarı ilave etmişler ve ekmek kabuğunda L^* değerlerini sırasıyla 30.91, 28.36, 32.16, 32.12 ve 28.03 olarak bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise buğday ununa % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı ilavesi ile L^* değerlerinin 36.19, 39.17 ve 37.32 olarak değiştiği tespit edilmiştir (Anıl, 2007).

Çizelge 4.70. Fındık zarı oranları için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	47.00±3.79 a	14.87±0.68 a	24.86±3.07 a
5	44.36±1.73 b	11.53±0.44 b	21.96±1.28 b
10	42.71±1.78 b	9.76±0.44 c	19.04±0.96 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çalışmamızda nişasta oranlarının artması parlaklığı bir miktar yükseltmiştir (Çizelge 4.72). ÇBN ve ON arsında ise istatistiksel olarak önemli bir fark ($P>0.05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.71). Sandhu vd (2011a) un formülasyonunda ozon gazı ile oksitlenmiş nişasta kullanımına bağlı olarak beyazlığın arttığını bildirmişler ve bu etkinin görülmesinde maillard reaksiyonun daha düşük seviyede gerçekleşmiş olabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.69’ da ekmek kabuğunda a^* değerleri için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. En yüksek a^* değeri % ÇBN örneğinde gözlenirken (16.2) en düşük % 10 FZ + % 5 ÇBN örneğinde belirlenmiştir (8.77).

Çizelge 4.71. Modifiye nişasta çeşitleri için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	L^*	a^*	b^*
ÇBN	45.00±3.14	12.08±2.28	22.25±3.23
ON	44.38±3.14	12.03±2.17	21.66±2.99

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.72. Modifiye nişasta oranları için ekmek kabuğunda L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	43.94±4.01	12.14±2.24	21.46±3.75
3	45.16±2.99	12.11±2.30	22.36±3.11
5	44.97±2.12	11.92±2.18	22.04±2.41

Ekmek kabuğundaki a^* değerleri için varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.69) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

FZ’ nin kırmızılık miktarını önemli ölçüde düşürdüğü ($P<0.05$) ve % 0 FZ oranında 14.87 olan a^* değerinin % 5 FZ ile 11.53 ve % 10 FZ ile 9.76 değerlerine ulaştığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.70). Benzer olarak Anıl (2007) ve Velioğlu vd (2017) da fındık zarının ekmek kabuğunda a^* değerlerini önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Çalışmamızda nişasta çeşitleri için benzer a^* değerleri görülürken (Çizelge 4.71) nişasta oranlarının artması kırmızılığı bir miktar azaltmasına rağmen önemli ölçüde bir fark ($P>0.05$) meydana getirmemiştir (Çizelge 4.72). Çapraz bağlı nişastanın buharda pişmiş çörek yapımında kullanıldığı bir çalışmada % 0, 15 ve 30 oranlarında çapraz bağlı nişasta kullanımında a^* değerleri önemli oranda değişmemiş ve -1.0, -0.6 ve -0.8 olarak kaydedilmiştir (Shukri vd, 2017). Sui vd (2016) ise kek

üretiminde kullanılmak üzere buğday ununu ozon gazı ile 0 - 30 dk arasında değişen sürelerde okside etmişler ve ürettikleri keklerde renk ölçümleri yapmışlardır. Kek dış kısımlarındaki a^* değerlerinin 20 dk oksidasyonla en yüksek (-1.6), 1 ve 2 dk oksidasyonlarda en düşük (-2.8) olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ekmek kabuğundaki b^* değerleri incelendiğinde % 0 FZ + % 0 MN örneğinin en yüksek b^* değerine sahip olduğu (30.63), en düşük ise % 10 FZ + % 0 MN örneğinde görüldüğü belirlenmiştir (17.41) (Çizelge 4.68).

b^* değerleri için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.56) ekmek kabuğundaki FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

a^* değerlerine benzer olarak b^* değerleri de FZ ilavesi ile kademeli olarak azalma göstermiş ve oranlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.70). Çalışmamıza benzer olarak fındık zarı kullanımının ekmek kabuğunda sarılık miktarını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Anıl, 2007; Velioglu vd, 2017). Nişasta oranlarının artması ise sarılık miktarını bir miktar artırmıştır (Çizelge 4.72) ancak istatistiksel olarak bir fark oluşturmamıştır. Buna paralel olarak bir araştırmada buharda pişirilmiş çöreklerde % 15 ve 30 oranlarında çapraz bağlı nişasta kullanılmasının kabuklarda b^* değeri üzerine etkili olmadığı ifade edilmiştir (Shukri vd, 2017). ON ilaveli ekmeklerde b^* değerleri ÇBN' ye göre daha düşük gözlenmiş olmasına rağmen aralarında önemi bir fark ($P>0.05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.71).

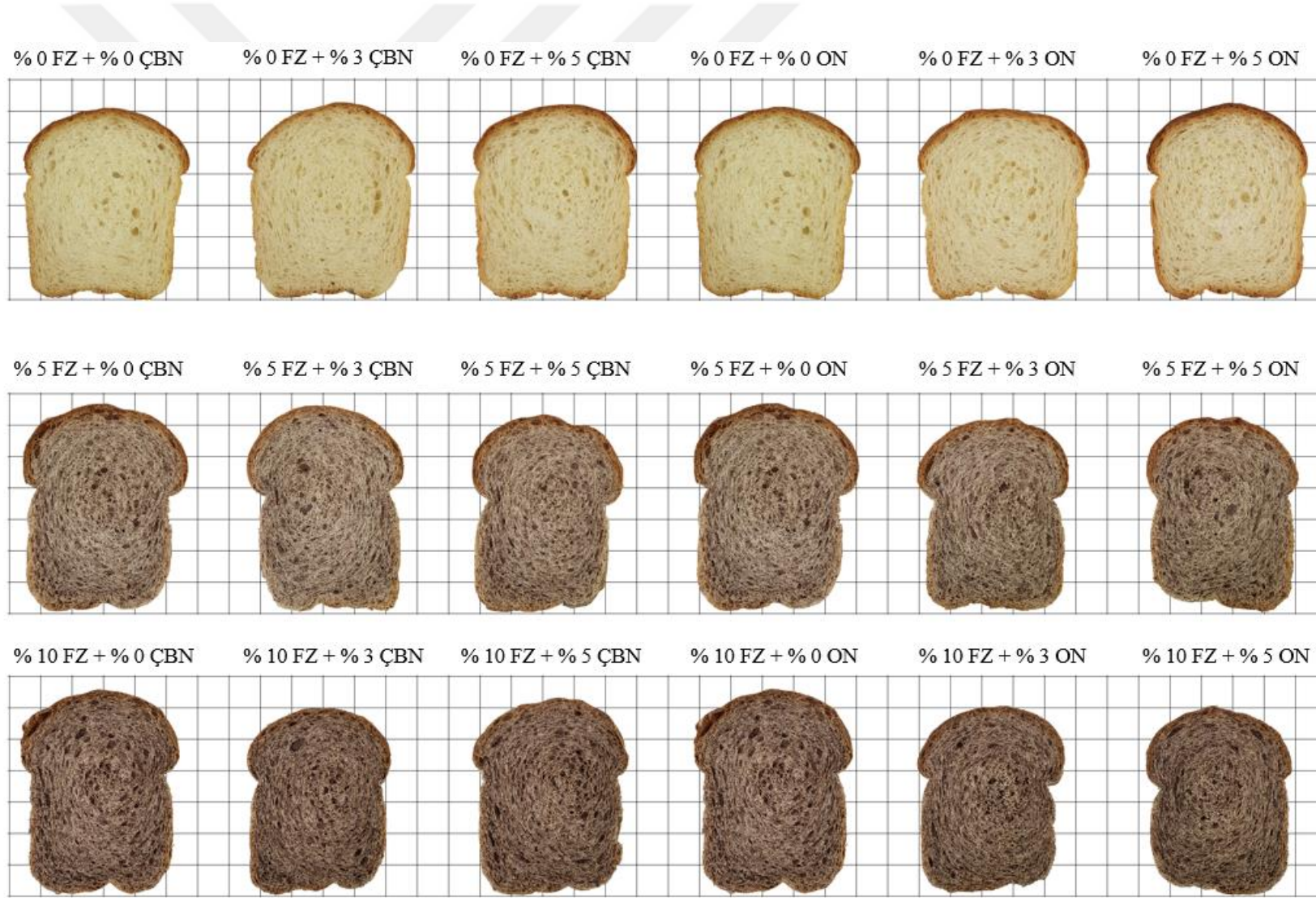
Ekmek içi görünümleri Şekil 4.29' da gösterilmiştir. Ekmek içinde L^* değerleri ölçülmüş olup sonuçlar Çizelge 4.73' de verilmiştir. Sonuçlara göre FZ içermeyen bütün örneklerde parlaklığın fazla olduğu ve en yüksek % 0 FZ + % 3 ÇBN' nin sahip olduğu görülürken (76.16) en düşük % 10 FZ + % 0 MN örneğinde (42.05) gözlenmiştir.

Çizelge 4.73. Ekmek içinde L^* , a^* ve b^* sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	L^*			a^*			b^*		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	70.71	74.54	74.65	-0.44	0.20	0.20	15.77	17.56	18.17
		3	70.95	74.29	76.16	-0.38	0.23	0.14	15.69	17.69	17.83
		5	72.69	74.54	74.82	-0.47	0.22	0.09	15.92	17.86	17.51
	ON	0	70.71	74.54	74.65	-0.44	0.20	0.20	15.77	17.56	18.17
		3	70.52	75.55	75.46	-0.45	0.17	0.18	15.28	17.53	18.19
		5	71.27	74.65	74.95	-0.35	0.17	0.06	15.04	17.38	17.14
5	ÇBN	0	51.49	53.40	54.87	3.86	3.77	3.68	9.20	9.17	9.17
		3	52.57	56.25	53.74	3.75	3.76	3.85	8.98	9.36	9.13
		5	52.65	53.69	52.55	3.77	3.81	3.88	8.97	9.07	9.14
	ON	0	51.49	53.40	54.87	3.86	3.77	3.68	9.20	9.17	9.17
		3	53.99	54.34	53.83	3.75	3.70	3.78	9.10	9.14	9.10
		5	50.61	52.07	53.93	3.88	3.86	3.73	8.97	9.00	9.15
10	ÇBN	0	42.50	45.97	45.30	5.32	5.22	5.23	7.81	8.22	8.29
		3	44.10	45.82	45.45	5.19	5.21	5.20	8.01	8.20	8.16
		5	43.47	45.35	45.47	5.24	5.41	5.21	7.90	8.38	8.19
	ON	0	42.50	45.97	45.30	5.32	5.22	5.23	7.81	8.22	8.29
		3	44.38	44.66	46.60	5.16	5.18	5.22	8.06	7.93	8.48
		5	42.99	45.07	45.65	5.21	5.23	5.23	7.97	8.06	8.35

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür



Şekil 4.29. Ekşi hamur ekmeklerinin iç görünimleri (FZ: Fındık zarı, ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Ekmek içinde L^* değerleri için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.74) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı faktörlerinin etkisi önemli olarak tespit edilmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.74. Ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	L^*			a^*			b^*		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	3952.78	1278.92	0.000*	92.253	3107.22	0.000*	425.45	766.6	0.000*
B	1	0.300	0.10	0.756	0.002	0.07	0.799	0.084	0.15	0.700
C	2	2.680	0.87	0.429	0.003	0.10	0.905	0.107	0.19	0.825
AxB	2	0.080	0.03	0.974	0.000	0.01	0.986	0.064	0.12	0.892
AxC	4	1.010	0.33	0.859	0.004	0.13	0.970	0.058	0.10	0.980
BxC	2	0.300	0.10	0.907	0.001	0.02	0.979	0.058	0.10	0.902
AxBxC	4	0.030	0.01	1.000	0.001	0.03	0.998	0.046	0.08	0.987

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.75’ de ekmek içinde FZ oranlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçlarına yer verilmiştir. Sonuçlara göre artan FZ oranlarına bağlı olarak L^* değerlerinde azalma kaydedilmiş ve oranlar arasında istatistiksel açıdan önemli fark saptanmıştır ($P<0.05$). Önceki araştırmalarda ekmekte artan oranlarda fındık zarı kullanımının L^* değerini kademeli olarak düşürdüğü rapor edilmiştir (Anıl, 2007; Velioğlu vd, 2017).

Çizelge 4.75. Fındık zarı oranları için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	73.65±1.93 a	-0.03±0.29 c	17.00±1.09 a
5	53.32±1.39 b	3.79±0.07 b	9.12±0.10 b
10	44.81±1.23 c	5.23±0.06 a	8.13±0.20 c

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.76 ve Çizelge 4.77’deki çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre ise ÇBN ve ON arasında önemli bir fark gözlenmezken nişasta ilavesinin de parlaklığı önemli ölçüde etkilemediği ortaya koyulmuştur ($P>0.05$). Bir çalışmada 1:1 oranında çapraz bağlı nişasta ve okside nişasta karışımının ekmek üretiminde % 0, 5, 7 ve 10 oranlarında kullanılması ile L^* değerlerinin değişimi incelenmiştir. Buna göre % 0 ve % 5 arasında L^* değerleri açısından bir fark gözlenmezken % 7 ve 10 oranlarında ise önemli derecede arttığı bildirilmiştir (Rodriguez-Sandoval vd, 2017a).

Çizelge 4.76. Modifiye nişasta çeşitleri için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	L^*	a^*	b^*
ÇBN	57.33±12.42	3.01±2.27	11.46±4.14
ON	57.18±12.43	2.99±2.26	11.38±4.05

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.77. Modifiye nişasta oranları için ekmek içinde L^* , a^* ve b^* değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	57.05±12.48	3.00±2.29	11.48±4.20
3	57.70±12.42	2.98±2.27	11.44±4.15
5	57.02±12.72	3.01±2.31	11.33±4.05

Ekmek içinde belirlenen a^* değeri sonuçları incelendiğinde en düşük a^* değeri % 0 FZ + % 5 ÇBN örneğinde belirlenirken (-0.47) en yüksek ise % 10 FZ + % 5 ÇBN örneğinde (5.41) görülmüştür (Çizelge 4.73).

Ekmek içindeki a^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.74’de gösterilmiştir. Kırmızılık üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

% 0, % 5 ve % 10 FZ oranlarında kırmızılık değerleri sırasıyla -0.03, 3.79 ve 5.23 olarak kaydedilmiş (Çizelge 4.75) ve FZ ilavesi ile kırmızılık miktarı önemli

ölçüde artış göstermiştir ($P<0.05$). Bir araştırmada ekmek yapımında fındık zarı % 0, 5 ve 10 oranlarında kullanılmış ve a^* değerleri bu oranlar için -1.54, 3.31 ve 4.43 olarak bildirilirken (Anıl, 2007) başka bir çalışmada % 0, 4, 6, 8 ve 10 oranları için -0.41, 3.81, 4.94, 5.29 ve 4.72 olarak tespit edilmiştir (Velioğlu vd, 2017).

ÇBN ve ON uygulamaları için a^* değerleri sırasıyla 3.01 ve 2.99 bulunurken % 0, % 3 ve % 5 nişasta oranları için 3.00, 2.98 ve 3.01 tespit edilmiştir. Nişasta çeşitleri arasında ve nişasta oranları arasında önemli düzeyde fark gözlenmemiştir ($P>0.05$). Çapraz bağlı ve okside nişastanın 1:1 oranında karışım yapılarak beraber kullanıldığı bir araştırmada ekmek üretimi yapılmış ve ekmek içinde renk değerleri belirlenmiştir. Karışım nişastalar % 0, 5, 7 ve 10 oranlarında ilave edilmiş ve a^* değerlerinin 0.51, 0.21, 0.17 ve 0.51 olduğu bulunmuştur (Rodriguez-Sandoval vd, 2017a).

Ekmek içinde belirlenen b^* değerleri sonuçlarına Çizelge 4.73' de yer verilmiştir. % 0 FZ + % 3 ON örneğinde 18.19 ile en yüksek b^* değerine ulaşılırken % 10 FZ + % 0 MN örneğinde 7.81 ile en düşük b^* değeri saptanmıştır.

Ekmek içinde b^* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.74' de gösterilmiştir. Ekmek içinde FZ oranının b^* değeri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Buna karşın modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

% 0 FZ oranına sahip ekmeklerde sarılık değeri ortalama 17.00 olarak saptanmasına karşın % 5 FZ ilavesi sonucu bu değer önemli bir düşüş gerçekleştirerek 9.12 olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.75). % 10 FZ oranında ise sarılık miktarı 8.13 olarak ortaya koyulmuştur. FZ oranları arasında istatistiksel açıdan önemli fark belirlenmiştir ($P<0.05$). Bu sonuçlara benzer olarak Anıl (2007) ekmek üretiminde % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı kullanmış, b^* değerlerinin fındık zarı ilavesiyle önemli derecede düştüğünü ve sırasıyla 11.54, 6.30 ve 6.14 olduğunu bildirmiştir. Başka bir araştırmada ekmek içinde b^* değerini 17.47 olarak bildirilmiş, % 10 fındık zarı ilavesi yapılarak üretilen ekmeklerde ise 6.95 olarak tespit edilmiştir (Velioğlu vd, 2017). Çizelge 4.76 ve Çizelge 4.77 incelendiğinde nişasta çeşitleri arasındaki fark

önemsiz görülürken nişasta ilavesi de sarılık miktarı üzerine önemli ölçüde etki etmemiştir ($P>0.05$).

4.3.6. Hacim ve Spesifik hacim

Optimum ekmek hacminin oluşması yeterli gluten ağının meydana gelmesine bağlıdır ki bu hamurun yoğurulması sırasında SH-SS gruplarının değişimi ile yakından ilgilidir (Wang vd, 2006). Ekşi hamur sistemi farklı yollarla ekmek hacmine etki etmektedir. Ekşi hamurdaki pH düşüşleri amilolitik ve proteolitik enzimlerin etkisini artırmakta ve böylece enzimatik reaksiyonlar hızlanmaktadır (Bustos vd, 2017). Ancak pH' nın fazla düşmesi maya gelişimini olumsuz etkileyebilmektedir. Ekşi hamurun ekmek formülasyonunda kullanılması ekmek hacmini hem düşürücü hem de artırıcı etkide bulunabilmektedir. Yapılan bir çalışmada ekmek yapımında % 10, 20 ve 30 oranlarında ekşi hamur kullanılması durumunda ekmek hacminin arttığı ancak % 40 oranında ise azaldığı kaydedilmiştir (Rózyło vd, 2015). Ekşi hamurun ekmek yapımında kullanılması ile pH' nın düşüşü gluteni kuvvetlendirmekte ancak glutenin izoelektrik pH' da bulunması gluten yapısını olumsuz etkilemektedir (Gomez-Haro Aceves, 2004). Glutenin bir miktar zayıflaması genişlemeye karşı daha az direnç göstereceğinden ekmek hacmini artırmakta ancak zayıflayan glutenin gaz tutma kapasitesi azalmaktadır. Ekşi hamur ekmeklerinde görülebilen hacim artışının bir diğer nedeni de arabinoksilanların çözünürlüğünün artması ve ekzopolisakkarit üretimi olarak ifade edilmektedir (Katina, 2005).

Ekşi hamur ekmeklerinde belirlenen hacim miktarları Çizelge 4.78' de gösterilmiştir. En yüksek ekmek hacmine 906.67 mL ile % 5 FZ + % 0 MN içeren örnekte ulaşılrken en düşük ekmek hacmine % 0 FZ % 3 ÇBN örneği sahip olmuştur (699.44 mL).

Ekmek hacimlerine ait varyans analiz sonuçlarına Çizelge 4.79' da yer verilmiştir. Ekmek hacmi üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.78. Hacim ve spesifik hacim sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Hacim (mL)			Spesifik hacim (mL/g)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	852.78	705.00	742.22	6.76	5.41	4.90
		3	861.11	699.44	743.89	6.83	5.40	5.64
		5	852.22	708.33	768.33	6.85	5.44	6.08
	ON	0	852.78	705.00	742.22	6.76	5.41	4.90
		3	854.44	756.11	761.11	6.69	5.85	5.91
		5	884.44	745.00	775.00	7.16	5.75	6.27
5	ÇBN	0	906.67	862.78	859.44	7.24	6.77	5.86
		3	832.22	862.22	876.67	6.49	6.78	6.93
		5	827.22	831.11	843.33	6.52	6.49	6.69
	ON	0	906.67	862.78	859.44	7.24	6.77	5.86
		3	783.33	825.56	830.56	6.19	6.40	6.44
		5	859.44	815.56	807.22	7.02	6.30	6.25
10	ÇBN	0	890.00	807.22	811.67	7.20	6.29	6.39
		3	792.78	804.44	777.78	6.16	6.25	6.13
		5	872.22	799.44	769.44	7.00	6.20	5.97
	ON	0	890.00	807.22	811.67	7.20	6.29	6.39
		3	806.67	791.67	780.00	6.23	6.09	6.00
		5	793.89	756.67	796.11	6.23	5.80	6.18

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta
T: Tekerrür

Çizelge 4.79. Hacim ve spesifik hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Hacim (mL)			Spesifik hacim (mL/g)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	21547.2	8.84	0.001*	1.467	4.57	0.017*
B	1	183.1	0.08	0.786	0.022	0.07	0.796
C	2	3067.1	1.26	0.296	0.045	0.14	0.871
AxB	2	1339.6	0.55	0.582	0.129	0.40	0.672
AxC	4	2462.4	1.01	0.415	0.428	1.33	0.276
BxC	2	53.0	0.02	0.979	0.009	0.03	0.971
AxBxC	4	794.3	0.33	0.859	0.065	0.20	0.935

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.80’ de ekşi hamur ekmeklerinde FZ oranlarına göre ekmek hacimleri verilmiştir. % 0 FZ, % 5 FZ ve % 10 FZ oranları ile sırasıyla 778.30, 847.35 ve 808.83 mL hacimlerine sahip ekmekler üretilmiştir. Sonuçlar göre FZ kullanımının ekmek hacmini artırdığı gözlenmiştir. % 0 FZ ve % 10 FZ arasında istatistiksel açıdan fark belirlenmezken bu oranlar ile % 5 FZ arasında önemli fark tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 4.80. Fındık zarı oranları için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Hacim (mL)	Spesifik hacim (mL/g)
0	778.30±63.30 b	6.00±0.71 b
5	847.35±32.01 a	6.57±0.40 a
10	808.83±37.83 b	6.33±0.40 ab

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Sonuç olarak FZ kullanımı ekmek hacmine olumlu etki ederken oranın % 5’ den % 10’ a çıkarılması ile gluten miktarı oldukça azaldığından ekmek hacminde düşüş meydana gelmiştir. Fındık zarında yüksek miktarda bulunan fenolik bileşiklerin oksidan özelliklerinden dolayı disülfid bağların oluşmasında etkili olduğu ve gluteni kuvvetlendirerek ekmek hacmine katkı sağladığı düşünülmektedir. Birçok araştırmada besinsel lif kullanımının ekmek hacmini düşürücü etkisi rapor edilmiştir (Turfani vd, 2017). Bu etki büyük oranda gluten miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Besinsel lif içeriğinin fazla olması yeterli gluten ağının oluşmamasına ve glutenin kümelenmesine neden olabilmektedir. Özellikle lif partikül büyüklüğü çok düşük olursa ekmek hacmini daha olumsuz etkilenmektedir. Bunun sebebi olarak düşük partikül büyüklüğüne sahip liflerin daha fazla yüzey alanına sahip olması ve gluten ile etkileşim sağlayabilecek bileşikler engellemenmesi, ikinci olarak ise parçalanmış hücre duvarı ile glutenin yapısını olumsuz etkileyecek daha fazla bileşiğin ortamda bulunması olarak ifade edilmiştir (Noort vd, 2010). Bunun dışında doymamış yağ asitlerinin ekmek formülasyonunda az miktarda bulunması sülfidril gruplarının oksidasyonuna neden olduğu için pozitif etki göstermesine rağmen yüksek konsantrasyonlarda glutenin lipid bağlama kapasitesinin azalttığı için ekmek hacmini olumsuz etkilemektedir. Doymuş yağ asitlerinin ise herhangi bir etkisi bildirilmemiştir (Doblado-Maldonado vd, 2012). Çalışmamızda kullanılan FZ’ nin artan oranlara bağlı olarak ekmek hacminin gelişmesinde yüksek yağ içermesi nedeniyle önce olumlu daha

sonra olumsuz etki etmiş olabilir. Júnior vd (2008) % 7.5, 15, 22.5 ve 30 oranlarında pirinç kepeği ilavesiyle yaptıkları ekmeklerin hacminde azalma kaydetmişlerdir.

Çizelge 4.81’ de nişasta çeşitlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları gösterilmiştir. FZ ilavesi olmadığında ON’ nin ekmek hacmini çok az da olsa artırdığı görülürken % 5 ve % 10 FZ ilaveli ekmeklerde her iki nişasta çeşidi için de önemsiz düzeyde ($P>0.05$) düşüş meydana gelmiştir (Çizelge 4.82). ON’ nin ekmek hacmini azaltması FZ’ deki fenolikler ile yaptığı etkileşimlerden kaynaklanabilir. Buna göre sülfidril bağlarını oksitleyen fenolik bileşiklerden bir kısmının ON ile kompleks oluşturması ve gluten yapısını güçlendirmemesi neden olmuş olabilir. Lee Yeo ve Seib (2009) çapraz bağlı buğday nişastasını % 10 oranında ekmek yapımında kullanılmasıyla ekmek hacminde düşüş meydana geldiğini ortaya koymuştur. Başka bir çalışmada ise ekmek yapımında doğal ve çapraz bağlı buğday nişastası kullanılmış ve ekmek hacimlerini 659 mL ve 623 mL olarak tespit edilmiştir (Wilderjans vd, 2010). Kang vd (2018) ise ekmek yapımında % 20 oranında okside mısır nişastası kullanmış ve ekmek hacminin okside nişasta kullanılmayan ekmeklerle aynı seviyede olduğunu belirtmiştir.

Çizelge 4.81. Modifiye nişasta çeşitleri için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Hacim (mL)	Spesifik hacim (mL/g)
ÇBN	813.30±58.10	6.32±0.60
ON	809.65±50.04	6.28±0.54

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.82. Modifiye nişasta oranları için hacim ve spesifik hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Hacim (mL)	Spesifik hacim (mL/g)
0	826.40±65.10	6.31±0.77
3	802.20±46.70	6.25±0.41
5	805.80±47.20	6.34±0.47

Ekmekte spesifik hacmin 5.0 mL/g’ den düşük olmazı yetersiz olarak kabul edilirken 5.0 - 10.0 mL arası orta ve 10.0 mL’ den fazla olması çok iyi olarak değerlendirilmektedir (Garcia ve Leonel, 2005).

Ekmekte spesifik hacim sonuçları Çizelge 4.78' de gösterilmiştir. En yüksek spesifik hacim değeri 7.24 mL/g ile % 5 FZ + % 0 MN örneğinde tespit edilirken % 0 FZ + % 0 MN örneğinde en düşük spesifik hacim (4.9 mL/g) görülmüştür.

Ekmekte spesifik hacim için varyans analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.79) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar göz önüne oranı alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P > 0.05$).

Hacim ve spesifik hacim sonuçları paralellik göstermekte ve ekmekte hacim üzerine etkili faktörler spesifik hacim için de geçerli olmaktadır. FZ oranlarının spesifik hacim üzerine etkileri incelendiğinde % 5 FZ ile önemli ölçüde artış gösterdiği ($P < 0.05$), % 10 FZ ile tekrar düşüş yaşandığı görülmüştür (Çizelge 4.80). Ekmek hacmine benzer olarak % 5 FZ kullanımının spesifik hacim üzerine olumlu etkileri gözlenmiştir. Velioğlu vd (2017) yaptıkları çalışmalarında fındık zarı bulunmayan ekmeklerde spesifik hacmi 6.94 mL/g, % 10 fındık zarı bulunan örneklerde ise 4.68 mL/g olarak bildirmişlerdir. Anıl (2007) ise % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı kullanılan ekmeklerde spesifik hacmi sırasıyla 3.02, 2.86 ve 2.57 mL/g olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.81 ve Çizelge 4.82' de gösterilen sonuçlara göre nişasta ilavesi ile spesifik hacimde önemli değişimler gözlenmezken ÇBN ve ON arasında belirgin farklılıklara rastlanılmamıştır ($P > 0.05$). Van Hung ve Morita (2004) yaptıkları çalışmada % 0, 5, 10 ve 15 oranlarında çapraz bağlı mısır nişastasını ekmek üretiminde kullanmışlar ve spesifik hacim için örnekler arasında önemli değişikliğe rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Lee Yeo ve Seib (2009) ise ekmek yapımında doğal buğday nişastasını ve çapraz bağlı buğday nişastasını ayrı ayrı % 0, 10, 30 ve 50 oranlarında ekmek üretiminde kullanmışlardır. Her iki nişasta çeşidinin spesifik hacmi düşürdüğü ve iki nişasta çeşidinin de aynı derecede etkili olduğu belirtmişlerdir.

4.3.7. Ekmek içi özellikleri (C-Cell)

Ekmekte kalite nitelikleri arasında birçok faktör bulunmakla birlikte bunlardan bazıları büyük hacim, ince kabuk, homojen gözenek dağılımı, ekmek içi dokusunun dokunulduğunda ipeksi olması, yeterli elastikiyet, iştah açıcı ve homojen renk olarak sıralanabilir (Ünal, 1991). Ekşi hamur ekmeklerinin fiziksel olarak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla C-Cell ölçümleri yapılmıştır. Ekmeklere ait dilim alanı değerleri Çizelge 4.83’ de gösterilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek dilim alanına % 5 FZ + % 0 MN sahip olurken (5896 mm²) en düşük dilim alanına % 0 FZ + % 0 MN örnek (4948.7 mm²) sahip olmuştur.

Ekmeklerdeki dilim alanı değerleri için varyans analiz sonuçlarına göre (Çizelge 4.84) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülmüş (P<0.05), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir (P>0.05). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (P>0.05).

% 0 FZ kullanımı ile 5378.72 mm² olarak belirlenen dilim alanı % 5 FZ ile önemli derecede artış göstererek 5676.76 mm² olarak tespit edilmiş ve aralarında istatistiksel olarak fark saptanmıştır (P<0.05). FZ’ nin kullanım oranı % 10 olduğunda ise dilim alanında tekrar düşüş yaşanarak 5586.53 mm² olarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.85).

FZ’ nin artan oranları dilim alanında önce artışa sonra ise azalmaya sebep olmuştur. Bu durumun gözlenmesinde FZ ilavesi ile yükselen antioksidan kapasitenin glutenin yapısını kuvvetlendirmesi ve daha fazla ilavesi neticesinde ise glutenin hamurda seyrelemesine bağlı olarak hamur yapısının olumsuz etkilenmesi söylenebilir. Dilim alanı sonuçları ile ekmek hacimleri arasında paralellik olduğu görülmüştür. Bir çalışmada ekmek yapımında besinsel lif kaynağı olarak % 0, 10, 20 ve 30 oranlarında teff unu kullanımına bağlı olarak dilim alanının kademeli olarak azaldığı kaydedilmiştir (Alaunyte vd, 2012). Wolter (2013) yaptığı çalışmasında buğday, karabuğday, kinoa, sorgum ve teff unlarını ayrı ayrı kullanarak ekmek üretimi gerçekleştirmiştir. Buğday ununun dışındaki gluten içermeyen unların kullanılması ile

dilim alanlarında düşüş tespit etmiş ve en düşük dilim alanına kinoa unu ile yapılan ekmeklerde rastlamıştır.

Çizelge 4.86' da gösterildiği üzere nişasta çeşitleri arasında ekmek hacmi sonuçlarına benzer olarak istatistiksel açıdan önemli bir fark oluşmamıştır ($P>0.05$). FZ içermeyen ekşi hamur ekmeklerinde her iki nişasta çeşidinin de ilavesi dilim alanı üzerine olumlu etki gösterirken FZ ilaveli ekmeklerde bu etkiye rastlanmamıştır. Bir çalışmada oktenil süksinik anhidrit ile modifiye edilmiş buğday ve tapyoka nişastaları ekmek üretiminde yağ ikamesi olarak % 2 ve 4 oranlarında kullanılmıştır. Sonuç olarak modifiye nişasta kullanılan bütün ekmek örneklerinde dilim alanının modifiye nişasta içermeyen ekmeklere göre önemli derecede düştüğü belirlenmiştir (Balic vd, 2017).

Ekşi hamur ekmek dilimlerinde gözenek sayısı belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.83' de gösterilmiştir. En fazla gözenek sayısı % 5 FZ örneğinde (2712) elde edilmiştir. En az gözenek sayısı ise % 3 ÇBN içeren örnekte (2335) bulunmuştur.

Ekşi hamur ekmeklerinde gözenek sayısı değerleri için varyans analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.84) FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel değerlendirmede önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Gözenek sayısı üzerine FZ' nin önemli düzeyde ($P<0.05$) etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.85). % 0 FZ oranında 2481.9 olan gözenek sayısı % 5 FZ için artarak 2529.7 olarak hesaplanmış ve % 10 FZ örneklerinde azalma meydana gelerek 2448.1 bulunmuştur. Bu sonuçların dilim alanı sonuçları ile örtüştüğü görülmüştür. FZ' de bulunan fenolik bileşiklerin ekmek içi yapıya olumlu katkı sağladığı düşünülürken besinsel liflerin gluten ağına olumsuz etkisinden dolayı ekmek içi yapıya negatif etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Yıldız, 2014). Ning vd (2017) tam buğday ununa % 0, 1, 2, 3 ve 4 oranlarında yüksek antioksidan içeriğine sahip yeşil çay tozu ilave etmişler ve elde edilen ekmeklerde artan oranlara bağlı olarak gözenek sayısında önemli düşüş kaydetmişlerdir. Bunun sebebi olarak artan yeşil çay tozu ile

suyun daha fazla absorbe edilmesi ve glutenin optimum gelişimi için ortamda yeterli su bulunamaması olarak açıklamışlardır. Glutenin gelişmemesi nedeniyle hamurdaki gazları tutamamakta ve gazlar bir araya gelerek daha büyük gözenekler oluşturmaktadır.

ÇBN ile ON arasında önemli bir fark bulunmazken ($P>0.05$) ON içeren ekmeklerde gözenek sayısı bir miktar fazla bulunmuştur (Çizelge 4.86). Nişasta oranları arasında önemli fark ($P>0.05$) gözlenmemiştir ancak nişasta ilavesi gözenek sayısını bir miktar azaltmıştır (Çizelge 4.87). Bir çalışmada çapraz bağlı modifiye buğday nişastası % 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında buğday unu yerine ikame edilerek kullanılmış ve nişasta içeren unlarda eksilen proteini karşılamak için vital gluten ilave edilmiştir. Yapılan ekmek içi analizlerde gözenek sayısının çapraz bağlı modifiye nişasta eklenmesi ile değişmediği belirtilmiştir (Miller ve Bianchi, 2017). Sandhu vd (2011a) buğday ununda 4.5, 9, 18, 27, 36, ve 45 dk sürelerde ozon gazı ile oksidasyon yaparak elde ettikleri unu ekmek üretiminde kullanmışlardır. 4.5 dk süre ile okside edilen undan yapılan ekmeklerde gözenek sayısının arttığı, diğer oksidasyon sürelerinde ise gözenek sayısında kademeli olarak azalma görüldüğü ifade edilmiştir. Ozon gazı başka bir çalışmada da ekmek ununda oksidasyon aracı olarak kullanılmış ve 2, 4.5, 9 ve 18 dk sürelerindeki oksidasyonla gözenek sayısında artış tespit edilmiştir (Sandhu vd, 2011b).

Ekmeklerde dilim çevre uzunluğuna ait sonuçlar Çizelge 4.83' de verilmiştir. En yüksek dilim çevre uzunluğu % 10 FZ + % 0 MN örneğinde (289.9 mm) belirlenmiştir. % 0 FZ + % 0 MN örneğinin ise en düşük (261 mm) dilim çevre uzunluğuna sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.88' de dilim çevre uzunluklarına ait varyans analiz sonuçlarına yer verilmiştir. FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önem teşkil etmemektedir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar göz önüne alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel değerlendirmede önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.83. Dilim alanı, gözenek sayısı, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Dilim alanı (mm ²)			Gözenek sayısı			Dilim çevre uzunluğu (mm)			Kabuk kalınlığı (mm)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	5599.3	4948.7	5599.3	2448	2522	2448	282.7	261.0	282.7	0.51	0.49	0.51
		3	5525.0	5100.7	5525.0	2335	2528	2335	282.4	262.8	282.4	0.53	0.50	0.53
		5	5553.0	5200.7	5553.0	2551	2464	2551	280.8	267.8	280.8	0.50	0.51	0.50
	ON	0	5599.3	4948.7	5599.3	2448	2522	2448	282.7	261.0	282.7	0.51	0.49	0.51
		3	5651.7	5197.7	5651.7	2366	2541	2366	283.1	267.8	283.1	0.54	0.50	0.54
		5	5789.7	5430.3	5789.7	2481	2578	2481	287.6	273.5	287.6	0.52	0.51	0.52
5	ÇBN	0	5860.0	5896.0	5860.0	2515	2712	2515	288.1	288.0	288.1	0.50	0.49	0.50
		3	5526.3	5766.0	5526.3	2615	2551	2615	278.7	284.8	278.7	0.48	0.50	0.48
		5	5596.0	5711.0	5596.0	2474	2569	2474	280.9	282.6	280.9	0.50	0.49	0.50
	ON	0	5860.0	5896.0	5860.0	2515	2712	2515	288.1	288.0	288.1	0.50	0.49	0.50
		3	5312.0	5554.7	5312.0	2511	2396	2511	270.3	277.5	270.3	0.48	0.51	0.48
		5	5642.0	5496.3	5642.0	2342	2442	2342	283.7	276.1	283.7	0.51	0.50	0.51
10	ÇBN	0	5849.7	5408.3	5849.7	2442	2510	2442	289.9	274.4	289.9	0.50	0.48	0.50
		3	5509.0	5577.7	5509.0	2471	2582	2471	276.5	276.2	276.5	0.49	0.48	0.49
		5	5814.0	5419.7	5814.0	2460	2379	2460	284.9	274.0	284.9	0.49	0.50	0.49
	ON	0	5849.7	5408.3	5849.7	2442	2510	2442	289.9	274.4	289.9	0.50	0.48	0.50
		3	5559.3	5519.0	5559.3	2420	2423	2420	278.7	280.1	278.7	0.49	0.50	0.49
		5	5484.0	5639.7	5484.0	2362	2376	2362	279.0	282.0	279.0	0.50	0.51	0.50

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.84. Dilim alanı ve gözenek sayısı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Dilim alanı (mm ²)			Gözenek sayısı		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	279684	4.55	0.025*	20192	3.05	0.072
B	1	14	0.00	0.988	15239	2.30	0.147
C	2	39329	0.64	0.539	14646	2.21	0.138
AxB	2	35132	0.57	0.575	7910	1.19	0.326
AxC	4	71968	1.17	0.357	12448	1.88	0.158
BxC	2	3304	0.05	0.948	4059	0.61	0.553
AxBxC	4	11360	0.18	0.943	2218	0.33	0.851

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.85. Fındık zarı oranları için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Dilim alanı (mm ²)	Gözenek sayısı	Dilim çevre uzunluğu (mm)	Kabuk kalınlığı (mm)
0	5378.7±287.1 b	2481.9±74.2 ab	274.41±9.88 b	0.51±0.01 a
5	5676.4±186.7 a	2529.7±113.1 a	282.24±5.72 a	0.49±0.01 b
10	5586.5±166.9 ab	2448.1± 64.0 b	280.01±5.67 ab	0.49±0.01 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.86. Modifiye nişasta çeşitleri için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Dilim alanı (mm ²)	Gözenek sayısı	Dilim çevre uzunluğu (mm)	Kabuk kalınlığı (mm)
ÇBN	5547.8±263.3	2507.1±86.8	278.7±8.3	0.50±0.01
ON	5546.6±239.8	2466.0±91.8	279.1±7.7	0.50±0.01

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Dilim çevre uzunluğu üzerine FZ' nin önemli düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Ekmeklerde azalan sıraya göre dilim çevre uzunluğu % 5 FZ > % 10 FZ > % 0 FZ olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.85). % 0 FZ ve % 5 FZ arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05). FZ' nin % 5 oranında kullanımı ile dilim çevre uzunluğunun artması ve % 10 ile tekrar düşüş göstermesi ekmek hacmi, dilim alanı ve gözenek sayısı sonuçları ile yüksek paralellik göstermekte

ve en uygun sonucun % 5 FZ ile elde edildiği görülmektedir. Daha öne değinildiği üzere çalışmamızdaki örneklerde uzamaya karşı direnç değerleri 499.20 mN (% 0 FZ), 647.18 mN (% 5 FZ) ve 825.91 mN (FZ) olarak gerçekleşmiştir (Çizelge 4.29). Uzamaya karşı direncin düşük olması (% 0 FZ) zayıf gluten yapısı ile açıklanabilirken böyle hamurlarda glutenin gaz tutma kapasitesi yetersiz olmakta ve sonuçta ekmek hacmi ve dilim çevre uzunluğu düşük olmaktadır. Glutenin çok güçlü olduğu durumlarda ise (% 10 FZ) hamurun uzamaya karşı direnci fazla olmakta, fermantasyon sırasında hamurun kabarmasını sınırlandırmakta ve ekmek hacmi ile dilim çevre uzunluğu azalmaktadır.

Çizelge 4.87. Modifiye nişasta oranları için dilim alanı, gözenek sayısı, viskozite, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Dilim alanı (mm ²)	Gözenek sayısı	Dilim çevre uzunluğu (mm)	Kabuk kalınlığı (mm)
0	5594.0±351.0	2524.9±93.7	280.7±10.7	0.49±0.01
3	5483.3±188.5	2478.2±89.9	276.6± 6.6	0.50±0.02
5	5564.7±173.1	2456.5±81.0	279.4± 5.6	0.50±0.01

Çizelge 4.88. Dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Dilim çevre uzunluğu (mm)			Kabuk kalınlığı (mm)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	195.12	2.61	0.101	0.0011	7.17	0.005*
B	1	1.43	0.02	0.892	0.0003	1.84	0.192
C	2	52.50	0.70	0.508	0.0002	1.47	0.255
AxB	2	31.48	0.42	0.663	0.0000	0.08	0.920
AxC	4	53.73	0.72	0.590	0.0001	0.62	0.653
BxC	2	4.94	0.07	0.936	0.0001	0.47	0.633
AxBxC	4	12.14	0.16	0.955	0.0000	0.03	0.998

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Nişasta çeşitleri arasında ve nişasta kullanım oranları arasında önemli fark (P>0.05) gözlenmemiştir (Çizelge 4.86, Çizelge 4.87). FZ içermeyen ekmeklerde nişasta kullanımı dilim çevre uzunluğunu bir miktar artırırken FZ' nin % 3 ve % 5 oranlarında ilavesinde modifiye nişastaların etkisi değişerek dilim çevre uzunluğunda

düşüşe neden olmuştur. Bir araştırmada buğday ve tapyoka nişastaları oktenil süksinik anhidrit ile modifiye edilmiş, % 2 ve 4 oranlarında ekmek üretiminde kullanılmıştır. Dilim çevre uzunluğunun modifiye nişasta kullanılan ekmeklerde önemli derecede azaldığı kaydedilmiştir (Balic vd, 2017).

Ekmeklerde kabuk kalınlığı bir diğer kalite kriteri olup hem yeme kalitesi hem de dış görünüş üzerine etkili olmaktadır. Kabuk kalınlığının fazla olması çığnenebilirliği zorlaştırmaktadır. Ekmekte kabuk kalınlığının oluşması pişirme esnasında verilen buhar miktarı ve buna bağlı olarak ekmek içine ulaşan ısı transferi ile yakından ilgilidir. Genelde düşük buhar miktarı ince kabuk oluşmasını sağlamakta ve buharın fazla kullanılması ekmek yüzeyinde suyun birikerek kabuk kalınlığını artırmasına yol açmaktadır (Altamirano-Fortoul vd, 2012). Kabuk kalınlığı; pişirme sıcaklığı, hamurda gözenek sayısı, ekmek içi ısı transfer katsayısı gibi etmenlerin fazla olması ile düşerken su buharlaşma sıcaklığı, yüzey ısı transfer katsayısı, hamur hacmi, pişirme süresi, düzensiz hamur gözenek yapısı gibi etmenlerin artması ile artış göstermektedir (Jefferson vd, 2006).

Ekşi hamur ekmeklerinde kabuk kalınlıkları ölçülmüş olup sonuçlar Çizelge 4.83' de gösterilmiştir. Kabuk kalınlığı değerlerinin 0.48 ile 0.54 mm arasında değiştiği gözlenmiştir. En düşük kabuk kalınlığı % 10 FZ + % 3 ÇBN örneğinde görülürken en yüksek % 0 FZ + % 3 ON' de belirlenmiştir.

Ekşi hamur ekmeklerinde kabuk kalınlığına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.88' de gösterilmiştir. Kabuk kalınlığı üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), ancak modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar ele alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel değerlendirmede önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

FZ' nin % 5 ve % 10 kullanımında kabuk kalınlığı olumlu etkilemiş ve % 0 oranına kıyasla önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.85). Bir çalışmada ekmek yapımı için buğday unu yerine % 0, 10, 20 ve 30 oranlarında besinsel lif bakımından zengin teff unu kullanılmıştır. Ekmeklerdeki kabuk kalınlığının teff unu kullanımına bağlı olarak değişmediği gözlenmiştir (Alaunyte vd, 2012). Yeşil çay

tozunun besinsel lif kaynağı olarak kullanıldığı bir çalışmada una % 0, 1, 2, 3 ve 4 oranlarında ilave edilmesi ile kabuk kalınlığında kademeli olarak artış tespit edilmiştir (Ning vd, 2017). Çalışmamızda nişasta çeşitleri arasında önemli farklılıklar gözlenmezken ($P>0.05$) nişasta ilavesi ile kabuk kalınlığı bir miktar artış göstermiş ve bu artış ON' de biraz daha fazla ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.87).

4.3.8. Dokusal (tekstürel) özellikler

Ekmek içindeki ağırlık/hacim oranının ekmek içi fiziksel özelliklerin gelişmesinde en önemli faktör olduğu bildirilmiştir (Scanlon ve Zghal, 2001). Ekmekteki sertlik artışı ekmeğin tüketilebilirliğini sınırlayan en önemli faktörlerden biridir. Ekmeğin bayatlaması nişastanın rekristalizasyonu, suyun uzaklaşması ve gluten ağının zayıflayarak viskoelastik yapısını kaybetmesi ile ilgilidir. Bayatlama üzerine özellikle amilopektinin retrogradasyonu oldukça etkili olmaktadır (Su vd, 2019). Taze ekmekte amilopektinin dallı yapısı granüllerin şişmesine bağlı olarak genişlemiş ve ekmek içine yumuşaklık ve esneklik kazandırmış haldedir. Bayatlama ile açılmış amilopektin dalları birbirlerine yaklaşarak ekmeğe sertlik kazandırır. Amilozun etkisi ise amilopektinden daha düşük olmaktadır çünkü amiloz jelatinizasyon sonrasında çözünür olmayan bir jel ağı içerisinde immobilize olmuş durumdadır. Amiloz jelatinizasyon sırasında çözünür, granülün dışarı sızar ve soğuma sonrası jel oluşturur. Şayet ortamda monogliserit gibi emülsifiye edici ajanlar varsa amiloz ile emülgatör kompleks oluşturmakta, amiloz granül dışına çıkamamakta ve retrogradasyon azalarak bayatlama gecikmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Ekşi hamur ekmeklerinde ise gluten polimerlerinin fermantasyon sırasında çözünürlüğünün arttığı ve degradasyona uğradığı bildirilmiş ve böylece ekmeklerde yumuşaklıkta artma ve elastikiyette azalma meydana geldiği ifade edilmiştir (Katina, 2005). Çalışmamızda ekmeklere ait tekstür analiz sonuçları Çizelge 4.89 ve Çizelge 4.90' da, bu sonuçlara için varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.91 ve Çizelge 4.94' de gösterilmiştir.

Ekşi hamur ekmeklerinde yapılan sertlik testi sonuçlarına göre sertlik değerleri 185 g (1. gün % 5 FZ + % 0 MN) ile 1407 g (5. gün % 0 FZ + % 5 ON) arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.89).

Çizelge 4.89. Sertlik ve esneklik sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Sertlik (g)									Esneklik (%)								
			1. gün			3. gün			5. gün			1. gün			3. gün			5. gün		
			I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.
0	ÇBN	0	248	440	442	558	783	583	858	1244	1080	40.8	35.0	37.0	26.9	18.2	23.0	29.1	19.0	20.6
		3	196	434	360	391	827	593	701	1170	849	40.2	34.9	35.7	22.0	20.5	22.5	21.1	16.9	17.0
		5	251	444	355	832	712	708	1046	1083	1127	42.1	33.7	34.9	29.1	17.5	20.5	24.4	16.3	19.3
	ON	0	248	440	442	558	783	583	858	1244	1080	40.8	35.0	37.0	26.9	18.2	23.0	29.1	19.0	20.6
		3	216	377	378	486	748	611	714	1056	893	43.5	33.4	33.9	26.0	23.3	20.9	25.2	18.8	16.4
		5	236	420	356	599	709	705	987	1010	1407	38.5	34.3	33.6	25.7	18.5	18.8	29.0	18.0	19.5
5	ÇBN	0	185	223	269	629	534	475	1011	856	825	42.2	37.4	34.7	21.0	25.7	20.5	19.6	20.8	18.8
		3	310	272	254	569	554	494	990	936	902	37.3	36.0	37.6	21.5	23.2	22.6	24.6	20.1	22.1
		5	222	284	286	520	545	527	799	788	907	39.0	37.0	33.2	28.7	27.0	22.4	24.8	17.3	17.5
	ON	0	185	223	269	629	534	475	1011	856	825	42.2	37.4	34.7	21.0	25.7	20.5	19.6	20.8	18.8
		3	245	289	285	528	575	487	798	894	877	40.0	38.0	34.6	24.3	23.7	23.4	18.8	19.0	19.3
		5	249	325	330	443	480	579	775	780	763	39.5	37.0	35.8	25.1	21.1	20.7	21.2	16.9	15.1
10	ÇBN	0	223	293	290	624	587	591	831	902	795	39.6	36.0	33.8	22.4	22.1	26.3	18.3	19.4	18.9
		3	262	301	367	457	590	609	882	801	1055	37.5	35.4	34.0	29.2	24.1	21.3	27.1	20.1	17.0
		5	256	294	329	570	624	649	1041	882	910	39.4	35.4	35.4	22.5	22.2	22.2	19.7	18.9	20.0
	ON	0	223	293	290	624	587	591	831	902	795	39.6	36.0	33.8	22.4	22.1	26.3	18.3	19.4	18.9
		3	222	376	293	673	668	597	1190	925	939	38.7	35.6	34.5	22.4	22.5	22.0	21.3	21.1	19.1
		5	341	452	328	509	729	507	872	920	921	32.6	33.3	33.8	28.7	20.9	21.6	23.2	19.9	18.2

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.90. İç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	İç yapışkanlık									Çiğnenebilirlik								
			1. gün			3. gün			5. gün			1. gün			3. gün			5. gün		
			I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.
0	ÇBN	0	0.78	0.72	0.74	0.57	0.49	0.56	0.58	0.49	0.50	198	320	327	320	379	331	501	608	527
		3	0.77	0.71	0.73	0.52	0.51	0.55	0.48	0.45	0.49	154	308	260	207	431	324	341	519	411
		5	0.82	0.69	0.71	0.60	0.49	0.51	0.53	0.45	0.48	185	307	262	503	345	368	556	490	533
	ON	0	0.78	0.72	0.74	0.57	0.49	0.56	0.58	0.49	0.50	198	320	327	320	379	331	501	608	527
		3	0.81	0.71	0.71	0.56	0.54	0.52	0.52	0.47	0.45	201	271	267	274	408	322	372	497	395
		5	0.81	0.71	0.70	0.57	0.49	0.48	0.60	0.47	0.49	312	297	247	347	347	345	588	459	681
5	ÇBN	0	0.83	0.77	0.75	0.53	0.59	0.53	0.47	0.52	0.49	259	173	202	334	320	251	477	439	401
		3	0.79	0.77	0.77	0.52	0.55	0.55	0.54	0.49	0.52	258	209	201	293	307	265	530	458	459
		5	0.83	0.76	0.72	0.60	0.59	0.52	0.56	0.47	0.45	190	224	363	320	319	276	451	361	413
	ON	0	0.83	0.77	0.75	0.53	0.59	0.53	0.47	0.52	0.49	259	173	202	334	320	251	477	439	401
		3	0.79	0.80	0.74	0.57	0.55	0.56	0.47	0.49	0.49	195	232	210	301	322	274	369	427	419
		5	0.78	0.75	0.74	0.55	0.52	0.51	0.51	0.46	0.44	321	244	244	255	249	291	396	354	316
10	ÇBN	0	0.82	0.78	0.74	0.53	0.56	0.61	0.46	0.49	0.48	261	234	218	336	329	360	375	430	377
		3	0.77	0.76	0.73	0.63	0.56	0.53	0.59	0.50	0.46	201	230	269	475	331	313	532	383	472
		5	0.79	0.76	0.75	0.53	0.55	0.54	0.49	0.47	0.48	213	227	245	295	339	350	485	410	420
	ON	0	0.82	0.78	0.74	0.53	0.56	0.61	0.46	0.49	0.48	261	234	218	336	329	360	375	430	377
		3	0.78	0.75	0.75	0.53	0.56	0.56	0.51	0.50	0.48	185	285	227	353	364	325	589	459	444
		5	0.72	0.72	0.74	0.61	0.52	0.56	0.53	0.49	0.46	248	324	233	312	356	278	460	448	402

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Ekmeklerde sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.91’ de gösterilmiştir. Ekmek sertliği üzerine depolama süresi ve FZ oranının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), ancak modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar ele alındığında FZ oranı x modifiye nişasta oranı interaksiyonu önem arz ederken ($P<0.05$) depolama süresi x FZ oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel değerlendirmede önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.91. Sertlik ve esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Sertlik (g)			Esneklik (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	5351643	529.58	0.000*	4206.15	412.31	0.000*
B	2	202718	20.06	0.000*	2.84	0.28	0.758
C	1	14	0.00	0.970	2.83	0.28	0.599
D	2	8017	0.79	0.455	5.32	0.52	0.595
AxB	4	7893	0.78	0.540	12.63	1.24	0.299
AxC	2	919	0.09	0.913	0.13	0.01	0.987
AxD	4	1032	0.10	0.982	2.4	0.24	0.918
BxC	2	5309	0.53	0.593	3.64	0.36	0.701
BxD	4	36029	3.57	0.009*	5.83	0.57	0.684
CxD	2	1055	0.10	0.901	2.21	0.22	0.806
AxBxC	4	2131	0.21	0.932	5.36	0.53	0.718
AxBxD	8	16941	1.68	0.112	6.53	0.64	0.742
AxCxD	4	4489	0.44	0.776	2.64	0.26	0.903
BxCxD	4	2996	0.30	0.880	2.19	0.21	0.930
AxBxCxD	8	3112	0.31	0.962	6.12	0.60	0.776

A: Depolama süresi, B: Fındık zarı oranı, C: Modifiye nişasta çeşidi, D: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

Çizelge 4.92. İç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	İç yapışkanlık			Çiğnenebilirlik		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	1.06619	743.91	0.000*	588379	218.23	0.000*
B	2	0.00257	1.79	0.172	50811	18.85	0.000*
C	1	0.00054	0.37	0.542	1025	0.38	0.539
D	2	0.00246	1.71	0.185	3300	1.22	0.298
AxB	4	0.0029	2.02	0.097	5565	2.06	0.091
AxC	2	0.00001	0.01	0.992	803	0.30	0.743
A*D	4	0.00036	0.25	0.908	2025	0.75	0.559
BxC	2	0.00077	0.54	0.587	1708	0.63	0.533
B*D	4	0.00062	0.43	0.786	15427	5.72	0.000*
C*D	2	0.00025	0.18	0.839	301	0.11	0.894
AxBxC	4	0.00032	0.23	0.923	1793	0.67	0.618
AxBxD	8	0.00111	0.78	0.623	6901	2.56	0.014*
AxCxD	4	0.00056	0.39	0.816	1126	0.42	0.796
BxCxD	4	0.00058	0.41	0.804	554	0.21	0.935
AxBxCxD	8	0.00061	0.43	0.903	1353	0.50	0.853

A: Depolama süresi, B: Fındık zarı oranı, C: Modifiye nişasta çeşidi, D: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.93’ de sertlik değerlerinin depolama süresince değişimi gösterilmiştir. Sertliğin depolamanın 1., 3., ve 5. günlerinde artarak devam ettiği ve günler arasında istatistiksel açıdan fark olduğu gözlenmiştir (P<0.05).

Çizelge 4.93. Depolama zamanı için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Gün	Sertlik (g)	Esneklik (%)	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik
1	304.2± 75.1 c	36.7±2.7 a	0.76±0.04 a	248.0±49.3 c
3	595.0± 97.2 b	23.0±2.8 b	0.55±0.03 b	327.9±51.6 b
5	933.2±144.5 a	20.2±3.2 c	0.49±0.04 c	455.0±76.2 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

FZ oranlarının sertlik üzerine etkileri incelendiğinde sertliğin FZ ilavesiyle önemli ölçüde azaldığı (P<0.05) ve % 5 FZ oranı ile en düşük sertlik değerine ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.94). FZ’ nin sertlik ve bayatlama üzerine olumlu etkileri görülmektedir. Cikirici vd (2016) kek üretiminde % 0, 10, 15 ve 20 oranlarında fındık zarı kullanmışlardır. Depolamanın 6. gününde ölçülen sertlik değerlerine göre % 0

findık zarı kullanıldığında 268.23 g olduğunu, % 10 findık zarı kullanıldığında ise düşerek 222.83 olduğunu tespit etmişlerdir. Findık zarının % 15 ve 20 oranlarında kullanılmasının ise sertlikte artışa neden olduğu belirtilmiştir. Lebesi ve Tzia (2011) besinsel lif kullanımının nem kaybını azaltarak sertliği düşürdüğünü ve raf ömrünü artırdığını ancak bunun için besinsel lif oranının fazla olmaması gerektiğini aktarmıştır. Çalışmamızda findık zarının sertlikte düşüşe neden olmasında nem kaybını azaltmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.94. Findık zarı oranları için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Findık zarı oranı (%)	Sertlik (g)	Esneklik (%)	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik
0	675.2±309.4 a	26.8±8.1	0.59±0.12	376.2±119.5 a
5	553.2±256.7 c	26.8±8.1	0.61±0.13	315.4± 91.4 c
10	604.0±261.9 b	26.4±7.3	0.60±0.12	339.2± 92.5 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

ÇBN ve ON arasında sertlik üzerine önemli bir fark (P>0.05) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.95). Benzer olarak nişasta ilavesinin sertlik üzerine önemli etkisi gözlenmezken (P<0.05) % 5 nişasta ilavesi sertliği bir miktar artırmıştır (Çizelge 4.96). FZ ilavesi olmayan örneklerde nişasta oranını % 3 oranında kullanılması sertlikte önemli düşüşe neden olmuştur (P<0.05). Bununla birlikte nişasta oranının % 5' çıkarılması ile sertlikte tekrar artış meydana gelmiştir (Şekil 4.30). Bir araştırmada buğday ununa % 0 ve 10 oranlarında çapraz bağlı ve okside mısır nişastaları ilave edilmiş ve ekmeklerde 0, 24, 48 ve 72. saatlerde sertlik ölçümleri yapılmıştır. Her iki nişasta çeşidinin de bütün saatler için sertlik miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir (Akram vd, 2017). Genel olarak oksidasyonla oluşan karboksil gruplarının nişasta zincirlerinin birleşmesinin sınırlayarak retrogradasyonu azaltacağı beklenmektedir ancak yeteri kadar karboksil grubu bulunmuyor ise amilopektin zincirleri üzerine etkisi sınırlı olmaktadır. Bu yüzden oksidasyon derecesi ve okside nişastanın kullanım oranı önem arz etmektedir. Diğer taraftan oksidasyonla meydana gelen karboksil gruplarının çoğunun amilopektin ve amilozda dallanma noktalarına yakın yerlerde oluştuğu ve bunun da rekristalizasyonu önlemede çok etkili olmadığı belirtilmiştir (Granza vd, 2018).

Nişastanın şişmesi ve jelatinizasyonu ortamdaki su miktarına bağlı olmaktadır. Jelatinize olan nişasta granülleri oldukça esnek bir yapı kazanmaktadır. (Elgün ve

Ertugay, 1997). Ekşi hamur ekmeklerinde depolama süresince yapılan esneklik sonuçları Çizelge 4.89’ da gösterilmiştir. Esneklik değerleri en yüksek olarak 1. günde % 3 ON örneğinde belirlenirken (% 43.5) en düşük 5. günde % 5 FZ + % 5 ON örneğinde (% 15.1) tespit edilmiştir.

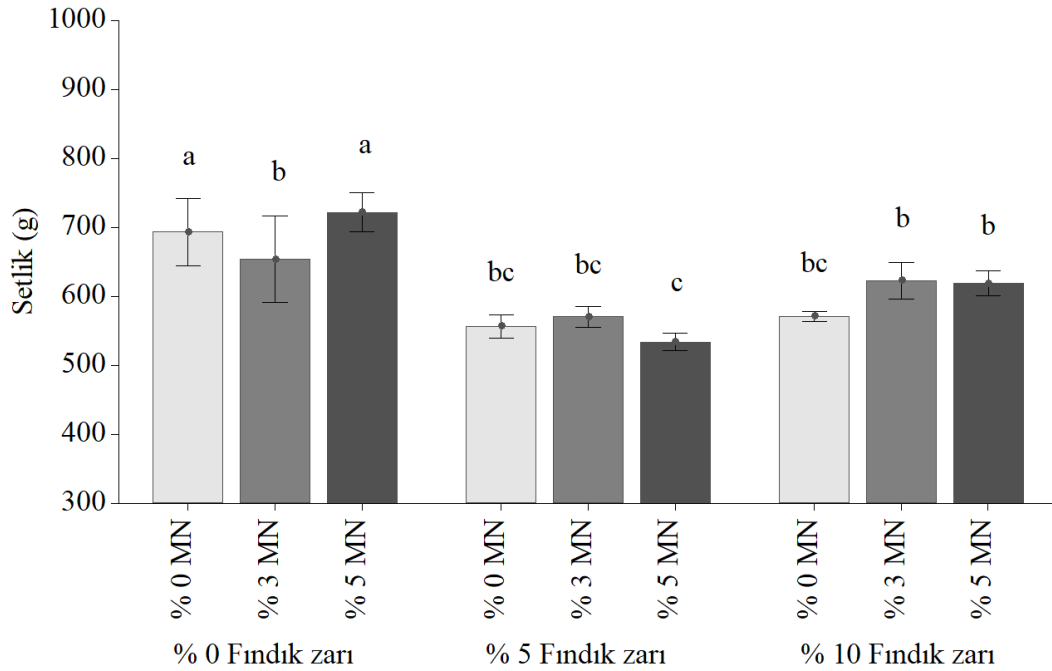
Çizelge 4.95. Modifiye nişasta çeşitleri için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Sertlik (g)	Esneklik (%)	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik
ÇBN	611.1±282.0	26.8±7.8	0.60±0.12	346.1±105.8
ON	610.5±279.4	26.5±7.8	0.60±0.12	341.1±103.5

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.96. Modifiye nişasta oranları için sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Sertlik (g)	Esneklik (%)	İç yapışkanlık	Çiğnenebilirlik
0	606.7±285.9	26.9±8.1	0.61±0.12	344.0±105.1
3	601.2±275.5	26.7±7.7	0.60±0.12	335.6±106.2
5	624.5±282.8	26.3±7.8	0.59±0.12	351.2±103.2



Şekil 4.30. Sertlik üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksiyonu (MN: Modifiye nişasta)

Esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.91’ de gösterilmiştir. Ekmeklerde esneklik üzerine depolama süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0.05$) FZ oranı, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında interaksiyonu önem depolama süresi x FZ oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel değerlendirmede önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Depolamanın 1., 3. ve 5. günlerinde esneklik değerlerinde önemli ölçüde azalma ($P<0.05$) kaydedilmiş olup sırasıyla % 36.7, % 22.0 ve % 20.2 olarak hesaplanmıştır. Bayatlamamanın oluşmasıyla birlikte ekmeklerde esneklik büyük oranda azalma göstermiştir. Esnekliğin özellikle 3. gün sonunda büyük oranda azaldığı, 3. ve 5. günler arasında önemli fark bulunmasına rağmen esnekliğin 1. ve 3. günler arasındaki düşüşünün daha fazla gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.93).

Esneklik üzerine FZ oranı, nişasta çeşidi, nişasta oranı faktörleri önemli ölçüde etki göstermemiştir ($P>0.05$). Bununla birlikte FZ’ nin % 10 oranında ilavesi esneklik değerini az da olsa düşürmüştür (Çizelge 4.94). Esnekliğin büyük oranda hamura viskoelastik yapı kazandıran gluten ağı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Xu vd, 2019). Bir çalışmada pirinç unu ile glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiş, bu ekmeklerin üretiminde farklı oranlarda besinsel lif bakımından zengin moringa yaprağı tozu ilave edilmiş ve yapılan esneklik ölçümlerine göre esnekliğin önemli ölçüde değişmediği rapor edilmiştir (Bourekoua vd, 2017). Rodriguez-Sandoval vd (2017a) buğday unu ile ürettikleri ekmeklerde esneklik değerinin % 5, 7 ve 10 oranlarında çapraz bağlı ve okside kasava nişasta karışımları (1:1) kullanılması ile önemli ölçüde artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Kang vd (2018) ise yaptıkları çalışmada 10 gün boyunca 4 °C’ de depolanan ekmeklerde okside nişasta ilavesinin esnekliği etkilemediğini bildirmişlerdir.

İç yapışkanlık materyalin kendisine olan yapışkanlığı olarak tanımlanmaktadır (Bae vd, 2016). Nişasta granüllerinin şişmesi düşük seviyelerde gerçekleşirse ekmek içi kırılğan yapıda olmakta granüllerin fazlaca şişmesi ise yapışkanlığı artırmaktadır (Belitz vd, 2009). İç yapışkanlığın artması hidrojen bağları, hidrofobik etkileşimler ve iyonik bağların artması ile mümkün olmaktadır. Glutenin yapışkan özellik kazanmasında ise yapısındaki hidroksil grupları ile glutamin amino asidi arasındaki hidrojen bağlarının etkili olduğu bildirilmiştir (Fennema, 1985). Ortam pH'ının düşmesi ise proteinlerin pozitif yüklenmesine neden olduğundan yapışkanlığı azaltmaktadır (Rieder vd, 2012).

İç yapışkanlık sonuçlarına göre 1. gün % 5 FZ + % 0 MN örneğinde en yüksek (0.83), 5. gün % 5 FZ + % 5 ON örneğinde en düşük (0.44) iç yapışkanlık değerlerine ulaşılmıştır (Çizelge 4.90).

Çizelge 4.92' de verilen iç yapışkanlık varyans analiz sonuçlarına göre ekmeklerde iç yapışkanlık üzerine depolama süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P < 0.05$) FZ oranı, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). Depolama süresi x FZ oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P > 0.05$).

İç yapışkanlık sonuçları esneklik sonuçları ile benzerlik göstermekte olup depolama süresi boyunca önemli ölçüde azalma ($P < 0.05$) meydana gelmiştir. Depolamanın 1. gününde 0.76 olarak tespit edilen iç yapışkanlık değeri 3. günde düşüş göstererek 0.55 ve 5. günde 0.49 olarak saptanmıştır (Çizelge 4.93). FZ ilavesi hem % 3 hem de % 5 oranlarında iç yapışkanlık miktarını bir miktar artırırken (Çizelge 4.94) nişasta ilavesi ise iç yapışkanlık miktarını önemsiz düzeyde ($P > 0.05$) azaltmıştır (Çizelge 4.96). ÇBN' ye ait iç yapışkanlık değerleri ile ON örnekleri aynı seviyede tespit edilmiştir (Çizelge 4.95). Belghith vd (2016) yaptıkları çalışmada bezelye ve bakla besinsel liflerini ekmek üretiminde % 0.00, 0.25, 0.50, 0.75 ve 1.00 oranlarında

kullanmışlar, her iki lif çeşidinin de % 0.25 oranında kullanılmasının iç yapışkanlığı azalttığını, diğer kullanım oranlarında ise artış görüldüğünü kaydetmişlerdir. Bir başka çalışmada ise % 0, 5 , 10 ve 20 oranlarında kepek katkılı ekmeklerde iç yapışkanlık değerleri belirlenmiş ve kepek oranının artmasıyla iç yapışkanlığın azaldığı belirtilmiştir (Gómez vd, 2011). Rodriguez-Sandoval vd (2017a) yaptıkları ekmeklerde eşit oranda çapraz bağlı ve okside kasava nişasta karışımını % 0, 5, 7 ve 10 oranlarında kullanmışlar ve iç yapışkanlık değerlerinin modifiye nişasta kullanımıyla değişmediğini bildirmişlerdir.

Ekmeğin fırından ilk alındığı andaki çiğnenebilirliği oldukça düşük olup ekmeğin depolanması ile birlikte rekristalizasyon oluşmakta ve çiğnenebilirlik artmaktadır. Ekmekte çiğnenebilirlik, sertlik ve yapışkanlık ile doğru orantılıdır.

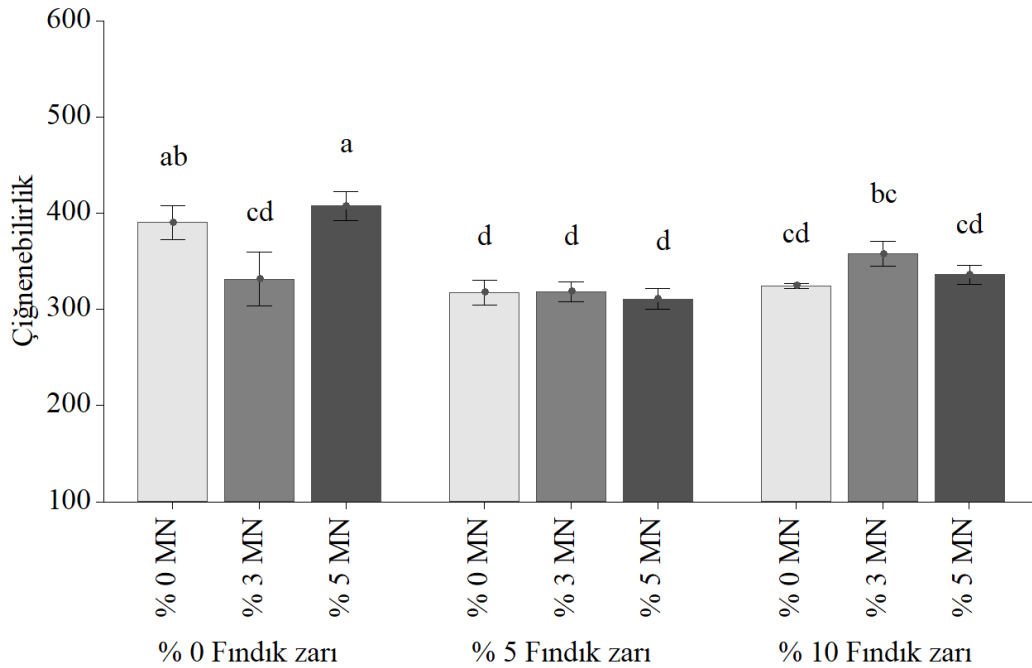
Ekşi hamur ekmeklerinde çiğnenebilirlik sonuçlarına göre 5. günde % 5 ON örneğinde en yüksek çiğnenebilirlik değerine ulaşılırken (681) 1. günde % 3 ÇBN örneğinde en düşük (154) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.90).

Çizelge 4.89' da çiğnenebilirlik sonuçlarına ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Çiğnenebilirlik üzerine depolama süresinin ve findık zarı oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyon sonuçlarına göre FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta oranı interaksiyonları önemliyken ($P<0.05$) depolama süresi x FZ oranı, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x modifiye nişasta oranı, FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı, depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, depolama süresi x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve depolama süresi x FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Depolama süresi boyunca çiğnenebilirliğin önemli ölçüde ($P<0.05$) geliştiği gözlenerek 1. gün, 3. gün ve 5. günlerde sırasıyla 248, 327.9 ve 455 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.93). Crowley vd (2002) buğday unu ile yaptıkları ekmeklerde çiğnenebilirliğin depolamayla artış gösterdiğini ve 4, 26, 50 ve 74. saatlerde sırasıyla 286, 500, 635 ve 672 olarak belirlendiğini bildirmişlerdir.

FZ ilavesi olmayan ekmeklerde çiğnenebilirliğin oldukça yüksek olduğu ve FZ'nin % 5 ilavesi ile çiğnenebilirliğin en düşük değerlere ulaştığı görülmüştür. % 10 FZ ilavesiyle çiğnenebilirlik değerleri tekrar artış göstermiştir (Çizelge 4.94). Bourekoua vd (2017) çalışmalarında ekmek üretiminde besinsel lif kaynağı olarak farklı oranlarda moringa yaprağı tozu kullanmışlar ve artan oranlara bağlı olarak çiğnenebilirliğin kademeli bir şekilde azaldığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda çiğnenebilirliğin oldukça düşük olduğu 1. günde modifiye nişastaların % 5 oranında kullanılması önemli düzeyde ($P<0.05$) etki göstererek çiğnenebilirlikte artışa neden olmuştur (Şekil 4.32). Depolamanın diğer günlerinde ise nişasta ilavesinin etkisi önemsizdir ($P>0.05$). Çizelge 4.96' da gösterildiği üzere % 3 nişasta ilavesi ile azalarak 335.6 belirlenen çiğnenebilirlik değeri % 5 ile artış göstererek 351.2 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.31 incelendiğinde FZ içermeyen örneklerde % 3 modifiye nişasta kullanılmasının çiğnenebilirliği önemli ölçüde azalttığı ($P<0.05$), % 5 ve % 10 FZ içeren örneklerde ise nişasta kullanımının önemli bir etkisi ($P>0.05$) olmadığı görülmüştür.

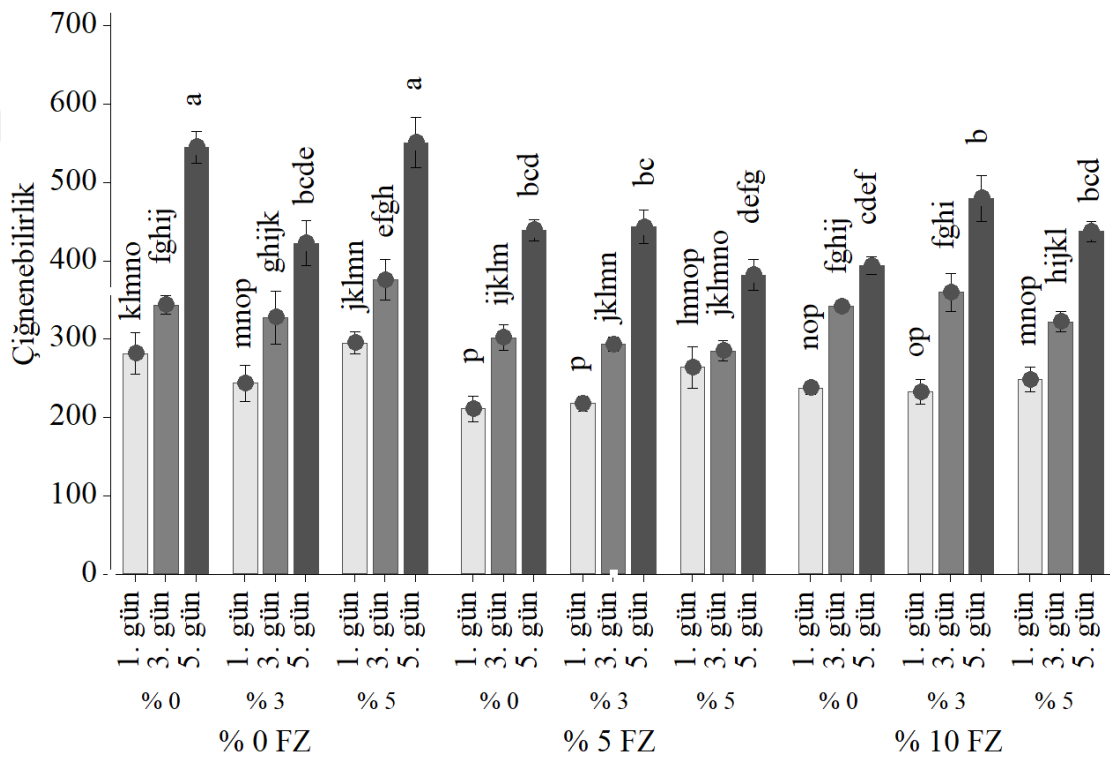


Şekil 4.31. Çiğnenebilirlik üzerine fındık zarı oranı (B) x modifiye nişasta çeşidi (C) etkisi (MN: Modifiye nişasta)

FZ içermeyen örneklerde depolama süresince çiğnenebilirlik değerleri nişasta oranları için % 5 > % 0 > % 3 olarak sıralanırken FZ kullanılması ile nişasta ve FZ

arasında etkileşim görülmüş ve FZ' nin çığnenebilirlik üzerine olan olumsuz etkisini nişasta ilavesi bir miktar azaltmıştır (Şekil 4.32).

Bir çalışmada buhar ile pişirilen çöreklerde % 0, 15 ve 30 oralarında çapraz bağlı nişasta kullanılmış ve çığnenebilirlik değerleri sırasıyla 1574.8, 923.1 ve 980.7 olarak bildirilmiştir (Shukri vd, 2017). Sui vd (2016) ise kek üretiminde 15 saniyeden 30 dk' ye kadar olan farklı sürelerde ozon gazı ile okside edilmiş nişasta kullanmış ve keklerdeki çığnenebilirlik değerlerinin süre uygulamasıyla düzenli olarak değişmediğini belirlemişlerdir.



Şekil 4.32. Çığnenebilirlik üzerine depolama süresi (A) x fındık zarı oranı (B) x modifiye nişasta oranı (D) etkileşimi (FZ: Fındık zarı)

4.3.9. Ekstrakte edilebilir ve Hidrolize edilebilir fenolik madde miktarı

Ekşi hamur ekmeklerinde belirlenen ekstrakte edilebilir fenolik miktarları Çizelge 4.97' de gösterilmiştir. En yüksek ekstrakte edilebilir fenolik miktarlarına % 10 FZ + % 0 MN örneğinde ulaşılırken (6.49 mg GAE/g örnek) en düşük olarak % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (0.02 mg GAE/g örnek) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.97. Ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Ekstrakte edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)			Hidrolize edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	0.94	0.02	0.08	5.13	5.03	4.30
		3	0.74	0.10	1.24	4.93	4.93	4.57
		5	0.51	0.16	1.07	4.69	5.41	4.56
	ON	0	0.94	0.02	0.08	5.13	5.03	4.30
		3	0.36	0.27	1.21	4.79	5.14	5.71
		5	0.40	0.34	0.61	4.75	5.39	7.80
5	ÇBN	0	0.75	2.80	0.85	8.99	8.43	10.51
		3	2.76	3.96	0.20	8.19	7.08	7.54
		5	2.87	0.65	4.19	8.11	7.09	6.99
	ON	0	0.75	2.80	0.85	8.99	8.43	10.51
		3	2.81	2.86	1.50	8.28	7.99	7.89
		5	1.85	2.44	1.54	8.60	10.32	6.58
10	ÇBN	0	4.67	5.85	6.49	13.07	11.47	7.69
		3	3.09	2.15	5.02	11.76	10.63	10.60
		5	4.63	1.34	3.42	11.56	10.07	11.96
	ON	0	4.67	5.85	6.49	13.07	11.47	7.69
		3	5.81	5.99	5.36	12.20	11.03	12.74
		5	5.67	5.85	4.31	12.06	4.87	10.46

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta
T: Tekerrür

Ekstrakte edilebilir fenolik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.98’ de verilmiştir. FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemliyken ($P < 0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$), FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları ise istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P > 0.05$).

FZ içermeyen ekmeklerde ekstrakte edilebilir fenolik miktarı 0.51 mg GAE/g örnek bulunurken % 5 ve % 10 FZ örneklerinde sırasıyla 2.02 ve 4.82 mg GAE/g örnek olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.99). FZ’ nin bütün oranları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$). Ekmek üretiminde fenolik bileşiklerce

zengin olan bitkisel kaynaklı ürünlerin kullanılması birçok çalışmada araştırılmış olup son üründe ekstrakte edilebilir fenolik miktarının arttığı bildirilmektedir. Fındık zarının % 0, 4, 6, 8 ve 10 oranlarında ilavesi ile üretilen ekmeklerde toplam fenolik içerikleri sırasıyla 2.06, 6.69, 10.58, 14.99 ve 19.43 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Velioğlu vd, 2017). Ragaee vd (2011) % 30 oranlarında buğday, çavdar ve arpa kepeklerini ekmek üretiminde kullanmış ve ekstrakte edilebilir fenolik miktarının arttığını bildirmişlerdir. Whitney ve Simsek (2017) ise buğday unu ile yapılan ekmeklerde ekstrakte edilebilir fenolik miktarını 1.45 mg/g, tam buğday unu ekmeklerinde ise 2.23 mg/g olarak saptamışlardır.

Çizelge 4.98. Ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Ekstrakte edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)			Hidrolize edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	86.023	80.84	0.000*	147.764	63.75	0.000*
B	1	2.287	2.15	0.151	0.651	0.28	0.599
C	2	0.206	0.19	0.825	0.897	0.39	0.682
AxB	2	3.892	3.66	0.036*	1.122	0.48	0.620
AxC	4	2.426	2.28	0.080	3.217	1.39	0.258
BxC	2	0.675	0.63	0.536	0.529	0.23	0.797
AxBxC	4	1.021	0.96	0.442	2.020	0.87	0.490

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$)

Nişasta çeşitleri ele alındığında aralarında önemli fark ($P > 0.05$) bulunmamakla birlikte ON içeren örneklerde fenolik miktarı bir miktar fazla görülmüştür (Çizelge 4.100). Nişasta ilavesinin ekstrakte edilebilir fenolik üzerine önemli etkisi gözlenmezken artan oranlarla birlikte bir miktar azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.33).

Hidroliz edilebilir fenoliklerin ekstrakte edilebilir fenoliklere göre daha fazla antioksidan etkiye sahip oldukları ifade edilmiştir. Bu etkinin görülmesi sindirim sisteminden daha rahat geçebilmeleri ve böylelikle daha fazla emilim yapılması olarak açıklanmıştır (Adom ve Liu, 2002).

Çizelge 4.99. Fındık zarı oranları için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Ekstrakte edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)	Hidrolize edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)
0	0.51±0.42 c	5.09±0.77 c
5	2.02±1.19 b	8.36±1.17 b
10	4.82±1.47 a	10.80±2.12 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.100. Modifiye nişasta çeşitleri için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

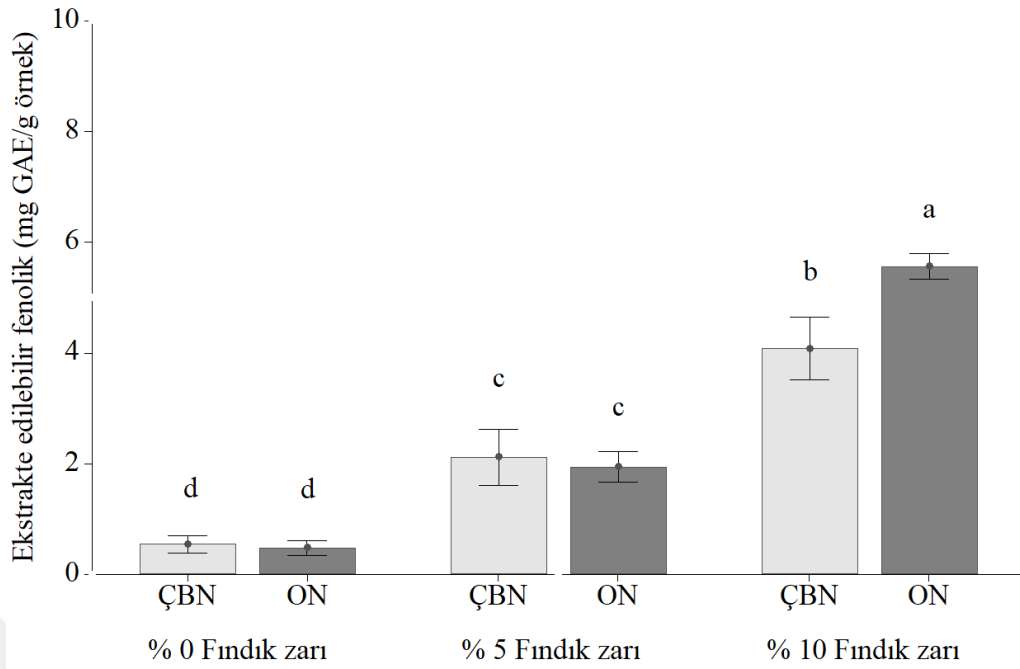
Modifiye nişasta çeşidi	Ekstrakte edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)	Hidrolize edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)
ÇBN	2.24±1.96	7.97±2.77
ON	2.65±2.27	8.19±2.81

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.101. Modifiye nişasta oranları için ekstrakte edilebilir fenolik ve hidrolize edilebilir fenolik madde değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Ekstrakte edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)	Hidrolize edilebilir fenolik madde (mg GAE/g örnek)
0	2.50±2.48	8.29±2.98
3	2.52±2.01	8.11±2.79
5	2.33±1.92	7.85±2.67

Hidroliz edilebilir fenolik miktarı sonuçlarına Çizelge 4.97’ de yer verilmiştir. Ekmeklerde karşılaşılan en yüksek hidroliz edilebilir fenolik miktarı 13.07 mg GAE/g örnek ile % 10 FZ + % 0 MN örneği, en düşük miktar ise 4.3 mg GAE/g örnek ile % 0 FZ + % 0 MN olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.33. Ekstrakte edilebilir fenolik madde üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) etkisi (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Ekşi hamur ekmeklerinde hidroliz edilebilir fenolik miktarlar için varyans analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.98) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P < 0.05$), ancak modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı etkileşimleri istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P > 0.05$).

% 0 FZ içeren örneklerde ortalama 5.09 mg GAE/g örnek olan hidroliz edilebilir fenolik içeriği % 10 FZ eklendiğinde yaklaşık iki katına çıkarak 10.80 mg GAE/g örnek olarak kaydedilmiştir. % 5 FZ kullanımı ile fenolik içeriği 8.36 mg GAE/g örnek olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.99). Yapılan bir çalışmada buğday ununa % 0, 6, 12 ve 24 oranlarında yeşil mercimek unu eklenmesi ile ekmeklerde hidroliz edilebilir fenolik miktarlarının arttığı ve sırasıyla 411.8, 615.6, 863.6 ve 920.9 bulunduğu bildirilmiştir (Turfani vd, 2017). Çizelge 4.100 ve Çizelge 4.101’ de gösterildiği üzere nişasta çeşidi ve kullanım oranlarının hidroliz edilebilir fenolik miktarlarını önemli ölçüde değiştirmediği ($P > 0.05$) ancak genel olarak nişasta ilavesi ile fenolik içeriğinde bir miktar azalma yaşandığı görülmüştür (Çizelge 4.101). Polifenollerdeki hidroksil grupları ile polisakkaritlerin glikozidik bağlarında bulunan oksijen atomları arasında

hidrojen bağları oluşabilmektedir. Fenolik asitlerle karbonhidratlar arasında ise kovalent bağlar meydana gelebilmektedir (Jakobek, 2015). Barros vd (2012) nişastanın porlu yapısından dolayı polifenollerin absorbe edebileceği ve böylece fenolik bileşik miktarının olduğundan daha az belirlenmesine neden olabileceğini bildirmişlerdir. İlaveten polifenoller ile nişasta arasında oluşabilecek hidrojen bağlarının polifenollerin ekstrakte edilememesine neden olabileceğini ifade etmişlerdir. Buna göre çalışmamızda modifiye nişasta kullanımıyla bir miktar azalan ekstrakte edilebilir ve hidrolize edilebilir fenolik içerikleri nişastaların seyreltme etkisi ve nişasta ile fenolik bileşikler arasında oluşan etkileşimlerden kaynaklanmış olabilir.

4.3.10. Antioksidan kapasite

4.3.10.1. ABTS^{•+}

Toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan kapasitenin doğru orantılı olduğu ve gıdalarda fenolik içeriğinin yüksek olmasının antioksidan kapasiteyi artırdığı bilinmektedir (Hosta, 2012).

Ekşi hamur ekmekleri antioksidan kapasiteleri ABTS^{•+} ve FRAP olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.102’ de ABTS^{•+} sonuçları gösterilmiştir. Buna göre en yüksek antioksidan kapasitesi değeri 3.68 mg TEAK/g örnek ile % 10 FZ % 5 ÇBN örneğinde bulunurken en düşük 0.4 mg TEAK/g örnek ile % 0 FZ + % 0 MN ve % 0 FZ + % 3 ON örneklerinde görülmüştür.

ABTS^{•+} ile antioksidan kapasite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.103’ de verilmiştir. Antioksidan kapasite üzerine FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.102. ABTS⁺⁺, FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	ABTS ⁺⁺ (mg TEAK/g örnek)			FRAP (mg TEAK/g örnek)			Metal şelatlama aktivitesi (mg EDTA/g örnek)		
			I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.	I. T.	II. T.	III. T.
0	ÇBN	0	0.40	0.78	0.94	0.41	0.51	0.54	0.82	0.63	0.37
		3	0.48	0.73	0.92	0.43	0.54	0.43	1.06	0.69	0.17
		5	0.53	0.67	0.82	0.52	0.48	0.87	1.04	0.58	0.48
	ON	0	0.40	0.78	0.94	0.41	0.51	0.54	0.82	0.63	0.37
		3	0.40	0.77	0.83	0.36	0.52	0.58	0.17	0.66	0.84
		5	0.55	0.74	0.87	0.53	0.53	0.68	0.53	0.52	0.92
5	ÇBN	0	2.14	2.25	2.35	2.06	1.94	2.25	0.48	1.03	0.88
		3	1.91	2.29	2.17	1.88	2.05	2.07	0.97	0.93	0.37
		5	1.96	2.06	2.28	2.21	1.81	2.11	0.63	0.64	0.64
	ON	0	2.14	2.25	2.35	2.06	1.94	2.25	0.48	1.03	0.88
		3	2.05	2.19	2.19	1.90	1.88	2.15	0.32	0.17	0.46
		5	2.14	2.06	2.35	1.81	1.90	2.11	1.04	0.39	0.46
10	ÇBN	0	3.56	3.67	3.52	3.48	3.41	3.99	0.99	1.29	1.09
		3	3.37	2.99	3.44	3.27	2.76	3.68	0.57	1.64	1.13
		5	3.68	3.20	3.30	3.41	3.51	3.62	0.65	1.04	0.86
	ON	0	3.56	3.67	3.52	3.48	3.41	3.99	0.99	1.29	1.09
		3	3.43	3.37	3.62	3.38	3.51	3.67	0.74	0.51	0.98
		5	3.53	3.48	3.60	3.44	3.35	3.50	1.08	0.79	1.09

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.103. ABTS⁺⁺, FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	ABTS ⁺⁺ (mg TEAK/g örnek)			FRAP (mg TEAK/g örnek)			Metal şelatlama aktivitesi (mg EDTAE/g örnek)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	34.700	1090.8	0.000*	39.636	1058.69	0.000*	0.732	9.10	0.001*
B	1	0.035	1.09	0.303	0.001	0.01	0.911	0.109	1.36	0.251
C	2	0.061	1.92	0.162	0.064	1.71	0.195	0.109	1.36	0.271
AxB	2	0.017	0.52	0.598	0.014	0.38	0.688	0.013	0.16	0.850
AxC	4	0.016	0.51	0.731	0.038	1.03	0.407	0.043	0.53	0.714
BxC	2	0.009	0.29	0.747	0.032	0.86	0.433	0.145	1.80	0.180
AxBxC	4	0.007	0.2	0.935	0.015	0.39	0.813	0.026	0.33	0.858

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

FZ kullanımına bağlı olarak antioksidan kapasite değerleri % 0, % 5 ve % 10 oranlarında sırasıyla 0.70, 2.18 ve 3.47 mg TEAK/g örnek olarak saptanmıştır (Çizelge 4.104). FZ kullanım oranları arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmaktadır (P<0.05). Yapılan bir çalışmada ekmek besinsel değerlerini artırmak amacıyla buğday ununa % 0 ve 20 oranlarında tatlı bakla unu ilavesi yapılmış antioksidan kapasitede önemli artış olduğunu belirlemişlerdir (Villarino vd, 2015). Benzer olarak ekmek üretiminde % 0, 10, 20 ve 30 oranlarında teff unu buğday unu yerine kullanılmış ve antioksidan kapasitesinin konsantrasyona bağlı olarak yükseldiğini beyan edilmiştir (Alaunyte vd, 2012).

Çizelge 4.104. Fındık zarı oranları için ABTS⁺⁺, FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	ABTS ⁺⁺ (mg TEAK/g örnek)	FRAP (mg TEAK/g örnek)	Metal şelatlama aktivitesi (mg EDTAE/g örnek)
0	0.70±0.19 c	0.52±0.11 c	0.63±0.26 b
5	2.17±0.13 b	2.02±0.14 b	0.65±0.28 b
10	3.47±0.18 a	3.49±0.27 a	0.99±0.28 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.105' de gösterildiği üzere ÇBN ve ON arasında önemli bir farklılık saptanmazken (P>0.05) nişasta ilavesinin antioksidan kapasite üzerine etkili olmadığı anlaşılmıştır (Çizelge 4.106).

Çizelge 4.105. Modifiye nişasta çeşitleri için ABTS⁺⁺, FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	ABTS ⁺⁺ (mg TEAK/g örnek)	FRAP (mg TEAK/g örnek)	Metal şelatlama aktivitesi (mg EDTA/g örnek)
ÇBN	2.09±1.15	2.01±1.24	0.80±0.32
ON	2.14±1.19	2.01±1.26	0.71±0.31

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.106. Modifiye nişasta oranları için ABTS⁺⁺, FRAP ve Metal şelatlama aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	ABTS ⁺⁺ (mg TEAK/g örnek)	FRAP (mg TEAK/g örnek)	Metal şelatlama aktivitesi (mg EDTA/g örnek)
0	2.18±1.22	2.07±1.33	0.84±0.29
3	2.06±1.14	1.95±1.24	0.69±0.39
5	2.10±1.17	2.02±1.21	0.74±0.24

4.3.10.2. FRAP

FRAP yöntemi ile elde edilen antioksidan kapasitesi sonuçlarına Çizelge 4.102’ de yer verilmiştir. Buna göre en yüksek antioksidan kapasitesi % 10 FZ örneğinde görülürken (3.99 mg TEAK/g örnek) en düşük ise % 3 ON örneğinde belirlenmiştir (0.36 mg TEAK/g örnek).

FRAP yöntemi ile antioksidan kapasite varyans analiz sonuçları Çizelge 4.103’ de gösterilmiştir. Antioksidan kapasite üzerine FZ oranlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), ancak modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

ABTS⁺⁺ yöntemine benzer olarak FRAP yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite değerleri FZ kullanım oranlarına paralel olarak artış göstermiş ve oranlar arasında önemli farklılıklar ($P<0.05$) gözlenmiştir (Çizelge 4.104). Irakli vd (2015) pirinç kepeğinde antioksidan kapasitenin buğday ununa göre yaklaşık 20 kat daha fazla olduğunu belirtmişler ve pirinç kepeğini buğday unu yerine % 0, 10, 15, 20 ve 30 oranlarında kullanarak ekmek üretimi gerçekleştirmişlerdir. % 10 pirinç kepeği içeren

ekmeklerde antioksidan kapasitenin % 0 kepek içeren ekmeğe göre 2 kat arttığını, % 30 içeren ekmeklerde ise 5 kat artış olduğunu ve bu sonuçların ekmeklerdeki toplam fenolik miktarları ile yüksek korelasyon gösterdiğini ifade etmişlerdir. Nişasta çeşitleri arasında ise önemli farklılıklar ($P>0.05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.105). Nişasta ilavesinin çok azda olsa antioksidan kapasite üzerine olumsuz etkisi gözlenmiştir (Çizelge 4.106).

4.3.10.3. Metal Şelatlama Aktivitesi

Genel olarak metal şelatlama etkisine sahip bileşikler ağır metalleri bağlayarak vücudu zararlı etkilerden korumaktadırlar. Sitrik asit, fosforik asit, EDTA ve askorbik asit metal şelatlama özelliğine sahip bileşiklere örnek olarak verilebilir (Fennema, 1985). Fenolik bileşiklerin metal şelatlama özellikleri çeşit ve ortam pH' sına göre değişmektedir (Hider vd, 2001). Her bir fenolik bileşiğin yapısı, hidroksil gruplarının yeri ve sayısı metal şelatlama aktivitesi üzerine etki etmektedir (Budhiyanti vd, 2011).

Çizelge 4.102' de metal şelatlama aktivitesi sonuçlarına yer verilmiştir. Metal şelatlama aktivitesi en yüksek olarak 1.64 mg EDTAE/g örnek ile % 10 FZ + % 3 ÇBN örneğinde bulunurken en düşük % 3 ÇBN, % 3 ON ve % 5 FZ + % 3 ON örneklerinde belirlenmiştir.

Metal şelatlama aktivitesine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.103' de gösterilmiştir. Buna göre FZ oranlarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri ise önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

FZ kullanımına bağlı olarak metal şelatlama aktivitesi artış göstermiştir (Çizelge 4.104). % 0 ve % 5 FZ oranları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmezken ($P>0.05$) bu oranlar ile % 10 FZ arasında önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Fındık zarında bulunan fenoliklerin antioksidan aktivitelerini zararlı metallere karşı kullanılabileceği belirtilmiştir. Nitekim kuvvetli bir metal bağlayıcı olan EDTA' nın 0.0024 mg miktarı ile 0.1 mg kuru fındık zarı tozunun aynı derecede metal bağladığı bildirilmiştir (Contini vd, 2009). Başka bir çalışmada buğday

ununda metal şelatlama aktivitesi % 25, yeşil bezelye ununda ise % 53 olarak bildirilirken buğday unu ile yapılan ekmekte yaklaşık % 5 ve yeşil bezelye ununun % 10 oranında un yerine kullanılması ile yapılan ekmeklerde yaklaşık % 9 olarak tespit edilmiştir (Davies-Hoes vd, 2017). Golom (2012) metal şelatlama aktivitesi ile antioksidan kapasite arasında yüksek korelasyon ($R^2 = 0.83$) olduğunu göstermiştir.

Fenolik bileşiklerin yanında ekşi hamur sisteminin de metal şelatlama üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada tam buğday ununa % 30 ekşi hamur ilave edilerek tam buğday ekşi hamur ekmeği üretilmiştir. Tahıl ürünlerinde en önemli demir bağlama özelliğine sahip olan ve vücutta demir eksikliğine neden olan fitatın (IP6 - myo inositol heksakisfosfat) ekşi hamur ilavesi ile tamamen degradasyona uğradığını ve demirin biyoyararlılığının yaklaşık 8 kat arttığı bildirilmiştir (Rodriguez-Ramiro vd, 2017). Bazı organik asitlerin metal şelatlama özelliği bulunması ve düşük pH' larda metal şelatlamanın daha etkin olmasından dolayı çalışmamızda kullanılan ekşi hamurun metal şelatlama üzerine etkisi söz konusu olabilir.

% 3 ve % 5 nişasta ilavesi ile metal şelatlama aktivitesinde bir miktar düşüş meydana gelmiştir (Çizelge 4.106). ON' nin hem FZ içeren hem de içermeyen ekşi hamur ekmeklerinde % 3 oranında kullanımıyla belirgin bir azalma gözlenmiştir. Chen ve Wang (2006) yaptıkları çalışmalarında çapraz bağlı karboksimetil nişasta ve okside karboksimetil nişastaların kalsiyum bağlama özelliklerini araştırmışlardır. Okside nişastanın kalsiyum bağlamada daha etkin olduğunu, her iki nişasta çeşidi için de ortam sıcaklığının kalsiyum bağlamayı olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Bir çalışmada sodyum bromat ile farklı derecelerde okside edilen buğday nişastasının demir iyonlarını bağlama özellikleri araştırılmış ve yüksek derecede okside edilerek fazla karboksil grubuna sahip olan okside nişastanın daha fazla demir bağladığı belirtilmiştir (Komulainen vd, 2014). Kweon vd (2001) ise sodyum hipoklorit ile okside edilmiş mısır nişastasında oksidasyon derecesi arttıkça Cu^{2+} ve Zn^{2+} metallerinin bağlanma miktarının arttığını, Pb^{+2} için ise azaldığını tespit etmişlerdir.

4.3.11. Çözünür ve Çözünmeyen lif

Ekşi hamur ekmeklerinde toplam lif miktarları belirlenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.107' de gösterilmiştir. FZ ve modifiye içermeyen örnekte en düşük toplam lif oranı

tespit edilirken (% 6.31) en yüksek % 10 FZ + % 5 ON örneğinde (% 12.69) belirlenmiştir.

Çizelge 4.107. Toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Toplam lif (%)*		Çözünür lif (%)*		Çözünmeyen lif (%)*	
			I. T.	II. T.	I. T.	II. T.	I. T.	II. T.
0	ÇBN	0	6.31	6.42	3.59	3.48	2.72	2.94
		3	6.32	6.87	3.49	3.71	2.83	3.16
		5	6.53	7.18	3.59	3.81	2.94	3.37
	ON	0	6.31	6.42	3.59	3.48	2.72	2.94
		3	6.85	6.63	3.59	3.59	3.26	3.05
		5	7.37	7.26	3.90	3.90	3.47	3.36
5	ÇBN	0	10.08	9.54	4.23	3.79	5.85	5.74
		3	10.20	9.55	4.12	3.80	6.08	5.75
		5	10.41	9.87	4.12	3.91	6.29	5.97
	ON	0	10.08	9.54	4.23	3.79	5.85	5.74
		3	9.65	9.33	4.12	3.80	5.53	5.53
		5	9.76	9.54	3.90	4.12	5.86	5.42
10	ÇBN	0	12.15	12.04	4.12	4.34	8.03	7.70
		3	11.72	12.27	3.91	4.13	7.82	8.14
		5	12.47	12.36	4.01	4.23	8.46	8.13
	ON	0	12.15	12.04	4.12	4.34	8.03	7.70
		3	12.37	12.26	4.23	4.02	8.14	8.25
		5	12.69	12.58	4.34	4.12	8.35	8.46

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Toplam lif değerlerine ait varyans sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.108) toplam lif üzerine FZ oranı ve modifiye nişasta oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P < 0.05$) modifiye nişasta çeşidi önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$).

Çizelge 4.108. Toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Toplam lif (%)			Çözünür lif (%)			Çözünmeyen lif (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	92.950	1278.47	0.000*	0.834	27.73	0.000*	76.348	2080.92	0.000*
B	1	0.009	0.12	0.732	0.019	0.62	0.440	0.002	0.05	0.824
C	2	0.580	7.98	0.003*	0.046	1.51	0.247	0.359	9.80	0.001*
AxB	2	0.235	3.23	0.063	0.005	0.16	0.851	0.172	4.69	0.023*
AxC	4	0.106	1.46	0.255	0.032	1.05	0.409	0.057	1.54	0.232
BxC	2	0.003	0.04	0.958	0.009	0.28	0.757	0.002	0.04	0.961
AxBxC	4	0.074	1.01	0.428	0.005	0.16	0.954	0.047	1.27	0.317

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

FZ ilavesi ile toplam besinsel lif miktarında önemli artış gerçekleşmiş (P<0.05) ve % 0 FZ örneğinde % 6.71, % 5 FZ' de % 9.80 ve % 10 FZ' de % 12.26 oranlarında bulunmuştur (Çizelge 4.109). Özyurt (2013) fındık zarında toplam lif miktarını % 68.14 olarak saptamıştır. Bir çalışmada ekmek üretiminde % 0, 10, 20 ve 30 oranlarında aç ve bambara fındık unları karışımı kullanılmış (1:1) ve toplam besinsel lif miktarı önemli derecede artarak sırasıyla % 3.91, 4.26, 4.38 ve 4.54 olarak tayin edilmiştir (Chinma vd, 2016). Irakli vd (2015) ise buğday ununda toplam besinsel lif miktarını % 1.35 ve pirinç kepeğinde % 22.43 olarak bildirmiştir. Aynı araştırmacılar pirinç kepeğini % 0 ve % 30 arasında değişen oranlarda ekmek üretiminde kullanmışlar ve kepek ilavesi ile toplam lif miktarında kademeli olarak önemli derecede artış belirlemişlerdir. Ragaee vd (2011) ise buğday, arpa, yulaf ve çavdar kepeklerini % 30 oranlarında buğday unu yerine kullanarak ekmek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Buğday unu, buğday kepeği, arpa kepeği, yulaf kepeği ve çavdar kepeği ekmekleri için toplam lif miktarlarını sırasıyla % 3.6, 6.4, 9.1, 7.5 ve 8.2 olarak saptamışlardır.

Çizelge 4.107' de gösterilen çözünür lif sonuçları incelendiğinde en yüksek çözünür lif oranı % 10 FZ + % 0 MN ve % 10 FZ + % 5 ON örneklerinde bulunurken (% 4.34) en düşük % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (% 3.48) görülmüştür.

Çizelge 4.109. Fındık zarı oranları için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Toplam lif (%)*	Çözünür lif (%)*	Çözünmeyen lif (%)*
0	6.71±0.39 c	3.64±0.15 c	3.06±0.26 c
5	9.80±0.33 b	3.99±0.18 b	5.80±0.24 b
10	12.26±0.26 a	4.16±0.14 a	8.10±0.26 a

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Toplam lif miktarı için ÇBN ve ON arasında önemli bir fark (P>0.05) bulunmazken her iki nişastanın da ilavesi önemli derecede artışa (P<0.05) neden olmuştur (Çizelge 4.111). Çapraz bağlı nişastanın Tip 4 dirençli nişasta sınıfında olmasının toplam lif miktarının artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim bir çalışmada çapraz bağlı nişastanın undan eksiltmek suretiyle % 0, 10, 30 ve 50 oranlarında kullanılmasıyla üretilen ekmeklerde toplam lif içerikleri sırasıyla % 3.9, 4.2, 4.7 ve 5.2 olarak hesaplanmıştır (Lee Yeo ve Seib, 2009). FZ ve modifiye nişastaların beraber kullanımlarının etkisi irdelendiğinde FZ içermeyen ekmeklerde ON' nin % 5 kullanımı toplam lif miktarını önemli olarak artırırken FZ içeren örneklerdeki etkisizi önemsizdir. Yapılan bir çalışmada mısır ununda dirençli nişasta miktarı % 11.7, çapraz bağlı mısır nişastasında % 13.9 ve okside mısır nişastasında ise % 35.1 olarak tayin edilmiştir (Chung vd, 2008). Çalışmamızda modifiye nişasta ilavelerinin toplam lif miktarında artışa neden olması dirençli nişasta oranlarının fazla olmasından kaynaklanış olabilir.

Çizelge 4.110. Modifiye nişasta çeşitleri için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Toplam lif (%)*	Çözünür lif (%)*	Çözünmeyen lif (%)*
ÇBN	9.57±2.37	3.91±0.27	5.66±2.15
ON	9.60±2.35	3.95±0.27	5.65±2.12

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çözünür lif değerleri için varyans analiz sonuçları Çizelge 4.108' de verilmiştir. FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P<0.05), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir (P>0.05). İnteraksiyonlara göre ise FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye

nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.111. Modifiye nişasta oranları için toplam lif, çözünür lif ve çözünmeyen lif değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Toplam lif (%) [*]	Çözünür lif (%) [*]	Çözünmeyen lif (%) [*]
0	9.42±2.47 b	3.93±0.34 b	5.50±2.16
3	9.50±2.36 b	3.90±0.20 b	5.63±2.15
5	9.84±2.34 a	4.00±0.20 a	5.84±2.17

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P<0.05$)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

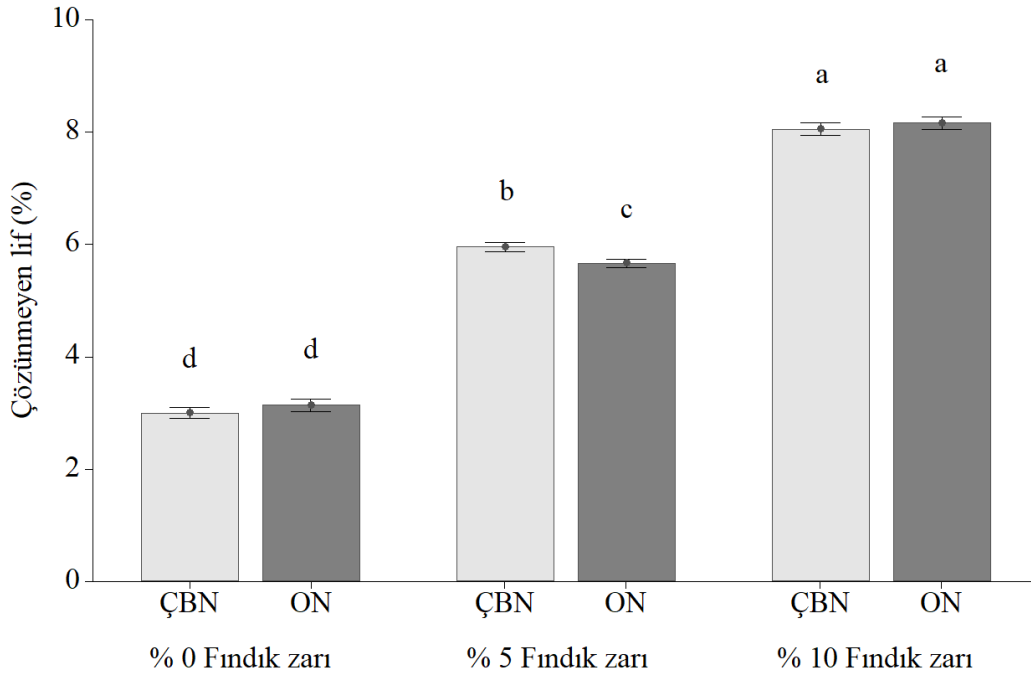
% 0, % 5 ve % 10 FZ oranlarında çözünür lif miktarları ortalama sırasıyla % 3.64, % 3.99 ve % 4.16 olarak belirlenmiştir ve FZ oranları arasında istatistiksel açıdan önemli fark bulunmuştur (Çizelge 4.109). FZ’ de çözünür lif bulunması sebebi ile ekmeklerde çözünür lif oranında artış meydana gelmiştir. Özyurt (2013) fındık zarında çözünür lif miktarının % 22.52 olduğunu beyan etmiştir. Çalışmamızda % 5 nişasta ilavesinin çözünür lif miktarı üzerine etkisi önemli görülürken ($P<0.05$) nişasta çeşitleri arasında önemli bir fark ($P>0.05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.110 ve Çizelge 4.111). FZ bulunmayan ekmeklerde % 5 ON kullanılması önemli derecede artışa neden olmuştur. Okside nişastanın suda yüksek çözünürlüğe sahip olması (Kuakpetoon ve Wang, 2006; Vanier vd, 2012) bu durumun oluşmasında etkili olmuş olabilir.

Ekşi hamur ekmeklerine ait çözünmeyen lif miktarları Çizelge 4.107’ de gösterilmiştir. En yüksek çözünmeyen lif değerlerine % 8.46 ile % 10 FZ + % 5 ON örneği ile ulaşılırken en düşük % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (% 2.72) belirlenmiştir.

Çözünmeyen lif değerlerine ait varyans sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.108) çözünür lif üzerine FZ ve modifiye nişasta oranı istatistiksel olarak önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta çeşidi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi interaksyonu önemli düzeyde etkili görülürken ($P<0.05$) FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Toplam lif ve çözünür lif sonuçlarına paralel olarak FZ oranlarının artmasıyla çözünmeyen lif içeriği önemli ölçüde ($P<0.05$) artış göstermiştir (Çizelge 4.109). Özyurt (2013) fındık zarındaki çözünmeyen lif miktarının % 45.62 olduğunu tespit etmiştir. Yapılan bir çalışmada buğday unu ekmeğinde çözünmeyen lif içeriği % 3.6 bulunurken buğday ununa % 6 kepek ilave edilmesi ile üretilen ekmeklerde çözünmeyen lif içeriği % 5.9 olarak tayin edilmiştir (Ronda vd, 2012). Başka bir çalışmada ise buğday, arpa, yulaf ve çavdar kepeklerini % 30 oranlarında buğday unu yerine kullanarak ekmekler üretilmiştir. Buğday unu, buğday kepeği, arpa kepeği, yulaf kepeği ve çavdar kepeği ile üretilen ekmeklere çözünmeyen lif içerikleri sırasıyla % 2.4, 9.4, 14.0, 9.0, 13.1 olarak belirlenmiştir (Ragae vd, 2011).

Nişasta ilavesiyle çözünmeyen lif oranında artış gözlenmiş ancak oranlar arasında önemli fark ($P>0.05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.111). % 0 FZ ve % 10 FZ ilavesi bulunan ekmeklerde nişasta çeşitleri arasında önemli bir fark ($P>0.05$) gözlenmezken % 5 FZ içeren ekmeklerde ON kullanılması çözünmeyen lif miktarında azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.34). Xiao vd (2012) çapraz bağlı pirinç nişastasının suda çözünürlüğünün % 6.1, okside pirinç nişastasının ise % 12.3 olduğunu bildirmiştir. ON' nin genellikle suda çözünür formda olması çözünmeyen lif miktarında düşüşe neden olmuş olabilir.



Şekil 4.34. Çözünmeyen lif üzerine fındık zarı oranı (A) x modifiye nişasta çeşidi (B) interaksiyonu (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

4.3.12. *In vitro* sindirilebilirlik

Ekşi hamur ekmeklerinde *in vitro* sindirilebilirlik testi sonucu toplam nişasta (TN), hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN), dirençli nişasta (DN), hidroliz indeksi (HI) ve tahmini glisemik indeks (eGI) değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.112' de FZ, ÇBN ve ON uygulamalarına göre belirlenen toplam nişasta miktarları gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde en yüksek nişasta miktarına % 77.6 ile % 0 FZ + % 5 ON örneğinin sahip olduğu görülürken en düşük % 63.7 ile % 10 FZ + % 3 ON örneğinin sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.113' de toplam nişasta değerleri için varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Buna göre FZ, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi ve FZ x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$).

FZ ilavesi ile birlikte bütün oranlarda toplam nişasta miktarında önemli derecede azalma ($P<0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.114). FZ' nin nişasta içermemesi nedeniyle FZ bulunan ekmeklerde nişastanın daha az oranlarda görülmesi sonuç olarak uygun görülmektedir. Ronda vd (2012) yaptıkları çalışmada buğday unu ekmeklerinde toplam nişasta miktarını % 76.6 olarak bildirmişler, una % 6 buğday kepeği ilavesi yapıldığında toplam nişasta miktarının düşerek % 71.6 olduğu tespit etmişlerdir.

Ekmeklere nişasta ilavesi ile toplam nişasta miktarında artış yaşanmış olup % 5 nişasta oranı ile % 0 ve % 3 oranları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.116). Nişasta çeşitleri incelendiğinde ON ilavesi yapılan ekmeklerde ÇBN' ye göre önemli ölçüde ($P<0.05$) daha az toplam nişasta bulunduğu ortaya koyulmuştur (Çizelge 4.115). Çalışmamızda ON kullanımının daha fazla gaz üretim gücüne yol açtığı ve mikrobiyal aktiviteye daha uygun olduğuna değinilmiştir (Şekil 4.20). Buna göre ON bulunan ekmeklerde ÇBN' ye göre daha az toplam nişasta bulunmasının mikrobiyal faaliyetler sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.112. TN, HSN, YSN, DN, HI ve eGI sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	TN (%)*		HSN (%)*		YSN (%)*		DN (%)*		HI		eGI	
			I. T.	II. T.	I. T.	II. T.	I. T.	II. T.	I. T.	II. T.	I. T.	II. T.	I. T.	II. T.
0	ÇBN	0	72.3	72.9	42.8	43.1	28.2	27.6	1.6	1.8	98.2	99.2	92.8	93.7
		3	73.9	74.7	41.3	41.4	29.9	29.5	3.1	3.3	96.8	97.0	91.6	91.8
		5	76.7	76.3	40.0	40.6	31.2	30.9	5.3	5.0	95.7	95.9	90.7	90.9
	ON	0	72.3	72.9	42.8	43.1	28.2	27.6	1.6	1.8	98.2	99.2	92.8	93.7
		3	74.2	74.6	41.0	41.5	30.1	29.5	3.3	3.4	96.6	97.3	91.4	92.1
		5	76.7	77.6	39.1	39.2	32.9	32.4	5.2	5.5	95.5	95.6	90.6	90.6
5	ÇBN	0	71.0	70.4	41.4	41.4	27.1	27.3	2.2	2.1	95.3	95.2	90.3	90.2
		3	69.3	69.5	41.1	41.0	24.2	24.4	4.1	4.0	91.6	91.8	87.2	87.4
		5	69.9	70.3	39.9	39.8	23.3	23.7	6.9	6.6	89.4	89.9	85.2	85.7
	ON	0	71.0	70.4	41.4	41.4	27.1	27.3	2.2	2.1	95.3	95.2	90.3	90.2
		3	68.8	68.0	40.2	40.1	24.4	24.8	3.8	3.5	88.4	88.7	84.4	84.6
		5	68.1	68.5	38.9	38.7	23.8	23.6	5.6	6.0	88.0	87.8	84.1	83.9
10	ÇBN	0	64.9	64.3	40.5	40.3	20.8	21.4	3.3	2.9	90.9	91.2	86.6	86.8
		3	65.7	66.5	40.0	40.0	21.3	21.5	4.8	4.6	88.7	88.6	84.7	84.5
		5	66.9	67.3	38.6	38.6	22.6	22.5	5.9	6.0	87.6	87.7	83.7	83.8
	ON	0	64.9	64.3	40.5	40.3	20.8	21.4	3.3	2.9	90.9	91.2	86.6	86.8
		3	63.7	64.1	39.5	39.6	20.4	20.3	4.0	4.0	87.4	87.1	83.5	83.3
		5	65.4	65.0	37.7	38.0	20.6	20.5	6.9	6.7	86.0	86.6	82.3	82.8

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta, TN: Toplam nişasta, HSN: Hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: Yavaş sindirilebilir nişasta,

DN: dirençli nişasta, HI: Hidroliz indeksi, eGI: Tahmini glisemik indeks

T: Tekerrür

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.113. TN, HSN ve YSN değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	TN (%)			HSN (%)			YSN (%)		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	260.425	1624.53	0.000*	10.275	320.65	0.000*	225.791	3110.18	0.000*
B	1	4.091	25.52	0.000*	2.063	64.36	0.000*	0.072	1.00	0.331
C	2	7.419	46.28	0.000*	18.947	591.25	0.000*	1.181	16.26	0.000*
AxB	2	2.121	13.23	0.000*	0.059	1.83	0.188	1.998	27.53	0.000*
AxC	4	8.406	52.44	0.000*	0.502	15.66	0.000*	14.259	196.41	0.000*
BxC	2	1.023	6.38	0.008*	0.728	22.72	0.000*	0.042	0.58	0.571
AxBxC	4	0.657	4.10	0.016*	0.068	2.11	0.122	0.889	12.25	0.000*

TN: Toplam nişasta, HSN: Hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: Yavaş sindirilebilir nişasta

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.114. Fındık zarı oranları için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	TN (%)*	HSN (%)*	YSN (%)*
0	74.6±1.8 a	41.3±1.4 a	29.8±1.8 a
5	69.6±1.1 b	40.4±1.0 b	25.1±1.6 b
10	65.3±1.1 c	39.5±1.0 c	21.2±0.8 c

TN: Toplam nişasta, HSN: Hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: Yavaş sindirilebilir nişasta, Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.115. Modifiye nişasta çeşitleri için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	TN (%)*	HSN (%)*	YSN (%)*
ÇBN	70.2±3.8 a	40.7±1.2 a	25.4±3.6
ON	69.5±4.5 b	40.2±1.5 b	25.3±4.2

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta, TN: Toplam nişasta, HSN: Hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: Yavaş sindirilebilir nişasta, Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05), *: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

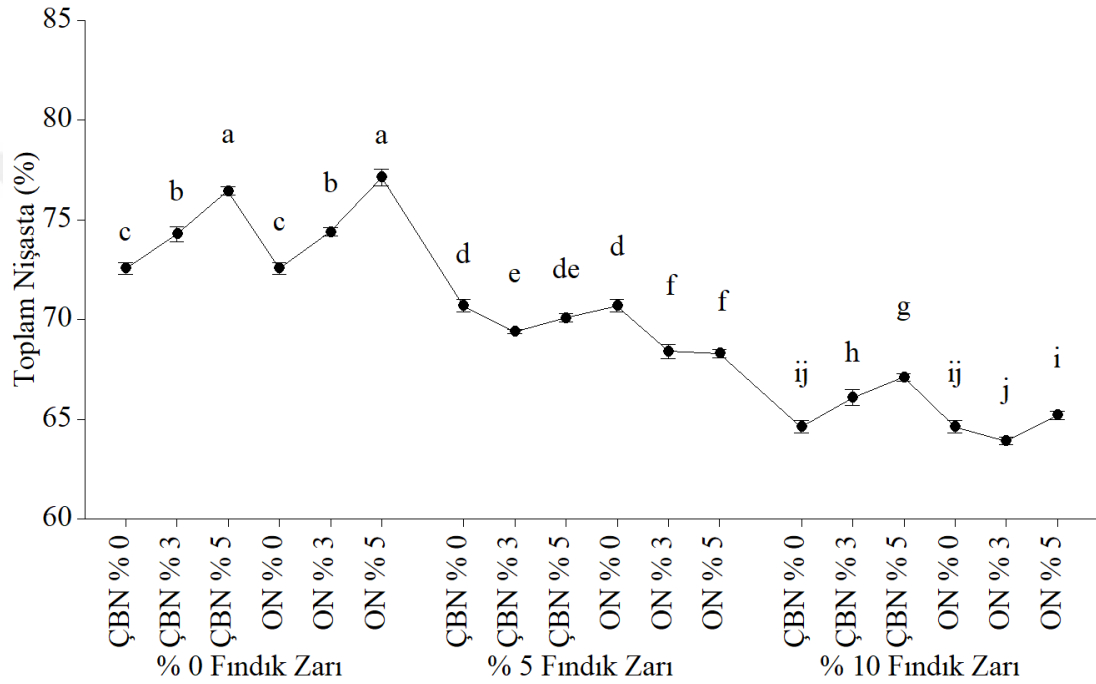
Şekil 4.35’ de gösterildiği üzere FZ ve nişasta çeşitlerinin beraber kullanımları incelendiğinde FZ bulunmayan örneklerde her iki nişasta da toplam nişasta miktarını artırırken FZ bulunan ekmeklerde ON’ nin toplam nişastayı azaltıcı etkisi, ÇBN’ nin ise artışa neden olduğu saptanmıştır. Bu durumun oluşmasında FZ’ deki fenolik bileşikler ile ON arasında meydana gelen etkileşimler neden olmuş olabilir.

Çizelge 4.116. Modifiye nişasta oranları için TN, HSN ve YSN değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	TN (%)*	HSN (%)*	YSN (%)*
0	69.3±3.6 b	41.6±1.1 a	25.4±3.2 b
3	69.4±4.1 b	40.6±0.7 b	25.0±3.8 c
5	70.7±4.8 a	39.1±0.9 c	25.7±4.7 a

TN: Toplam nişasta, HSN: Hızlı sindirilebilir nişasta, YSN: Yavaş sindirilebilir nişasta, Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır



Şekil 4.35. Ekşi hamur ekmeklerinde toplam nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

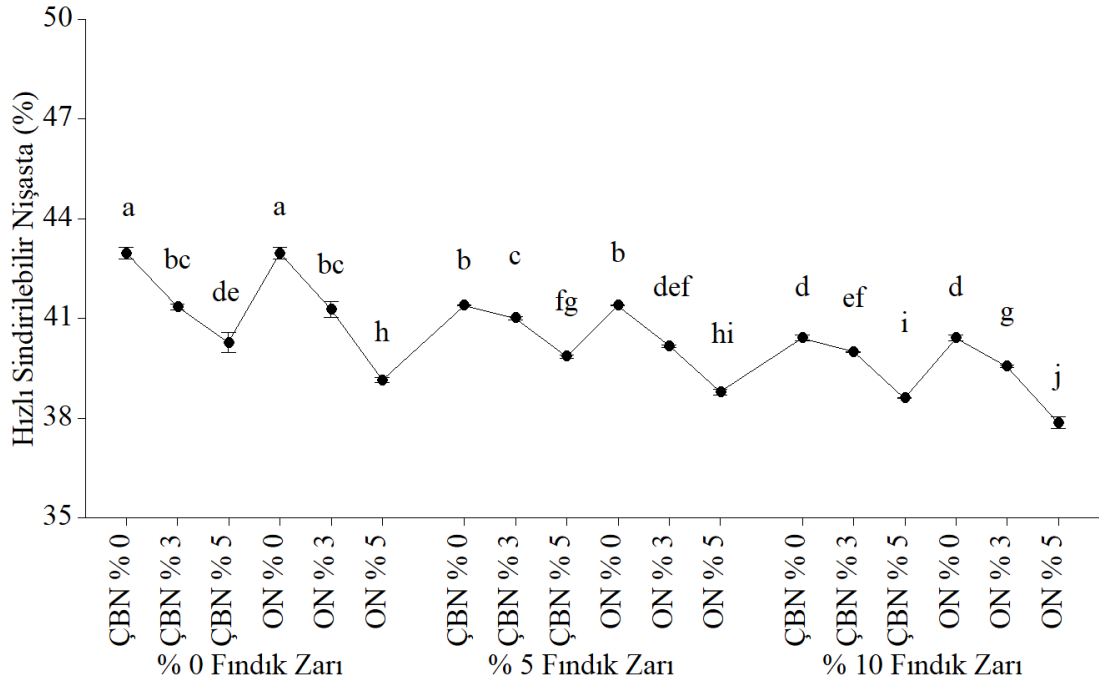
HSN miktarlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.112’ de gösterilmiştir. HSN’ nin en yüksek % 0 FZ + % 0 MN ekşi hamur ekmeğinde tespit edildiği (% 43.1), en düşük ise % 10 FZ + % 5 ON örneğinde (% 37.7) görüldüğü kaydedilmiştir.

HSN’ ye ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.113’ de yer verilmiştir. FZ oranı, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür (P<0.05). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P<0.05) ancak FZ x modifiye nişasta çeşidi ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları önemli olarak değerlendirilmemiştir (P>0.05).

Çizelge 4.114' de gösterildiği üzere HSN miktarının FZ ilavesine bağlı olarak kademeli bir şekilde azaldığı ve oranlar arasında önemli fark ($P<0.05$) bulunduğu hesaplanmıştır. Whitney ve Simsek (2017) % 100 buğday unu ve % 76 buğday unu + % 26 buğday kepeği karışımları ile ürettikleri ekmeklerde HSN oranlarının % 40.59 ve % 35.70 olduğunu belirtmişlerdir. Dunn vd (2015) tortilla üretiminde buğday unu yerine % 25 oranında buğday kepeği, beyaz sorgum kepeği, kahverengi sorgum kepeği ve siyah sorgum kepeği kullanmışlar ve HSN miktarlarını sırasıyla % 87.9, 87.3, 86.1, 81.2 ve 89.0 olarak tayin etmişlerdir. Gujral vd (2018) ise buğday unu ile ürettikleri çapatilerde HSN miktarının buğday unu yerine % 25 arpa kepeği kullanılması ile azaldığını beyan etmişlerdir. Polifenollerin karbonhidratlar ile kompleks oluşturabileceği bildirilmiştir. Polisakkaritlerden bulunan glikozidik bağlar ile polifenoller arasında hidrojen bağlarının oluşabileceği bildirilirken fenolik asitler polisakkaritlerle kovalent bağ oluşabilmektedir. Polifenoller enzimlerle etkileşime girebilmekte ve enzimleri inhibe edebilmektedir (Jakobek, 2015). Amoako ve Awika (2016b) yaptıkları çalışmalarında sorgumda bulunan tanin ile nişastanın kompleks oluşturması sonucu DN miktarında artış görüldüğünü ve bunun da HSN' yi etkileyerek % 31.6 oranında azalttığını hesaplamışlardır. Besinsel liflerin ortamda bulunması enzimlerin substrata ulaşmasında fiziksel olarak engel oluşturmaktadır. Çalışmamızda FZ ile birlikte ekmeğe ilave edilen besinsel liflerin enzimatik parçalanmaya dirençli olması, liflerin nişastayı seyreltici etkisi, FZ' de bulunan polifenollerin enzim ve karbonhidratlarla enzimatik hidrolize dayanıklı kompleks oluşturabilmesi HSN miktarının azalmasında rol oynamış olabilir.

Çalışmamızda ortalama değerler dikkate alındığında nişasta ilavesinin HSN miktarını önemli ölçüde azalttığı ($P<0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.116). Buna göre HSN üzerine FZ ve modifiye nişasta ilavelerinin azaltıcı etkileri belirlenmiştir. Her iki nişasta çeşidinin de HSN' yi düşürdüğü görülürken ON kullanımı ile ÇBN' ye göre daha düşük HSN değerleri elde edilmiştir (Şekil 4.36). Chung vd (2010) doğal mısır nişastasında HSN oranını % 32.8 ve çapraz bağlı mısır nişastasında % 19.1 olarak hesaplamıştır. Çalışmamıza paralel olarak bir araştırmada doğal, çapraz bağlı ve okside mısır nişastalarında HSN oranlarının % 92.7, 93.0 ve 87.0 olarak belirlendiği görülmüştür (Chung vd, 2008). Buna göre her iki nişasta çeşidinin de HSN' yi azaltıcı etkisi olduğu ancak okside nişastanın daha fazla düşürdüğünü bildirilmişlerdir. Aynı çalışmada nişasta granüllerinin şişme kabiliyetinin fazla olmasının enzimatik hidrolizi

hızlandıracağı ifade edilmiştir. Bir çalışmada çapraz bağlı nişastanın şişme gücü 13.9 g/g, okside nişastanın ise 0.6 g/g olduğu bildirilmiştir (Xiao vd, 2012). Buna göre çalışmamızda kullanılan ÇBN' nin şişme kabiliyetinin ON' ye göre fazla olması enzimatik hidrolize daha elverişli olmasına ve bu nedenle HSN oranının fazla bulunmasına neden olmuş olabilir. Bir diğer neden de ON' nin FZ' de bulunan fenoliklerle ÇBN' ye daha yüksek interaksiyona sahip olması olabilir. Amoako ve Awika (2016a) taninin özellikle amiloz ile kuvvetli interaksiyonlar oluşturduğunu ve nişastadaki amiloz oranının artması ile daha fazla kompleks meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Oksidasyonla nişastada kısmi bir degradasyon meydana gelmekte ve bazı glikozidik bağlar kırılmaktadır (Wang ve Wang, 2003). Sonuçta nişastanın oksidasyonla birlikte fenolikler ile etkileşime daha elverişli hale geldiği düşünülmektedir.



Şekil 4.36. Ekşi hamur ekmeklerinde hızlı sindirilebilir nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Ekşi hamur ekmeklerindeki YSN sonuçları Çizelge 4.112' de gösterilmiştir. YSN oranının en yüksek olduğu örnek % 32.9 ile % 5 ON olarak belirlenirken en düşük % 20.3 ile % 10 FZ + % 3 ON örneği olarak tespit edilmiştir.

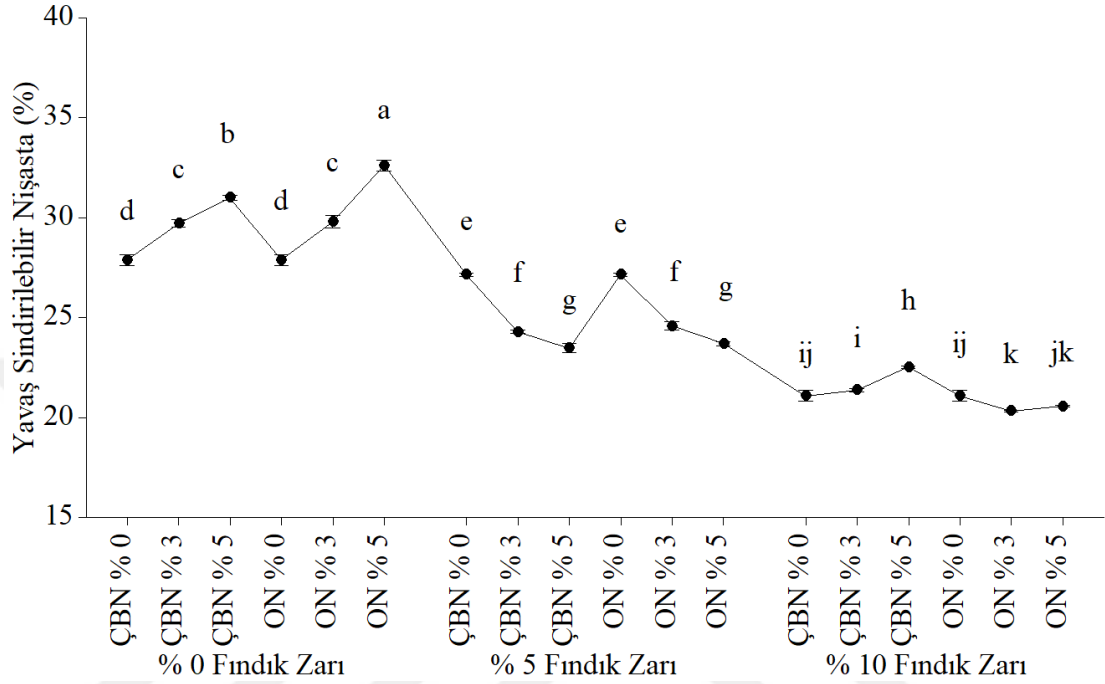
Çizelge 4.113' de YSN değerlerine ait varyans analiz sonuçları bulunmaktadır. FZ oranı ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P < 0.05$), modifiye nişasta çeşidi ise önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). İnteraksiyonlar

ele alındığında FZ x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı bulunmuş ($P<0.05$) ancak modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonu istatistiksel olarak önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Ekşi hamur ekmeklerine FZ ilavesi YSN miktarında önemli oranda düşüşe ($P<0.05$) neden olmuş ve % 0, % 5 ve % 10 FZ içeren örneklerde sırasıyla % 29.8, % 25.1 ve % 21.2 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.114). Sajilata vd (2006) buğday unu, buğday ekmeği ve tam buğday unu ekmeğinde YSN oranlarını sırasıyla % 59, 4.0 ve 8.0 olarak bildirmiştir. Ronda vd (2012) buğday ununa % 6 kepek ilavesi ile YSN oranını yaklaşık yarıya düşüğünü, Ragaee vd (2011) ise buğday unu ekmeğinde % 49.7 olan YSN' nin un yerine % 30 tam buğday unu eklenen ekmeklerde azalarak % 43.8 olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Sajilata vd (2006) ise YSN' nin buğday unu ekmeğinde % 4.0, tam buğday ekmeğinde % 8.0 olduğunu belirtmiştir. Amoako ve Awika (2016b) sorgumda bulunan tanin ile nişastanın etkileşimi sonucu yavaş sindirilen ve sindirilemeyen kompleksler oluştuğunu, YSN ve DN miktarlarının arttığını bildirmiştir. Çalışmamızda FZ ilavesi ile YSN miktarında meydana gelen düşüşte en önemli etkinin FZ ilavesi ile nişastanın seyrelmesi olarak düşünülmektedir. Diğer bir faktör ise fenolik bileşikler ile nişasta arasındaki interaksyonlar olabilir.

Çalışmamızda FZ içermeyen örneklerde % 3 oranında ÇBN ve ON ilave edilmesi YSN miktarını aynı ölçüde artırırken % 5 ON ilavesi % 5 ÇBN' ye göre YSN artışında daha etkili olmuştur. ÇBN içeren örneklerde HSN' nin daha yüksek olduğuna daha önce değinilmiştir. Buna göre ON' nin enzimatik olarak parçalanmasının daha güç olduğu ve bu bakımdan YSN oranını artırdığı düşünülmektedir. % 5 FZ içeren ekmek örneklerinde ise hem ÇBN' nin hem de ON' nin % 3 ve % 5 oranlarında ilave edilmesi aynı ölçüde etkili olmuş ve YSN miktarında önemli derecede ($P<0.05$) düşüş meydana gelmiştir. % 10 FZ içeren ekmeklerde ÇBN ve ON farklı şekilde etki göstermişlerdir. Buna göre ÇBN ilavesi YSN oranında artışa neden olurken ON içeren örneklerde düşüş kaydedilmiştir (Şekil 4.37). Barros vd (2012) sorgumdaki proantosiyaniidinler ile nişastanın çözünmeyen bileşikler oluşturmak üzere kompleks oluşturabileceklerini ifade etmişlerdir. İlaveten nişastanın porlu yapısı nedeniyle fenolik bileşiklerin nişasta tarafından absorbe edilebileceği ve bunun da α -amilaz aktivitesini sınırlayacağını bildirmişlerdir. Söz konusu etkileşimler nedeniyle nişasta

ilavesinin ve özellikle ON' nin fenolik bileşikler ile kompleks oluşturduğu, DN oluşumunu artırarak YSN' de azalmaya neden olduğu düşünülmektedir. Nitekim Simsek vd (2012) YSN miktarındaki azalmanın bu nişastanın bir kısmının DN' ye dönüşmesinden kaynaklanabileceğini ifade etmiştir.



Şekil 4.37. Ekşi hamur ekmeklerinde yavaş sindirilebilir nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

DN sonuçlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.112' de verilmiştir. Sonuçlara göre en yüksek DN oranı % 10 FZ + % 5 ON örneğinde (% 6.9), en düşük ise % 0 FZ + % 0 MN örneğinde (% 1.6) görülmüştür.

Çizelge 4.117' deki DN değerleri için varyans analiz sonuçları incelendiğinde FZ oranı ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüş ($P < 0.05$), modifiye nişasta çeşidi etkisi ise önemli bulunmamıştır ($P > 0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi ve FZ x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları ise istatistiksel açıdan önemli görülmüştür ($P < 0.05$).

FZ ilavesi ile DN miktarı olumlu etkilenmiş ve kademeli bir artış yaşanmıştır (Çizelge 4.118). Amoako ve Awika (2016b) nişastanın enzimler ile parçalanmasında granüldeki porlu yapının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre enzimler öncelik olarak por içerisinde ve çevresinde işlevlerine başlamaktadırlar. Fenolik bileşikler ile

nişasta etkileşimlerinin ise daha çok por içerisinde ve etrafında belirgin olduğunu ve bunun da enzimlerin çalışmasını engelleyerek DN miktarını artırdığını ifade etmişlerdir. İlaveten fenolik bileşiklerin enzimleri inhibe edebilme durumları söz konusu olduğu için inhibisyona bağlı olarak FZ içeren örneklerde DN miktarı artış göstermiş olabilir.

Çizelge 4.117. DN, HI ve eGI değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	DN (%)			HI			eGI		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	4.358	127.69	0.000*	222.561	2129.25	0.000*	165.373	2129.25	0.000*
B	1	0.101	2.95	0.103	6.859	65.62	0.000*	5.096	65.62	0.000*
C	2	40.312	1181.2	0.000*	65.547	627.10	0.000*	48.705	627.10	0.000*
AxB	2	0.288	8.44	0.003*	1.916	18.33	0.000*	1.424	18.33	0.000*
AxC	4	0.212	6.22	0.003*	3.960	37.89	0.000*	2.943	37.89	0.000*
BxC	2	0.128	3.74	0.044*	1.822	17.43	0.000*	1.354	17.43	0.000*
AxBxC	4	0.337	9.87	0.000*	0.704	6.73	0.002*	0.523	6.73	0.002*

DN: Dirençli nişasta, HI: Hidroliz indeksi, eGI: Tahmini glisemik indeks

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.118. Fındık zarı oranları için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	DN (%)*	HI	eGI
0	3.4±1.5 c	97.1±1.3 a	91.9±1.2 a
5	4.1±1.8 b	91.4±3.1 b	87.0±2.7 b
10	4.6±1.4 a	88.7±1.9 c	84.6±1.6 c

DN: Dirençli nişasta, HI: Hidroliz indeksi, eGI: Tahmini glisemik indeks

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

FZ içermeyen örnekler incelendiğinde hem ÇBN hem de ON' nin artan oranlarda kullanılması DN miktarında önemli artışa neden olmuş (P<0.05) ve her iki nişasta çeşidinin etkisi benzer olarak görülmüştür. Chang vd (2017) doğal patates nişastasında DN miktarını % 73.49, çapraz bağlı modifiye patates nişastasında ise % 86.63 olarak tespit etmiştir. Bir çalışmada undan eksiltmek suretiyle çapraz bağlı nişastanın % 0, 10, 30 ve 50 oranlarında kullanılmasıyla üretilen ekmeklerde DN oranları sırasıyla % 3.0, 3.9, 6.2, 9.4 olarak belirlenmiştir (Lee Yeo ve Seib, 2009). Çapraz bağlı nişastanın DN miktarını artırmasında birkaç faktör etkili olmaktadır. Nişastanın α -amilaz ile

degradasyonunda granülün porlu yapısından dolayı genellikle içten dışa doğru bir enzimatik reaksiyon olduğu ve çapraz bağlanma işleminde kullanılan fosfatın enzim - nişasta kompleksini engellediği ifade edilmiştir (Chung vd, 2010). Bir başka çalışmada nişastanın çapraz bağlı modifikasyonu ile nişasta molekülleri arasındaki hidroksil grupları nedeniyle enzimatik reaksiyonlara karşı dirençli olduğu bildirilmiştir (Bemiller ve Whistler, 2009). Aynı zamanda çapraz bağlı modifikasyonla doğal nişastaya kıyasla daha az şişme kabiliyeti ortaya çıktığı ve böylece parçalanmanın güçleştiği bildirilmiştir (Woo ve Seib, 2002). ON' nin düşük jelleşme yeteneği enzimatik hidrolize direnç kazanmasına yol açmış olabilir. Yapılan bir araştırmada siyah fasulye nişastasında % 36.15 DN bulunduğu, ozon ile oksidasyon işlemi yapıldığında ise DN' nin % 44.67' ye yükseldiği tespit edilmiştir (Simsek vd, 2012).

Çizelge 4.119. Modifiye nişasta çeşitleri için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	DN (%)*	HI	eGI
ÇBN	4.1±1.7	92.8±3.8 a	88.2±3.3 a
ON	4.0±1.6	91.9±4.6 b	87.4±3.9 b

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta, DN: Dirençli nişasta, HI: Hidroliz indeksi, eGI: Tahmini glisemik indeks, Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

Çizelge 4.120. Modifiye nişasta oranları için DN, HI ve eGI değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

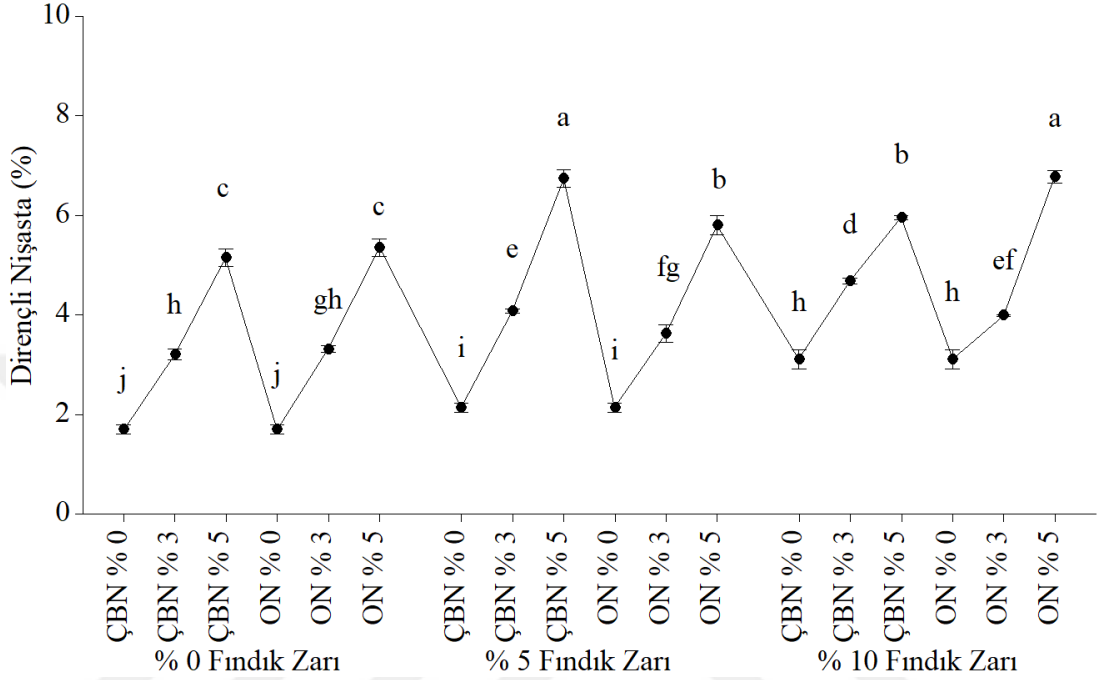
Modifiye nişasta oranı (%)	DN (%)*	HI	eGI
0	2.3±0.6 c	95.0±3.3 a	90.1±2.8 a
3	3.8±0.5 b	91.7±4.1 b	87.2±3.6 b
5	6.0±0.7 a	90.5±4.0 c	86.2±3.4 c

DN: Dirençli nişasta, HI: Hidroliz indeksi, eGI: Tahmini glisemik indeks
Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

*: % kurumadde üzerinden hesaplanmıştır

% 10 FZ bulunan örneklerde ise ON' nin DN' yi artırmada daha etkili olduğu gözlenmiştir. Bu durumun oluşmasında ON ve fenolik bileşikler arasında meydana gelen interaksiyonların etkili olduğu düşünülmektedir. Barros vd (2012) sorgumda bulunan kondanse taninlerin DN oluşumunda büyük etkisi olduğunu ve bunun proantosiyanidinler ile nişastanın kompleks oluşturmamasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Çalışmamızda DN miktarının artmasında modifiye nişasta ilavesinin FZ

ilavesinden daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Buna göre % 10 FZ ilavesi ile erişilen DN miktarına % 3 modifiye nişasta ilavesiyle ulaşılmış ve % 5 modifiye nişasta bulunması halinde DN miktarı % 10 FZ' ye göre yaklaşık iki katına çıkmıştır. Söz konusu durum hem ÇBN hem de ON için gerçekleşmiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Ekşi hamur ekmeklerinde dirençli nişasta değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Örnek için hidroliz eğrisinin altında kalan alanın beyaz ekmek hidroliz eğrisinin altında kalan alana oranı ile HI belirlenmektedir. Buna göre HI bir gıdadaki nişasta hidrolizinin referans bir gıdadaki hidrolizine oranı olarak tanımlanmaktadır (Asiyanbi-Hammed ve Simsek, 2018). Çizelge 4.112' de ekşi hamur ekmekleri için hidroliz indeksi (HI) sonuçlarına yer verilmiştir. En düşük HI değeri 86 ile % 10 FZ + % 5 ON içeren örnekte, en yüksek ise 99.2 ile % 0 FZ + % 0 MN örneğinde tespit edilmiştir.

HI için varyasyon analiz sonuçları (Çizelge 4.117) dikkate alındığında FZ, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P < 0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P < 0.05$).

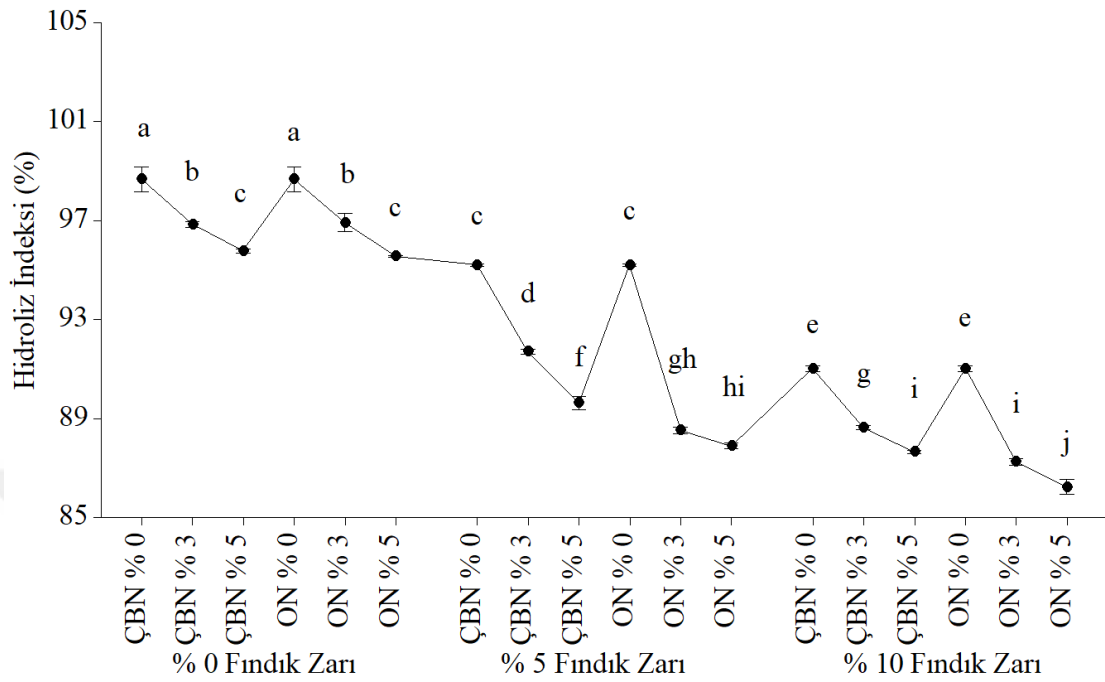
Çalışmamızda % 0, % 5 ve % 10 FZ oranlarında HI değerleri sırasıyla 97.1, 91.4 ve 88.7 olarak hesaplanmış ve aralarında istatistiksel olarak fark belirlenmiştir ($P<0.05$). HI değerlerinin gelişmesi bu örneklerdeki HSN ve YSN miktarları ile yakından ilgilidir. Whitney ve Simsek (2017) buğday kepeğini % 0 ve % 26 oranlarında buğday ununa ilave ederek ekmek üretimi yapmışlar ve HI değerlerinin sırasıyla 98.01 ve 87.32 olduğunu bildirmişlerdir.

Şekil 4.39 incelendiğinde hem FZ hem de modifiye nişasta ilavesi ile HI değerlerinde önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma meydana gelmiştir. HI değerlerinin azalmasında FZ' nin modifiye nişastaya göre daha etkili olduğu görülmüştür. FZ içermeyen ekmeklerde ÇBN ve ON' nin benzer etkide olduğu belirlenmiş ve % 3 ve % 5 oranlarında ilave edilmesi ile HI değerleri önemli ölçüde azalmıştır ($P<0.05$). %5 ve % 10 FZ içeren ekmeklerde ise HI' nın düşmesinde ON' nin daha etkili olduğu saptanmıştır. Bu sonucun daha önce açıklandığı üzere ON' nin DN oluşumu üzerindeki etkisi nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Yousefi vd (2015) doğal buğday nişastasında ve çapraz bağlı buğday nişastasında HI değerlerini sırasıyla 97.31 ve 95.61 olarak tespit etmiştir. Başka bir çalışmada doğal, çapraz bağlı ve okside mısır nişastalarında HI değerinin sırasıyla 98.0, 98.2 ve 92.0 olduğu beyan edilmiş ve okside nişastanın önemli derecede düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Chung vd, 2008). Çalışmamızda modifiye nişastaların HI' yı azaltıcı etkilerinin diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Glisemik indeks, örnek için kan glikozu artış eğrisinin altında kalan alanın kontrol örneği eğrisi alanına oranı olarak tanımlanmaktadır (Lehmann ve Robin, 2007). HI ve tahmini glisemik indeks (eGI) sonuçları tamamen paralel olmaktadır çünkü HI değerleri hesaplanırken eGI değerleri kullanılmakta ve doğru orantılı olarak değişmektedir. Ekşi hamur ekmekleri için belirlenen eGI sonuçlarına Çizelge 4.112' de yer verilmiştir. Sonuçlar dikkate alındığında en yüksek eGI değeri % 0 FZ + % 0 MN örneğinde görülmüş (93.7), en düşük olarak ise % 10 FZ + % 5 ON örneğinde (82.3) belirlenmiştir.

eGI için varyasyon analiz sonuçları (Çizelge 4.117) dikkate alındığında FZ, modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı etkileri istatistiksel olarak önemli görülmüştür ($P<0.05$). İnteraksiyonlara göre FZ oranı x modifiye nişasta oranı ve FZ x modifiye nişasta çeşidi, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ x

modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$).



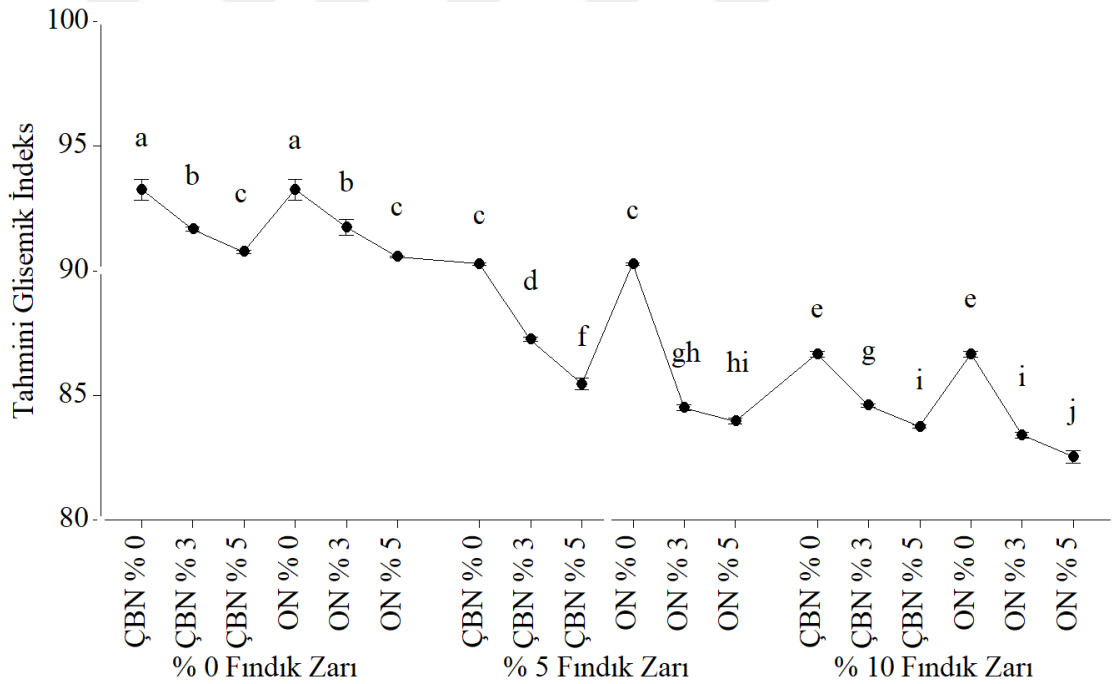
Şekil 4.39. Ekşi hamur ekmeklerinde hidroliz indeksi değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

Çalışmamızda % 0, % 5 ve % 10 FZ oranlarında eGI değerleri sırasıyla 91.9, 87.0 ve 84.6 olarak hesaplanmış ve aralarında istatistiksel olarak fark belirlenmiştir ($P<0.05$). Şekil 4.40 incelendiğinde hem FZ hem de modifiye nişasta ilavesi ile eGI değerlerinde önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma meydana gelmiştir. eGI değerlerinin azalmasında FZ' nin modifiye nişastaya göre daha etkili olduğu görülmüştür. Wolter (2013) buğday, karabuğday, kinoa, sorgum, teff ve yulaf unlarını ayrı ayrı kullanarak ekmek üretimi gerçekleştirmiş ve eGI değerlerini sırasıyla 100, 80, 95, 72, 74 ve 71 olarak tespit etmiştir. Whitney ve Simsek (2017) buğday unu ekmeği ve tam buğday unu ekmeğinde eGI değerlerinin 92.68 ve 83.46 olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise buğday ununa % 12.1 oranında yulaf lifi eklenmesi ile eGI' nin 76.38' den 38.58' e düştüğü belirtilmiştir (Kurek vd, 2018).

FZ içermeyen ekmeklerde ÇBN ve ON' nin benzer etkide olduğu görülmüş, nişastaların % 3 ve % 5 oranlarında ilave edilmesi ile eGI değerleri önemli ölçüde ($P<0.05$) azalmıştır (Çizelge 4.120). Birçok çalışmada ÇBN ve ON' nin eGI' yi azaltıcı etkisine rastlanmıştır. Yousefi vd (2015) eGI değerlerini doğal ve çapraz bağlı buğday nişastasında sırasıyla 93.13 ve 92.20 olarak bildirmiştir. Chung vd (2008)

doğal ve okside mısır nişastasında eGI değerlerini 93.5 ve 90.2 olarak hesaplamıştır. Başka bir çalışmada ise siyah fasulye nişastasında ve ozon ile okside edilmiş siyah fasulye nişastasında 134.64 ve 131.81 olarak eGI değerleri kaydedilmiştir. (Simsek vd, 2012). Çalışmamızda %5 ve % 10 FZ içeren ekmeklerde ise eGI' nin düşmesinde ON' nin daha etkili olduğu ve bunun da ON ile fenolik bileşikler arasındaki etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. eGI değerleri büyük ölçüde HSN miktarı ile ilişkilendirilmektedir çünkü nişastanın hızlı sindirilmesi ile kan glikozunda ani artışlar görülmektedir (Dunn vd, 2015). Bu bakımdan çalışmamızda HSN sonuçları ile eGI değerlerinin uyumlu olduğu görülmüştür.

FZ, ÇBN ve ON' nin ayrı ayrı ve beraber kullanımları *in vitro* sindirilebilirlik testlerini olumlu yönde etkilemiştir. Bununla birlikte % 10 FZ + % 5 ON örneği bu testlerde en olumlu sonuçları vererek ön plana çıkmıştır.



Şekil 4.40. Ekşi hamur ekmeklerinde tahmini glisemik indeks değerlerinin değişimi (A x B x C) (ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta)

4.3.13. Duyusal değerlendirme

Tüketiciler üzerine yapılan araştırmalarda ekmekte tercihin belirlenmesinde en önemli faktörler arasında ekmek hacmi, ekmek içi yapısı, yumuşaklık, yeme sırasında verdiği dokusal özellikleri ve lezzeti olduğu belirlenmiştir (Ünal ve Boyacıoğlu, 1985). Çalışmamızda ekşi hamur ekmeklerinin dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel

kabul edilebilirlik açısından duysal olarak değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirme sonuçları izelge 4.121’ de, varyans analiz sonuçları ise izelge 4.122 ve izelge 4.123’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.121’ de ekşi hamur ekmekleri için yapılan duysal değerlendirme sonuçlarına yer verilmiştir. Dış görünüş değerlendirmesi dikkate alındığında en çok beğenilen ekmeğin % 0 FZ + % 5 ON (9), ve en az beğenilen ekmeğin % 10 FZ + % 3 ON (5.83) olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklerde dış görünüş değerlendirmesi için yapılan varyans analiz sonuçları incelendiğinde (izelge 4.122) FZ oranının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ($P<0.05$), modifiye nişasta çeşidi ve modifiye nişasta oranı ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar dikkate alındığında ise FZ oranı x modifiye nişasta eşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

Ekşi hamur ekmeklerine FZ ilavesi ile ekmeklerin dış görünüş değerlendirmesinde daha az beğenildiği ve %0, % 5 ve % 10 FZ oranlarında sırasıyla 8.21, 7.41 ve 6.96 puan aldığı belirlenmiştir (izelge 4.124). Benzer olarak Velioğlu vd (2017) yaptıkları çalışmalarında ekmek yapımında % 10 fındık zarı kullandıklarında ekmeklerin dış görünüş olarak daha az beğenildiğini bildirmişlerdir. BN ve ON arasında dış görünüş açısından önemli bir fark ($P>0.05$) meydana gelmediği saptanmıştır (izelge 4.125). Nişasta ilavesi ekmeklerin dış görünüşünü bir miktar olumsuz etkilese de istatistiksel açıdan önemli ($P>0.05$) bir düşüş kaydedilmemiştir (izelge 4.126). Akram vd (2017) duysal değerlendirmede ekmek dışının % 100 buğday unu, % 10 çapraz bağlı mısır nişastası ilavesi ve % 10 okside mısır nişastası ilavesi ile sırasıyla puan aldığını bildirmişlerdir.

Nişasta jelatinizasyonun sınırlı gerçekleşmesi durumunda ekmek için kırılğan bir yapı kazanmakta, fazla gerçekleşmesiyle ise yapışkanlık artmaktadır (Belitz vd, 2009). Hamur yeterince yoğurulduktan ve gerekli fermantasyon yapıldıktan sonra amaç hamur içerisindeki hava kabarcıklarını olabildiğince zarar görmekten korumaktır. Hamura basınç uygulandığında veya hamur kesildiğinde fiziksel olarak zarar gören hava kabarcıkları birleşmeye başlamakta, hamur içinde iri boşluklar

oluşturmakta, gri ve mat görünmesine neden olmakta ve ekmek içi dokunulduğunda sert hissedilmektedir. Küçük ve ince duvarlı gözenekler ışığı daha iyi yansıtarak ekmek için beyaz görünmesini sağlamaktadır. Buna karşın yetersiz oksidasyon veya hava kabarcıklarının zarar görmesi ve birleşmesi ekmek için gri görünmesini neden olmaktadır. Kabarcıkların birleşmesi ile daha kalın gözenek duvarı oluşmaktadır. Gözenek duvar kalınlığı görünüşün yanı sıra yeme kalitesini de olumsuz etkilemektedir (Corke vd, 2006).

Ekmeklerde yapılan iç görünüş değerlendirme sonuçları Çizelge 4.121' de gösterilmiştir. Sonuçlara göre iç görünüş bakımından en çok beğenilen ekmeğin FZ ve modifiye nişasta ilavesi olmayan ekmek olduğu (8.33), en az beğenilen ekmeğin ise % 5 FZ ekmeği (4.67) olduğu görülmüştür. Abdul-Hamid ve Luan (2000) şeker pancarı lifini % 5 ve 10 oranlarında una ilave ederek yaptıkları ekmeklerde ekmek içi rengin lif miktarına bağlı olarak daha az beğenildiğini belirtmişlerdir.

Panelistlerce yapılan iç görünüş değerlendirmesine göre FZ ilavesi ile iç görünüş beğenirliği önemli ölçüde ($P<0.05$) azalma göstermiştir (Çizelge 4.124). Nişasta çeşitleri arsında ve nişasta oranları önemli bir fark ($P>0.05$) gözlenmezken nişasta ilavesinin ortalamada iç görünüş puanlarını bir miktar artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.126). Özellikle % 5 FZ içeren örneklerde % 5 ÇBN ve % 5 ON kullanımı iç görünüşün beğenilmesine olumlu katkı sağlamıştır.

Ekşi hamur ekmeklerinde yapılan koku değerlendirmesine ait sonuçlar Çizelge 4.121' de verilmiştir. Panelist değerlendirmesine göre en fazla % 10 FZ + % 5 ÇBN örneği beğenilirken en az beğenilen örnek % 10 FZ + % 3 ON ve % 10 FZ + % 5 ON olarak belirlenmiştir.

Ekmeklerde koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.122' de verilmiştir. Koku değeri üzerine FZ oranı, modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Çizelge 4.121. Dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Modifiye nişasta çeşidi	Modifiye nişasta oranı (%)	Dış görünüş			İç görünüş			Koku			Tat			Genel kabul edilebilirlik		
			(10 P)			(10 P)			(10 P)			(10 P)			(10 P)		
			I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.	I.T.	II.T.	III.T.
0	ÇBN	0	7.83	8.33	8.86	6.50	8.33	7.71	7.17	7.33	7.57	7.17	7.50	7.71	7.02	8.00	7.86
		3	8.33	7.67	8.29	6.33	7.17	8.00	5.83	7.17	8.14	5.00	7.17	7.29	5.88	7.42	7.71
		5	8.33	7.50	8.43	6.50	7.67	8.00	6.00	7.00	6.86	5.83	8.00	7.43	6.47	7.67	7.50
	ON	0	7.83	8.33	8.86	6.50	8.33	7.71	7.17	7.33	7.57	7.17	7.50	7.71	7.02	8.00	7.86
		3	8.33	7.50	8.14	6.83	7.50	7.43	7.00	6.83	8.43	5.67	6.67	7.29	6.67	7.08	7.21
		5	8.67	7.50	9.00	5.67	6.50	7.86	7.00	7.00	7.43	6.20	7.50	7.29	7.08	7.33	7.43
5	ÇBN	0	6.83	7.17	7.57	4.67	6.17	5.50	6.00	6.83	7.57	5.83	7.17	8.00	5.67	6.83	7.29
		3	7.17	7.17	8.14	5.00	7.33	7.43	5.40	6.50	7.14	5.60	7.00	7.29	5.63	7.08	7.50
		5	7.83	7.33	8.00	7.00	7.00	8.14	5.83	6.67	7.29	4.83	7.17	7.57	5.85	7.42	7.93
	ON	0	6.83	7.17	7.57	4.67	6.17	5.50	6.00	6.83	7.57	5.83	7.17	8.00	5.67	6.83	7.29
		3	7.33	6.00	8.14	6.00	6.67	8.00	5.33	6.67	7.71	5.83	7.20	8.00	5.75	6.67	8.00
		5	7.83	7.00	8.29	6.00	6.80	8.14	5.17	6.00	8.29	5.50	6.17	7.67	5.75	6.83	8.14
10	ÇBN	0	7.83	7.33	7.14	6.50	7.17	6.71	6.00	6.33	7.86	5.00	5.33	7.14	5.67	6.42	7.00
		3	7.17	6.17	7.00	5.67	6.33	7.29	5.17	6.67	7.43	4.50	7.00	6.86	4.87	6.58	6.71
		5	6.67	6.17	7.57	5.67	6.17	8.29	5.33	6.50	8.43	4.50	6.00	8.14	5.25	6.08	8.00
	ON	0	7.83	7.33	7.14	6.50	7.17	6.71	6.00	6.33	7.86	5.00	5.33	7.14	5.67	6.42	7.00
		3	5.83	6.67	7.71	5.17	6.67	7.57	4.67	6.33	7.00	5.17	6.50	7.00	5.42	6.67	7.00
		5	6.00	6.33	7.29	5.17	6.50	7.00	4.67	6.67	6.86	4.00	6.33	6.43	4.50	6.33	6.64

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

T: Tekerrür

Çizelge 4.122. Dış görünüş, iç görünüş ve koku değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Dış görünüş			İç görünüş			Koku		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	7.237	20.28	0.000*	3.353	3.95	0.028*	2.502	2.53	0.093
B	1	0.034	0.10	0.759	0.228	0.27	0.607	0.002	0.00	0.967
C	2	0.358	1.00	0.377	0.448	0.53	0.594	0.699	0.71	0.499
AxB	2	0.046	0.13	0.879	0.036	0.04	0.958	0.512	0.52	0.600
AxC	4	0.639	1.79	0.152	2.512	2.96	0.033*	0.136	0.14	0.967
BxC	2	0.040	0.11	0.895	0.571	0.67	0.517	0.026	0.03	0.974
AxBxC	4	0.055	0.15	0.960	0.016	0.02	0.999	0.154	0.16	0.959

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$)

Çizelge 4.123. Tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı	S.D.	Tat			Genel kabul edilebilirlik		
		K.O.	F	P	K.O.	F	P
A	2	5.337	4.21	0.023*	5.007	6.31	0.004*
B	1	0.011	0.01	0.926	0.020	0.03	0.874
C	2	0.453	0.36	0.702	0.188	0.24	0.790
AxB	2	0.086	0.07	0.934	0.017	0.02	0.979
AxC	4	0.756	0.60	0.668	0.361	0.46	0.768
BxC	2	0.227	0.18	0.837	0.146	0.18	0.833
AxBxC	4	0.053	0.04	0.996	0.105	0.13	0.969

A: Fındık zarı oranı, B: Modifiye nişasta çeşidi, C: Modifiye nişasta oranı

*: İstatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır ($P < 0.05$)

Koku değerlendirmesinde FZ' nin olumsuz etkisi gözlenirken % 0 , % 5 ve % 10 FZ oranlarında ortalama puanlar sırasıyla 7.16, 6.60 ve 6.45 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.124). Bir çalışmada ekmek yapımında fındık zarı kullanılmasıyla ekmeklerin koku olarak daha çok beğenildiği belirtilmiştir (Velioğlu vd, 2017). Buna karşın Abdul-Hamid ve Luan (2000) % 5 ve 10 pancar lifi kullanılan ekmeklerin daha çok beğenildiğini göstermişlerdir. Çalışmamızdaki koku değerlendirmesinde ÇBN ve ON arasında önemli bir fark gözlenmezken (Çizelge 4.125) nişastanın % 3 ve % 5 kullanımı ile ekmekler koku bakımından daha az beğenilmiştir (Çizelge 4.126).

Çizelge 4.124. Fındık zarı oranları için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Fındık zarı oranı (%)	Dış görünüş	İç görünüş	Koku	Tat	Genel kabul edilebilirlik
0	8.21±0.48 a	7.25±0.78 a	7.16±0.62 a	7.00±0.81 a	7.29±0.56 a
5	7.41±0.58 b	6.45±1.12 b	6.60±0.90 ab	6.77±0.99 a	6.79±0.87 ab
10	6.96±0.64 c	6.57±0.81 b	6.45±1.06 b	5.97±1.15 b	6.24±0.87 b

Farklı harfli ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmaktadır (P<0.05)

Çizelge 4.125. Modifiye nişasta çeşitleri için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta çeşidi	Dış görünüş	İç görünüş	Koku	Tat	Genel kabul edilebilirlik
ÇBN	7.55±0.68	6.82±0.99	6.74±0.86	6.59±1.15	6.79±0.91
ON	7.50±0.86	6.69±0.96	6.73±0.98	6.57±1.02	6.75±0.87

ÇBN: Çapraz bağlı nişasta, ON: Okside nişasta

Çizelge 4.126. Modifiye nişasta oranları için dış görünüş, iç görünüş, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Modifiye nişasta oranı (%)	Dış görünüş	İç görünüş	Koku	Tat	Genel kabul edilebilirlik
0	7.66±0.62	6.59±1.07	6.96±0.69	6.76±1.06	6.86±0.81
3	7.38±0.81	6.80±0.90	6.64±1.03	6.50±0.97	6.66±0.85
5	7.54±0.86	6.89±0.96	6.61±0.99	6.48±1.22	6.79±1.01

Ekşi hamur ekmeğinde aroma oluşumunu 3 ana etkene bağlı olmaktadır. Bunlar asit oluşumu, amino asit gibi tat üzerine etkili bileşiklerin oluşumu ve uçucu bileşiklerin oluşumu olarak bildirilmektedir. Özellikle organik asitler ekşi hamurun tadı üzerine çok etkilidirler. Laktik asit ve asetik asidin yüksek konsantrasyonlarda keskin ve hoş olmayan tada neden olduğu bildirilmektedir. Ekşi hamur ekmeğinde hoş olmayan etkilerinin görülmemesi açısından üst limit olarak un üzerinden % 0.35 asit miktarı bulunması gerektiği ifade edilmiştir. Bu da pH' nın yaklaşık olarak 4.9 olması anlamına gelmektedir. Ekşi hamur ekmeğinde serbest amino asitlerin fazla bulunması kavrulmuş tat hissini vermektedir. Ekşi hamur ekmeğindeki kül miktarı aromayı etkilemesi açısından son derece önemlidir. Unun yüksek kül içermesi daha güçlü aromaya neden olmaktadır ancak tüketiciler ekşi hamur ekmeğinde keskin aromayı

genel olarak beğenmemektedirler. Unda yüksek kül miktarı bulunması ile daha fazla mikrobiyal metabolit (organik asit, serbest amino asit ve uçucu bileşikler) oluşmaktadır. İlaveten fermantasyon süresi de aroma üzerine diğer bir faktör olarak değerlendirilmekte ve uzun fermantasyon süresi ile daha fazla mikrobiyal ürünler ortaya çıkmaktadır.

Ekmekler tat bakımından değerlendirilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.121' de verilmiştir. Tat olarak en çok beğenilen ekmeğin 8.14 ile % 10 FZ + % 5 ÇBN örneği olarak belirlenirken en az beğenilen ekmek 4.00 ile % 10 FZ + % 5 ON örneği olmuştur.

Ekmeklerdeki tat değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.123' de gösterilmiştir. Tat değeri üzerine FZ oranının etkisi önemli görülürken ($P<0.05$) modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Ekşi hamur ekmeklerine FZ ilavesi tat bakımından daha az beğenilmesine yol açmıştır. % 0 ve % 5 arasında istatistiksel olarak önemli fark ($P>0.05$) bulunmamasına karşın % 10 FZ ilavesi tat puanını önemli ölçüde ($P<0.05$) düşürmüştür (Çizelge 4.124). Tahıl kepeklerinde lignin ve selülozun fazlaca bulunmasının tat ve yeme esnasında ağız hissini olumsuz etkilediği ve bu nedenle tahıl kepeklerinin kullanılmasını sınırlandırdığı ifade edilmiştir (Chinma vd, 2015). Anıl (2007) ekmek yapımında % 0, 5 ve 10 oranlarında fındık zarı kullanmış ve ekmeklerin tat değerlendirmesi sonucu fındık zarı ilavesiyle daha az beğenildiğini belirlemiştir. Çalışmamızda benzer olarak nişasta ilavesinin de tat üzerine olumsuz etkisi olmasına rağmen istatistiksel açıdan önemli bir kayıp görülmemiştir (Çizelge 4.126). ÇBN ve ON' nin tat üzerine etkisi benzer olarak görülmüştür (Çizelge 4.125). % 0 ve 10 oranlarında çapraz bağlı ve okside mısır nişastalarının ekmek yapımında kullanıldığı bir çalışmada tat değerlendirmesinde sırasıyla 7.62, 7.53 ve 7.56 puanları kaydedilmiştir.

Panelistler tarafından yapılan genel kabul edilebilirlik sonuçlarına göre (Çizelge 4.121) en çok beğenilen ekşi hamur ekmekleri % 5 FZ + % 5 ON örneği olarak tespit edilmiştir. % 10 FZ + % 5 ON örneği ise en az beğenilen ekmek olmuştur.

Çizelge 4.123' de ekmekler için genel kabul edilebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Buna göre FZ oranının etkisi önemli bulunmuş ($P<0.05$) modifiye nişasta oranı ve modifiye nişasta çeşidi etkileri ise önemli görülmemiştir ($P>0.05$). İnteraksiyonlar incelendiğinde FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi, FZ oranı x modifiye nişasta oranı, modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı ve FZ oranı x modifiye nişasta çeşidi x modifiye nişasta oranı interaksiyonları istatistiksel açıdan önemli görülmemiştir ($P>0.05$).

Diğer duyuşal özelliklere benzer olarak ekmekler genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde FZ' nin artan oranlarına bağılı olarak daha az beğenildiğı ortaya koyulmuştur (Çizelge 4.124). Alaunite vd (2012) ekmek yapımında besinsel lif bakımından zengin teff unu kullanıldığında genel kabul edilebilirliğı azaldığını, Irakli vd (2015) ise pirinç kepeğini kullanmış ancak ekmeklerin daha az beğenildiğini ortaya koymuştur. Benzer olarak Velioğlu vd (2017) ve Anıl (2007) ekmek yapımında findık zarı kullanmış ve findık zarının genel kabul edilebilirliğı olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda ÇBN ve ON arasında belirgin bir fark gözlenmezken (Çizelge 4.125) nişasta ilavesi ortalama değerler dikkate alındığında ekmek beğenirliğini bir miktar düşürmüştür (Çizelge 4.126).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada buğday ununa fındık zarı (% 0, 5 ve 10), çapraz bağlı ve okside nişasta (% 0, 3 ve 5) ilaveleri yapılmış olup elde edilen un karışımlarının özellikleri ve hamur reolojik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte un karışımları kullanılarak ekşi hamur ekmekleri üretilmiş ve ekmek kalitesi ve besinsel nitelikleri tespit edilmiştir.

Fındık zarı ilavesi ile un karışımlarında kül miktarının artış gösterdiği, pH' nın düştüğü ve toplam asitliğin arttığı gözlenmiştir. Modifiye nişasta ilavelerinin ise nem, kül, pH ve toplam asitlik üzerine önemli etkileri görülmemiştir ($P>0.05$). Unlarda protein oranının fındık zarı ve modifiye nişastanın düşük protein içerikleri nedeni ile unda protein oranını düşürdükleri belirlenmiştir. Farinograf ölçümlerinde su absorpsiyonu, stabilite, yumuşama derecesi, yoğurma toleransı ve yumuşama süresinin fındık zarı oranları ile birlikte kademeli olarak geliştiği gözlenmiştir. Aynı parametreler dikkate alındığında okside nişastanın çapraz bağlı nişastaya göre daha olumlu etkileri görülmüştür. Mikroekstensograf ölçümlerine fındık zarının artan oranları ile birlikte uzamaya karşı direnç artarken hamur esnekliğini kaybetmiş ve uzama kabiliyeti olumsuz etkilenmiştir. Modifiye nişasta kullanımı ise gluteni seyreltici etkisinden dolayı uzamaya karşı direnci önemli derecede düşürmüştür ($P<0.05$). Fındık zarının % 5 ilavesiyle gaz üretim gücü olumlu gelişmesine rağmen % 10 oranı ile tekrar düşüş yaşanmıştır. Fındık zarının bu etkisi ekmek hacmine de yansımış olup en yüksek hacimli ekmekler % 5 fındık zarı oranı ile elde edilmiştir. Fındık zarı aynı zamanda daha dayanıklı jel oluşumuna neden olmakla birlikte nişasta jelatinizasyonunu güçleştirerek maksimum viskozite süresi ve jelatinizasyon sıcaklığını artırmıştır. Çapraz bağlı nişasta ise okside nişastaya göre daha kuvvetli ve dayanıklı jel oluşumuna neden olmuştur. Fındık zarı hem ekmek kabuğu hem de ekmek içinde esmer renge neden olmuş ancak modifiye nişastaların her ikisinde de önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Modifiye nişasta kullanımı ile birlikte ekmek hacmi bir miktar azalmasına rağmen önemli bir kayıp söz konusu olmamıştır. Ekmek dilimlerinde yapılan ölçümlerde % 5 fındık zarı ile en yüksek dilim alını ve gözenek sayısı değerleri elde edilmiştir. Modifiye nişasta ilavesinin dilim alanı, gözenek sayısı, dilim çevre uzunluğu ve kabuk kalınlığı üzerine önemli etkisi olmamış ayrıca çapraz

bağlı nişasta ve okside nişasta arasında önemli fark tespit edilmemiştir ($P>0.05$). Ekşi hamur ekmeklerinde dokusal (tekstürel) özellikler üzerine depolama süresi ve fındık zarının etkileri önemli bulunmuş, sertlik ve çiğnenebilirliğin depolama süresince artış gösterdiği ve esnekliğin azaldığı gözlenmiştir. Fındık zarı ise ekmeklerde önemli ölçüde sertliğe neden olmuş ve çiğnenebilirliği olumsuz etkilemiştir. Ekşi hamur ekmeği üretiminde modifiye nişasta ilavesi ile ekstrakte edilebilir ve hidrolize edilebilir fenolik madde içeriği önemli ölçüde değişmezken, fındık zarı yüksek fenolik içeriği nedeniyle önemli derecede artışa neden olmuştur. Benzer sonuçlar antioksidan kapasite sonuçları için de geçerli olmakla birlikte modifiye nişastanın seyreltici etkisinden dolayı önemsiz düzeyde azalma meydana gelmiştir. Fındık zarı ilavesi ile birlikte çözünür ve çözünmeyen lif miktarlarında doğrusal olarak artış gözlenmiştir. Fındık zarının yüksek lif içeriği nedeniyle ekşi hamur ekmeklerinde toplam nişasta, hızlı sindirilebilir nişasta, yavaş sindirilebilir nişasta ve tahmini glisemik indeks değerlerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Her iki modifiye nişasta çeşidinin de hızlı sindirilebilir nişastayı düşürdüğü belirlenirken okside nişastanın hızlı sindirilebilir nişastayı düşürmede daha etkili olduğu anlaşılmıştır. Çapraz bağlı nişasta ve okside nişastanın fındık zarı bulunmayan örneklerde yavaş sindirilebilir nişastayı önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir. Böylece her iki nişasta çeşidinin de enzimlere karşı direnç gösterdiği düşünülmektedir. Buna karşın FZ bulunan örneklerde ise yavaş sindirilebilir nişastayı her iki nişasta çeşidi de azaltmış, dirençli nişasta miktarları ise yükselmiştir. Modifiye nişastaların fındık zarında bulunan fenoliklerle kompleksler oluşturarak dirençli nişastayı artırdığı ve böylece yavaş sindirilebilir nişastada azalmaya yol açtığı düşünülmekle birlikte okside nişastanın bu interaksyonda daha etkin olduğu görülmüştür. Tahmini glisemik indeks sonuçlarına göre fındık zarı, çapraz bağlı nişasta ve okside nişastanın olumlu yönde etkileri tespit edilmiş ve fındık zarı ile okside nişastanın beraber kullanımıyla en düşük tahmini glisemik indeks değerlerine ulaşılmıştır. Duyusal değerlendirmede fındık zarı içeren örnekler panelistler tarafından daha az beğenilmiştir. Modifiye nişasta çeşitleri arasında belirgin farklılıklar gözlenmezken her iki çeşidin de ekmek içi görünüş değerlendirmesinde aynı ölçüde beğenildiği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabilir;

- a) Fındık zarının hamur reolojisi açısından olumlu etkileri bulunmasına karşın yüksek oranlarda hamur esnekliğini ve gaz üretim gücünü azaltması sebebiyle uygun kullanım oranıyla hamur reolojisine katkıda bulunabilir.
- b) Modifiye nişastaların fenolik bileşiklerle etkileşim halinde olduğu görülmüştür ve bu etkileşimlerin daha iyi anlaşılması amacıyla ileri çalışmalar yapılabilir.
- c) *In vitro* testlerin olumlu sonuçları nedeniyle canlı organizmadaki etkilerinin anlaşılabilmesi için *in vivo* çalışmalar yapılabilir.



KAYNAKLAR

- AACC 2001. The definition of dietary fibre, AACC Report. *Cereal Food World*, 46:3, 112-126 pp.
- AACC 2010. Approved methods of the American association of cereal chemists. 11th Ed. Method 08-01.01. Ash-Basic method. Approved April 13, 1961. Method 44-15.02. Moisture-Air-oven methods. Approved April 13, 1961. revised November 3, 1999. Method 02-52.01. Hydrogen-Ion Activity (pH)-Electrometric Method. Approved April 13, 1961, revised November 3, 1999. Method 02-31.01 Titratable Acidity. Approved November 8, 2000. Method 46-30.01. Crude protein-Combustion method. Approved September 2012. Method 38-12.02. Wet gluten and gluten index. Approved April 13, 1961, revised November 3, 1999. Method 56-60.01 Sedimentation. Approved November 2, 1972, revised November 3, 1999. Method 56-60.01 Falling number. Approved October 26, 1994, revised November 3, 1999. Method 89-01.01 Yeast activity, Gas production. Approved November 8, 1995. Method 54-21.02. Rheological behavior of flour by farinograph: Constant flour weight procedure. Approved April 13, 1961. Method 10-05.01. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. Approved October 17, 2001. Method 10-09.01. Basic straight-dough bread-baking method-Long fermentation. Available online only. AACCI: St. Paul, MN, USA.
- Abdul-Hamid, A. and Luan, Y. S. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68:1, 15-19.
- Acar, J. and Gökmen, V. 1998. *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, , 435-452, Ankara.
- Adebawale, K. O., Afolabi, T. A. and Olu-Owolabi, B. I. 2006. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. *Carbohydrate Polymers*, 65:1, 93-101.
- Adeleye, O. O., Ologhobo, A. D. and Iji, P. A. 2014. Prediction of starch hydrolysis in natian starches studied *in vitro*. *Starch - Stärke*, 66:5-6, 502-507.
- Adom, K. K. and Liu, R. H. 2002. Antioxidant activity of grains. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50:21, 6182-6187.
- Ak, K. 2005. Asit modifiye nişasta üretimi ve karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 53, Ankara.
- Akgün, F. B. 2007. Ekşi hamur tozu eldesi ve ekmek üretiminde kullanılabilme olanakları. Yüksek lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 59, Denizli.
- Akram, N., Pasha, I., Huma, N. and Asghar, M. 2017. Effect of modified cereal starches on dough and bread quality. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 54:1, 145-151.

- Akubor, P., Isolokwu, P., Ugbane, O. and Onimawo, I. 2000. Proximate composition and functional properties of African breadfruit kernel and flour blends. *Food Research International*, 33:8, 707-712.
- Alasalvar, C., Karamać, M., Amarowicz, R. and Shahidi, F. 2006. Antioxidant and antiradical activities in extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut green leafy cover. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:13, 4826-4832.
- Alasalvar, C., Karamac, M., Kosinska, A., Rybarczyk, A., Shahidi, F. and Amarowicz, R. 2009. Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:11, 4645-4650.
- Alasalvar, C., Pelvan, E. and Amarowicz, R. 2010. Effects of roasting on taste-active compounds of Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:15, 8674-8679.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M. and Ohshima, T. 2003. Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:13, 3790-3796.
- Alaunyte, I., Stojceska, V., Plunkett, A., Ainsworth, P. and Derbyshire, E. 2012. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. *Journal of Cereal Science*, 55:1, 22-30.
- Altamirano-Fortoul, R., Le-Bail, A., Chevallier, S. and Rosell, C. M. 2012. Effect of the amount of steam during baking on bread crust features and water diffusion. *Journal of Food Engineering*, 108:1, 128-134.
- Alviola, J., Jondiko, T. and Awika, J. 2010. Effect of cross-linked resistant starch on wheat tortilla quality. *Cereal Chemistry*, 87:3, 221-225.
- Alviola, J. N., Jondiko, T. O. and Awika, J. M. 2012. Effect of strong gluten flour on quality of wheat tortillas fortified with cross-linked resistant starch. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36:1, 38-45.
- Amarowicz, R., Troszyńska, A., Barylko-Pikielna, N. and Shahidi, F. 2004. Polyphenolics extracts from legume seeds: correlations between total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. *Journal of Food Lipids*, 11:4, 278-286.
- Amoako, D. and Awika, J. M. 2016a. Polyphenol interaction with food carbohydrates and consequences on availability of dietary glucose. *Current Opinion in Food Science*, 8, 14-18.
- Amoako, D. B. and Awika, J. M. 2016b. Polymeric tannins significantly alter properties and *in vitro* digestibility of partially gelatinized intact starch granule. *Food Chemistry*, 208, 10-17.
- Anıl, M. 2007. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, 80:1, 61-67.

- Anıl, M. 2012. Effects of wheat bran, corn bran, rice bran and oat bran supplementation on the properties of pide. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36:3, 276-283.
- Anonim 2001. Food additives permitted in food for human consumption (Food starch modified Title: 21. Chapter 1, Part 172, Sect 172.892), Government Printing Office, Washington, DC, USA
- Ao, Z., Simsek, S., Zhang, G., Venkatachalam, M., Reuhs, B. L. and Hamaker, B. R. 2007. Starch with a slow digestion property produced by altering its chain length, branch density, and crystalline structure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:11, 4540-4547.
- AOAC 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International, twentieth ed. AOAC 54 International, Gaithersburg, Maryland, USA.
- AOCS 1998. Official Methods of Analysis, 16th Ed. Method Ba 3-38. American Oil Chemists' Society: Arlington, VA, USA.
- Ashwar, B. A., Gani, A., Shah, A., Wani, I. A. and Masoodi, F. A. 2016. Preparation, health benefits and applications of resistant starch-a review. *Starch - Stärke*, 68:3-4, 287-301.
- Asiyanbi-Hammed, T. T. and Simsek, S. 2018. Comparison of physical and chemical properties of wheat flour, fermented yam flour, and unfermented yam flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42:12.
- Bae, I. Y., Choi, A. S. and Lee, H. G. 2016. Impact of buckwheat flavonoids on *in vitro* starch digestibility and noodle-making properties. *Cereal Chemistry Journal*, 93:3, 299-305.
- Bai, Y., Findlay, B., Maldonado, A. F., Schieber, A., Vederas, J. C. and Ganzle, M. G. 2014. Novel pyrano and vinylphenol adducts of deoxyanthocyanidins in sorghum sourdough. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62:47, 11536-11546.
- Baiano, A., Viggiani, I., Terracone, C., Romaniello, R. and Del Nobile, M. A. 2015. Phenolic content, physical and sensory properties of breads made with different types of barley wort. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95:13, 2736-2741.
- Bajerska, J., Rosell, C. M. and El Sheikha, A. F. 2015. *Bread and its fortification: nutrition and health benefits*. CRC Press,
- Balic, R., Miljkovic, T., Ozsisli, B. and Simsek, S. 2017. Utilization of modified wheat and tapioca starches as fat replacements in bread formulation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41:1.
- Banu, I., Măcelaru, I. and Aprodu, I. 2017. Bioprocessing for improving the rheological properties of dough and quality of the wheat bread supplemented with oat bran. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41:5.

- Barros, F., Awika, J. and Rooney, L. W. 2014. Effect of molecular weight profile of sorghum proanthocyanidins on resistant starch formation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94:6, 1212-1217.
- Barros, F., Awika, J. M. and Rooney, L. W. 2012. Interaction of tannins and other sorghum phenolic compounds with starch and effects on *in vitro* starch digestibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:46, 11609-11617.
- Bartkiene, E., Schleining, G., Juodeikiene, G., Vidmantienė, D., Krungleviciute, V., Rekštyte, T., Basinskiene, L., Stankevicius, M., Akuneca, I., Ragazinskiene, O. and Maruska, A. 2014. The influence of lactic acid fermentation on biogenic amines and volatile compounds formation in flaxseed and the effect of flaxseed sourdough on the quality of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 56:2, 445-450.
- Bashir, K. and Aggarwal, M. 2019. Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. *Journal of food science and technology*, 56:2, 513-523.
- Belghith, F. L., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz Chaabouni, S. and Ghribi-Aydi, D. 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 584-591.
- Belitz, H. D., Grosch, W. and Schieberle, P. 2009. *Cereals and Cereal Products*. Springer, 670-745,
- Bemiller, J. N. and Whistler, R. L. 2009. *Starch Chemistry and Technology*. Academic Press, USA, 853 pp,
- Bender, D., Fraberger, V., Szepasvari, P., D'Amico, S., Tomoskozi, S., Cavazzi, G., Jager, H., Domig, K. J. and Schoenlechner, R. 2018. Effects of selected lactobacilli on the functional properties and stability of gluten-free sourdough bread. *Eur Food Res Technol*, 244:6, 1037-1046.
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical biochemistry*, 239:1, 70-76.
- Bertolini, A. 2010. *Starches Characterization, Properties, and Applications*. CRC Press, 271,
- Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V. and Zeppa, G. 2015. Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 63:2, 1145-1154.
- Berton, B., Scher, J., Villieras, F. and Hardy, J. 2002. Measurement of hydration capacity of wheat flour: influence of composition and physical characteristics. *Powder Technology*, 128:2-3, 326-331.

- Biçer, P. 2011. Su tutma kapasitesine etki eden bazı ticari ürünlerin hamur reolojisi ve ekmek özellikleri üzerine etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 93
- Bilgiçli, N. 2013. Some chemical and sensory properties of gluten-free noodle prepared with different legume, pseudocereal and cereal flour blends. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52:4, 251-255.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E. N., Ertaş, N. and İbanoğlu, Ş. 2006. Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77:3, 680-686.
- Bourekoua, H., Rózyło, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N. and Dziki, D. 2017. Evaluation of physical, sensorial, and antioxidant properties of gluten-free bread enriched with Moringa Oleifera leaf powder. *European Food Research and Technology*, 244:2, 189-195.
- Bravo, L., Englyst, H. N. and Hudson, G. J. 1998. Nutritional evaluation of carbohydrates in the Spanish diet: Non-starch polysaccharides and *in vitro* starch digestibility of breads and breakfast products. *Food Research International*, 31, 129-135.
- Brennan, C. S., Blake, D. E., Ellis, P. R. and Schofield, J. D. 1996. Effects of guar galactomannan on wheat bread microstructure and on the *in vitro* and *in vivo* digestibility of starch in bread. *Journal of Cereal Science*, 24:2, 151-160.
- Budhiyanti, S. A., Raharjo, S., Marseno, D. W. and Lelana, I. Y. 2011. Free radical scavenging, metal chelating and singlet oxygen quenching activity of fractionated brown seaweed Sargassum hystrix extract. *Journal of Biological Sciences*, 11:4, 288-298.
- Buksa, K., Nowotna, A. and Ziobro, R. 2016. Application of cross-linked and hydrolyzed arabinoxylans in baking of model rye bread. *Food Chemistry*, 192, 991-996.
- Bustos, A. Y., Gerez, C. L., Mohtar, L. G. M., Zanini, V. I. P., Nazareno, M. A., Taranto, M. P. and Iturriaga, L. B. 2017. Lactic acid fermentation improved textural behaviour, phenolic compounds and antioxidant activity of chia (*Salvia hispanica* L.) dough. *Food Technology and Biotechnology*, 55:3, 381.
- Camelo-Mendez, G. A., Agama-Acevedo, E., Sanchez-Rivera, M. M. and Bello-Perez, L. A. 2016. Effect on *in vitro* starch digestibility of Mexican blue maize anthocyanins. *Food Chem*, 211, 281-284.
- Catzeddu, P. 2011. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Elsevier, 37-46, Amsterdam.
- Chan, H. T., Bhat, R. and Karim, A. A. 2009. Physicochemical and functional properties of ozone-oxidized starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57:13, 5965-5970.

- Chang, Y. H., Lee, Y.-K. and Heo, H. 2017. Effect of cross-linking on physicochemical and *in vitro* digestibility properties of potato starch. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.
- Chattopadhyay, S., Singhal, R. S. and Kulkarni, P. R. 1997. Optimisation of conditions of synthesis of oxidised starch from corn and amaranth for use in film-forming applications. *Carbohydrate Polymers*, 34:4, 203-212.
- Chen, Q., Yu, H., Wang, L., ul Abidin, Z., Chen, Y., Wang, J., Zhou, W., Yang, X., Khan, R. U., Zhang, H. and Chen, X. 2015. Recent progress in chemical modification of starch and its applications. *Rsc Advances*, 5:83, 67459-67474.
- Chen, Y.-X. and Wang, G.-Y. 2006. Adsorption properties of oxidized carboxymethyl starch and cross-linked carboxymethyl starch for calcium ion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 289:1-3, 75-83.
- Chinma, C. E., Anuonye, J. C., Ocheme, O. B., Abdullahi, S., Oni, S., Yakubu, C. M. and Azeez, S. O. 2016. Effect of acha and bambara nut sourdough flour addition on the quality of bread. *LWT - Food Science and Technology*, 70, 223-228.
- Chinma, C. E., Ramakrishnan, Y., Ilowefah, M., Hanis-Syazwani, M. and Muhammad, K. 2015. Properties of cereal brans: A review. *Cereal Chemistry*, 92:1, 1-7.
- Chung, H.-J., Shin, D.-H. and Lim, S.-T. 2008. *In vitro* starch digestibility and estimated glycemic index of chemically modified corn starches. *Food Research International*, 41:6, 579-585.
- Chung, H. J., Lee, S. Y., Kim, J. H., Lee, J. W., Byun, M. W. and Lim, S. T. 2010. Pasting characteristics and *in vitro* digestibility of γ -irradiated RS4 waxy maize starches. *Journal of Cereal Science*, 52:1, 53-58.
- Cikrikci, S., Demirkesen, I. and Mert, B. 2016. Production of hazelnut skin fibres and utilisation in a model bakery product. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 8:2, 195-206.
- Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C. G. and Katina, K. 2017. Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 296-302.
- Contini, M., Baccelloni, S., Frangipane, M. T., Merendino, N. and Massantini, R. 2012. Increasing espresso coffee brew antioxidant capacity using phenolic extract recovered from hazelnut skin waste. *Journal of Functional Foods*, 4:1, 137-146.
- Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R. and Anelli, G. 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. *Food Chemistry*, 110:3, 659-669.
- Contini, M., Baccelloni, S., Massantini, R., Anelli, G., Manzi, L. and Merendino, N. 2009. *In vitro* and *in vivo* antioxidant potential of phenolic extracts obtained from hazelnut skin by-products. *Vii International Congress on Hazelnut*, 845, 717-722.

- Corke, H., De Leyn, I., Nip, W. K. and Cross, N. A. 2006. *Bakery Products Science and Technology*. John Wiley & Sons,
- Corsetti, A., Gobbetti, 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.
- Corsetti, A., Gobbetti, M. and Rossi, J. 1995. Sourdough fermentation in presence of wheat flour integrations with soluble carbohydrates. *MICROBIOLOGIE, ALIMENTS, NUTRITION*, 12, 377-385.
- Crowley, P., Schober, T. J., Clarke, C. I. and Arendt, E. K. 2002. The effect of storage time on textural and crumb grain characteristics of sourdough wheat bread. *European Food Research and Technology*, 214:6, 489-496.
- D'Appolonia, B. 1984. Types of farinograph curves and factors affecting them. *The Farinograph Handbook*, 13-23 pp.
- Davies-Hoes, L. D., Scanlon, M. G., Girgih, A. T. and Aluko, R. E. 2017. Effect of pea flours with different particle sizes on antioxidant activity in pan breads. *Cereal Chemistry Journal*, 94:5, 866-872.
- De Angelis, M., Rizzello, C. G., Alfonsi, G., Arnault, P., Cappelle, S., Di Cagno, R. and Gobbetti, M. 2007. Use of sourdough lactobacilli and oat fibre to decrease the glycaemic index of white wheat bread. *British Journal of Nutrition*, 98:6, 1196-1205.
- De la Peña, E., Ohm, J.-B., Simsek, S. and Manthey, F. A. 2015. Physicochemical changes in nontraditional pasta during cooking. *Cereal Chemistry Journal*, 92:6, 578-587.
- Del Rio, D., Calani, L., Dall'Asta, M. and Brighenti, F. 2011. Polyphenolic composition of hazelnut skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:18, 9935-9941.
- Demirkesen, H. 2013. Kara nohut nişastasından enzimatik yöntemle elde edilen dirençli nişastanın fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71, İstanbul.
- Doblado-Maldonado, A. F., Pike, O. A., Sweley, J. C. and Rose, D. J. 2012. Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science*, 56:2, 119-126.
- Dobraszczyk, B. and Salmanowicz, B. 2008. Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties. *Journal of Cereal Science*, 47:2, 292-301.
- Dona, A. C., Pages, G., Gilbert, R. G. and Kuchel, P. W. 2010. Digestion of starch: *In vivo* and *in vitro* kinetic models used to characterise oligosaccharide or glucose release. *Carbohydrate Polymers*, 80:3, 599-617.

- Dunn, K. L., Yang, L., Girard, A., Bean, S. and Awika, J. M. 2015. Interaction of sorghum tannins with wheat proteins and effect on *in vitro* starch and protein digestibility in a baked product matrix. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63:4, 1234-1241.
- El, S. N. 1999. Determination of glycemic index for some breads. *Food Chemistry*, 67:1, 67-69.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z. 1997. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 411, Erzurum.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M. ve Kotancılar, H. 2002. *Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu*. Atatürk Üniversitesi Yayın, 245, Erzurum.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M. and Cummings, J. H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Ercolini, D., Pontonio, E., De Filippis, F., Minervini, F., La Storia, A., Gobbetti, M. and Di Cagno, R. 2013. Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation. *Applied and Environmental Microbiology*, 79:24, 7827-7836.
- Ertugay, Z., Ergün, A., Aydın, F. ve Kotancılar, G. 1991. Ekmek üretiminde sıvı ferment yönteminin katkı ve süre bakımından optimizasyonu üzerine bir araştırma. *Doğa*, 15, 653-660.
- FAOSTAT 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Erişim tarihi: 06.09.2019)
- Fennema, O. R. 1985. *Food Chemistry*. Marcel Dekker. 2. Ed., pp. 801, New York.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M., Sánchez-Zapata, E. and Pérez-Álvarez, J. 2010. Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, 43:4, 931-942.
- Gamonpilas, C., Pongjaruvat, W., Methacanon, P., Seetapan, N., Fuongfuchat, A. and Klaikherd, A. 2013. Effects of cross-linked tapioca starches on batter viscosity and oil absorption in deep-fried breaded chicken strips. *Journal of Food Engineering*, 114:2, 262-268.
- Gänzle, M. G., Lõponen, J. and Gobbetti, M. 2008. Proteolysis in sourdough fermentations: mechanisms and potential for improved bread quality. *Trends in Food Science & Technology*, 19:10, 513-521.
- Garcia, A. C. D. B. and Leonel, M. 2005. Effect of lactic acid concentration on expansion property of photochemically modified starches. *Ciencia E Agrotecnologia*, 29:3, 629-634.

- Gerez, C. L., Torino, M. I., Rollán, G. and Font de Valdez, G. 2009. Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties. *Food Control*, 20:2, 144-148.
- Giannone, V., Longo, C., Damigella, A., Raspagliesi, D., Spina, A. and Palumbo, M. 2010. Technological properties of bakers' yeasts in durum wheat semolina dough. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 37:4, 371-379.
- Girard, A. L., Castell-Perez, M. E., Bean, S. R., Adrianos, S. L. and Awika, J. M. 2016. Effect of condensed tannin profile on wheat flour dough rheology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64:39, 7348-7356.
- Gobbetti, M., Corsetti, A. and Rossi, J. 1995. Interaction between lactic acid bacteria and yeasts in sour-dough using a rheofermentometer. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11:6, 625-630.
- Göçmen, D. 2001. Ekşi hamur ve laktik starter kullanımının ekmekte aroma oluşumu üzerine etkileri. *Gıda*, 26:1, 13-16.
- Göçmen, D. ve Gürbüz, O. 2000. Fırıncılık ürünlerinde sünme küf oluşumunun önlenmesinde kimyasal koruyucu ve laktik starter kullanımı. *Dünya Gıda*, 6, 84-87.
- Golom, S. T. 2012. Effects of *in vitro* gastrointestinal digestion on extractability of nutrient and bioactive compounds from wheat bran. Master of Science, University of Manitoba Department of Food Science, 194, Canada.
- Gomez-Haro Aceves, R. E. d. I. L. 2004. Rheology and NMR spectroscopy studies of commercial wheat gluten doughs.
- Gómez, M., González, J. and Oliete, B. 2012. Effect of extruded wheat germ on dough rheology and bread quality. *Food and Bioprocess Technology*, 5:6, 2409-2418.
- Gómez, M., Jiménez, S., Ruiz, E. and Oliete, B. 2011. Effect of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 44:10, 2231-2237.
- Granfeldt, Y., Bjorck, I., Drews, A. and Tovar, J. 1992. An *in vitro* procedure based on chewing to predict metabolic response to starch in cereal and legume products. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46:9, 649-660.
- Granza, A. G., Hornung, P. S., Zielinski, A. A. F., Nogueira, A., Schnitzler, E. and Demiate, I. M. 2018. Gluten-free baked foods with extended shelf-life. *Journal of food science and technology*, 55:8, 3035-3045.
- Gujral, H. S., Sharma, B. and Khatri, M. 2018. Influence of replacing wheat bran with barley bran on dough rheology, digestibility and retrogradation behavior of chapatti. *Food Chemistry*, 240, 1154-1160.
- Gunawardena, D., Govindaraghavan, S. and Münch, G. 2014. *Polyphenols in Human Health and Disease*. Elsevier, 409-425.

- Han, J.-A. and BeMiller, J. N. 2007. Preparation and physical characteristics of slowly digesting modified food starches. *Carbohydrate Polymers*, 67:3, 366-374.
- Haralampu, S. 2000. Resistant starch-a review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*, 41:3, 285-292.
- Hazarika, B. J. and Sit, N. 2016. Effect of dual modification with hydroxypropylation and cross-linking on physicochemical properties of taro starch. *Carbohydrate Polymers*, 140, 269-278.
- Hider, R. C., Liu, Z. D. and Khodr, H. H. 2001. *Methods in Enzymology*. Elsevier, 190-203.
- Hilbig, J., de Britto Policarpi, P., de Souza Grinevicius, V. M. A., Mota, N. S. R. S., Toaldo, I. M., Luiz, M. T. B., Pedrosa, R. C. and Block, J. M. 2018. Aqueous extract from pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch] shell show activity against breast cancer cell line MCF-7 and Ehrlich ascites tumor in Balb-C mice. *Journal of ethnopharmacology*, 211, 256-266.
- Hirsch, J. B. and Kokini, J. L. 2002. Understanding the mechanism of cross-linking agents (POCl₃, STMP, and EPI) through swelling behavior and pasting properties of cross-linked waxy maize starches. *Cereal Chemistry*, 79:1, 102-107.
- Hosta, H. G. 2012. Farklı baklagil unları ile zenginleştirilmiş glutensiz pirinç erişitelerinin kalite ve bazı besinsel özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hughes, T., Hoover, R., Liu, Q., Donner, E., Chibbar, R. and Jaiswal, S. 2009. Composition, morphology, molecular structure, and physicochemical properties of starches from newly released chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars grown in Canada. *Food Research International*, 42:5-6, 627-635.
- Ibrahim, O. 2016. Influence of corn and millet starches as fat substitutes on cake quality. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5:5.
- İpek, Ö. 2017. Türkiye'deki değişik yörelerden sağlanan ekşi hamurdan izole edilen ekmek mayalarının teknolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 46, Ankara.
- Irakli, M., Katsantonis, D. and Kleisaris, F. 2015. Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 74-80.
- Jakobek, L. 2015. Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipids and proteins. *Food Chemistry*, 175, 556-567.
- Jefferson, D., Lacey, A. and Sadd, P. 2006. Understanding crust formation during baking. *Journal of Food Engineering*, 75:4, 515-521.
- Júnior, M. S. S., Bassinello, P. Z., Lacerda, D. B. C. L., Koakuzu, S. N., Gebin, P. F. C., de Lima Junqueira, T. and Gomes, V. A. 2008. Technological and physical

- characteristics of breads made with toasted rice meal. *Semina: Ciências Agrárias*, 29:4, 815-828.
- Kajala, I., Shi, Q., Nyssola, A., Maina, N. H., Hou, Y., Katina, K., Tenkanen, M. and Juvonen, R. 2015. Cloning and characterization of a *Weissella confusa* dextranucrase and its application in high fibre baking. *Plos One*, 10:1, e0116418.
- Kang, N., Reddy, C. K., Park, E. Y., Choi, H.-D. and Lim, S.-T. 2018. Antistaling effects of hydrocolloids and modified starch on bread during cold storage. *LWT - Food Science and Technology*, 96, 13-18.
- Karadeniz, D. 2007. Farklı besinsel lif kaynaklarının ve hidrokolloidlerin erişte üretiminde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun. (67).
- Karaduman, Y. 2013. Seçilmiş yumuşak ekmeklik buğday hatlarında bisküvilik kalite özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 324, Ankara.
- Karaman, K., Sagdic, O. and Durak, M. Z. 2018. Use of phytase active yeasts and lactic acid bacteria isolated from sourdough in the production of whole wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 91, 557-567.
- Katina, K. 2005. *Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread*. VTT technical research centre of Finland Vtt Publications, 76, Finland.
- Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K. H., Autio, K., Flander, L. and Poutanen, K. 2005. Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science & Technology*, 16:1-3, 104-112.
- Khalid, K. H., Ohm, J.-B. and Simsek, S. 2017. Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality. *Journal of Cereal Science*, 78, 48-56.
- Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M. H. and Graveland, A. 1998. Correlations of the breadmaking performance of wheat flour with rheological measurements on a micro-scale. *Journal of Cereal Science*, 27:1, 53-60.
- Kim, K., Tsao, R., Yang, R. and Cui, S. 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95:3, 466-473.
- Kim, S. Y., Han, J. H., Song, Y. and Lee, S. K. 2003. The effects of the ash content in flour on the rheological properties of frozen dough. *Applied Biological Chemistry*, 46:1, 39-45.
- Komulainen, S., Diaz, E., Kärkkäinen, J., Pursiainen, J., Perämäki, P. and Lajunen, M. 2014. Water-soluble oxidized starch in complexation of Fe (III), Cu (II), Ni (II) and Zn (II) ions. *Reactive and Functional Polymers*, 83, 123-131.

- Kotancilar, H. G., Gerçekekaslan, K. E. and Karaoğlulu, M. 2008. Effects of loaf weight and storage time on the qualitative properties of white and traditional Vakfikebir breads. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32:5, 459-467.
- Kuakpetoon, D. and Wang, Y.-J. 2001. Characterization of different starches oxidized by hypochlorite. *Starch - Stärke*, 53:5, 211-218.
- Kuakpetoon, D. and Wang, Y. J. 2006. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylose content. *Carbohydrate Research*, 341:11, 1896-1915.
- Küçükçuban, A. 2012. Sıvı ekşi hamur sistemi için uygun laktik asit bakteri kombinasyonunun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 85, Denizli.
- Kurek, M. A., Wyrwicz, J., Karp, S. and Wierzbicka, A. 2018. Effect of fiber sources on fatty acids profile, glycemic index, and phenolic compound content of *in vitro* digested fortified wheat bread. *Journal of food science and technology*, 55:5, 1632-1640.
- Kweon, D.-K., Choi, J.-K., Kim, E.-K. and Lim, S.-T. 2001. Adsorption of divalent metal ions by succinylated and oxidized corn starches. *Carbohydrate Polymers*, 46:2, 171-177.
- Larsson, M. and Sandberg, A. S. 1991. Phytate reduction in bread containing oat flour, oat bran or rye bran. *Journal of Cereal Science*, 14, 141-149.
- Lebesi, D. M. and Tzia, C. 2011. Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4:5, 710-722.
- Lee Yeo, L. and Seib, P. A. 2009. White pan bread and sugar-snap cookies containing wheat starch phosphate, a cross-linked resistant starch. *Cereal Chemistry*, 86:2, 210-220.
- Lehmann, U. and Robin, F. 2007. Slowly digestible starch – its structure and health implications: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18:7, 346-355.
- Light, J. M. 1990. Modified food starches: Why, what, where, and how. *Cereal Foods World*, 35, 1081-1092.
- Liljeberg, H. G. and Bjorck, I. M. 1996. Delayed gastric emptying rate as a potential mechanism for lowered glycemia after eating sourdough bread: studies in humans and rats using test products with added organic acids or an organic salt. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64:6, 886-893.
- Liu, H., Ramsden, L. and Corke, H. 1999. Physical properties of cross-linked and acetylated normal and waxy rice starch. *Starch - Stärke*, 51:7, 249-252.
- Liu, R. H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. *Journal of Cereal Science*, 46, 207-219.

- López-Amorós, M., Hernández, T. and Estrella, I. 2006. Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19:4, 277-283.
- Malalgoda, M., Ohm, J.-B., Meinhardt, S., Chao, S. and Simsek, S. 2017. Cluster analysis of historical and modern hard red spring wheat cultivars based on parentage and hplc analysis of gluten-forming proteins. *Cereal Chemistry Journal*, 94:3, 560-567.
- Mata-Ramírez, D., Serna-Saldívar, S. O., Villela-Castrejón, J., Villaseñor-Durán, M. C. and Buitimea-Cantúa, N. E. 2018. Phytochemical profiles, dietary fiber and baking performance of wheat bread formulations supplemented with Roselle (*Hibiscus sabdariffa*). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12:4, 2657-2665.
- Mildner-Szkudlarz, S., Zawirska-Wojtasiak, R., Szwengiel, A. and Pacynski, M. 2011. Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 46:7, 1485-1493.
- Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. and Kanter, M. 2000. Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, 19, 312-319.
- Miller, R. A. and Bianchi, E. 2017. Effect of RS4 resistant starch on dietary fiber content of white pan bread. *Cereal Chemistry Journal*, 94:2, 185-189.
- Minervini, F., De Angelis, M., Di Cagno, R., Pinto, D., Siragusa, S., Rizzello, C. G. and Gobbetti, M. 2010. Robustness of *Lactobacillus plantarum* starters during daily propagation of wheat flour sourdough type I. *Food Microbiology*, 27:7, 897-908.
- Miyazaki, M., Maeda, T. and Morita, N. 2008. Bread quality of frozen dough substituted with modified tapioca starches. *European Food Research and Technology*, 227:2, 503-509.
- Montella, R., Coisson, J. D., Travaglia, F., Locatelli, M., Malfa, P., Martelli, A. and Arlorio, M. 2013. Bioactive compounds from hazelnut skin (*Corylus avellana* L.): Effects on *Lactobacillus plantarum* P17630 and *Lactobacillus crispatus* P17631. *Journal of Functional Foods*, 5:1, 306-315.
- Moongngarm, A., Srijinda, P., Paseephol, T., Samana, S. and Martphutorn, N. 2015. Effect of heat moisture treatment using different solvents and incubation times on resistant starch formation of rice flour. *American Journal of Applied Sciences*, 12:8, 560-566.
- Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., Frutos, M. J., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Lambré, C., Leblanc, J. C., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Parent-Massin, D., Oskarsson, A., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Wright, M., Younes, M., Tobback, P., Horvath, Z., Tasiopoulou, S. and Woutersen, R. A. 2017. Re-evaluation of oxidised starch (E 1404), monostarch phosphate (E 1410), distarch phosphate (E 1412),

- phosphated distarch phosphate (E 1413), acetylated distarch phosphate (E 1414), acetylated starch (E 1420), acetylated distarch adipate (E 1422), hydroxypropyl starch (E 1440), hydroxypropyl distarch phosphate (E 1442), starch sodium octenyl succinate (E 1450), acetylated oxidised starch (E 1451) and starch aluminium octenyl succinate (E 1452) as food additives. *EFSA Journal*, 15:10.
- Nindjin, C., Amani, G. and Sindic, M. 2011. Effect of blend levels on composite wheat doughs performance made from yam and cassava native starches and bread quality. *Carbohydrate Polymers*, 86:4, 1637-1645.
- Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X. and Dubat, A. 2017. Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 342-348.
- Noort, M. W. J., van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H. A. and Hamer, R. J. 2010. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52:1, 59-64.
- Odabaş, H. İ. 2013. Farklı yöntemlerle fındık zarından antioksidan ekstraksiyonunun optimizasyonu. Yüksek lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 115, Samsun.
- Omoba, O. S., Taylor, J. R. N. and de Kock, H. L. 2015. Sensory and nutritive profiles of biscuits from whole grain sorghum and pearl millet plus soya flour with and without sourdough fermentation. *International Journal of Food Science & Technology*, 50:12, 2554-2561.
- Östman, E. M., Nilsson, M., Liljeberg Elmståhl, H. G. M., Molin, G. and Björck, I. M. E. 2002. On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and *in vitro*. *Journal of Cereal Science*, 36:3, 339-346.
- Ova, G. ve Erkek, J. 2002. *Nışasta esaslı gıdalarda doku ve ölçümü*. Gaziantep Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 566-573, Gaziantep.
- Özdemir, K. S., Yılmaz, C., Durmaz, G. and Gökmen, V. 2014. Hazelnut skin powder: A new brown colored functional ingredient. *Food Research International*, 65, 291-297.
- Özkaya, B. 1995. Bisküvi üretiminde kullanılacak unların değerlendirilmesi. *Un Mamulleri Dünyası*, 4:4, 35-42.
- Özyurt, V. H. 2013. Fındık zarı ve keçiyoynuzu fenolik bileşiklerinin ve diyet lifinin ultrasonik ve klasik ekstraksiyon eldelerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 157, İzmir.
- Pamir, H. 1985. *Fermantasyon Mikrobiyolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, 321, Ankara.
- Pareyt, B., Finnie, S. M., Putseys, J. A. and Delcour, J. A. 2011. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. *Journal of Cereal Science*, 54:3, 266-279.

- Patil, S. K. 2004. Resistant starches as low-carb ingredients-current applications and issues. *Cereal Foods World*, 49:5, 292.
- Pelvan, E., Alasalvar, C. and Uzman, S. 2012. Effects of roasting on the antioxidant status and phenolic profiles of commercial Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60:5, 1218-1223.
- Perten, H. 1990. Rapid measurement of wet gluten quality by the gluten index. *Cereal Foods World*, 35:4, 401-402.
- Pimpa, B., Kharidah, S., Muhammad, S., Hassan, M. A., Ghazali, Z., Hashim, K. and Kanjanasopa, D. 2007. Effect of electron beam irradiation on physico- chemical properties of sago starch. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 29:3, 759-768.
- Raben, A., Andersen, K., Karberg, M. A., Holst, J. J. and Astrup, A. 1997. Acetylation of or beta-cyclodextrin addition to potato beneficial effect on glucose metabolism and appetite sensations. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66:2, 304-314.
- Ragaei, S., Guzar, I., Dhull, N. and Seetharaman, K. 2011. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 44:10, 2147-2153.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. and Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26:9-10, 1231-1237.
- Rieder, A., Holtekjølen, A. K., Sahlstrøm, S. and Moldestad, A. 2012. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 55:1, 44-52.
- Rodriguez-Ramiro, I., Brearley, C. A., Bruggaber, S. F., Perfecto, A., Shewry, P. and Fairweather-Tait, S. 2017. Assessment of iron bioavailability from different bread making processes using an *in vitro* intestinal cell model. *Food Chemistry*, 228, 91-98.
- Rodriguez-Sandoval, E., Otálvaro-Arenas, J. A. and Hernandez, V. 2017a. Bread quality of flours substituted with modified cassava starches. *Starch - Stärke*, 69:5-6.
- Rodriguez-Sandoval, E., Prasca-Sierra, I. and Hernandez, V. 2017b. Effect of modified cassava starch as a fat replacer on the texture and quality characteristics of muffins. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11:4, 1630-1639.
- Rodríguez, R., Jimenez, A., Fernández-Bolaños, J., Guillén, R. and Heredia, A. 2006. Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 17:1, 3-15.

- Ronda, F., Rivero, P., Caballero, P. A. and Quilez, J. 2012. High insoluble fibre content increases *in vitro* starch digestibility in partially baked breads. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63:8, 971-977.
- Różyło, R., Rudy, S., Krzykowski, A., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, K. and Skonecki, S. 2015. Effect of adding fresh and freeze-dried buckwheat sourdough on gluten-free bread quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 50:2, 313-322.
- Sabanis, D., Makri, E. and Doxastakis, G. 2006. Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagne. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:12, 1938-1944.
- Sajilata, M. and Singhal, R. 2005. Specialty starches for snack foods. *Carbohydrate Polymers*, 59:2, 131-151.
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S. and Kulkarni, P. R. 2006. Resistant starch—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5:1, 1-17.
- Salas-Salvadó, J., Bulló, M., Pérez-Heras, A. and Ros, E. 2006. Dietary fibre, nuts and cardiovascular diseases. *British Journal of Nutrition*, 96:S2, S45-S51.
- Sandhu, H. P., Manthey, F. A. and Simsek, S. 2011a. Quality of bread made from ozonated wheat (*Triticum aestivum* L.) flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91:9, 1576-1584.
- Sandhu, H. P. S., Manthey, F. A., Simsek, S. and Ohm, J. B. 2011b. Comparison between potassium bromate and ozone as flour oxidants in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 88:1, 103-108.
- Sangseethong, K., Termvejsayanon, N. and Sriroth, K. 2010. Characterization of physicochemical properties of hypochlorite- and peroxide-oxidized cassava starches. *Carbohydrate Polymers*, 82:2, 446-453.
- Scanlon, M. and Zghal, M. 2001. Bread properties and crumb structure. *Food Research International*, 34:10, 841-864.
- Schleining, G., Zenz, H. and Wolf, J. 1995. Investigations about sourdough for wheat bread using bacterial starter cultures. *Ernahrung*, 19, 464-468.
- Segura, M. E. and Rosell, C. M. 2011. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66:3, 224-230.
- Serinyel, G. 2013. Enzyme dirençli nişastanın yağ ikame edici özelliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 69, Sakarya.
- Shahidi, F., Alasalvar, C. and Liyana-Pathirana, C. M. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:4, 1212-1220.
- Shukri, F. S. A., Refai, S. A., Shukri, R., Muhammad, K., Mustapha, N. A., Ibadullah, W. Z. W. and Ramli, N. S. 2017. Dough rheology and physicochemical

- properties of steamed buns fortified with cross-linked rice starch. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 12, 1-6.
- Shukri, R. and Shi, Y.-C. 2015. Physiochemical properties of highly cross-linked maize starches and their enzymatic digestibilities by three analytical methods. *Journal of Cereal Science*, 63, 72-80.
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczynskyj, N. and Spier, M. R. 2018. Overview of sourdough technology: From production to marketing. *Food and Bioprocess Technology*, 11:2, 242-270.
- Simsek, S. 2009. Application of xanthan gum for reducing syruing in refrigerated doughs. *Food Hydrocolloids*, 23:8, 2354-2358.
- Simsek, S., Ovando-Martinez, M., Whitney, K. and Bello-Perez, L. A. 2012. Effect of acetylation, oxidation and annealing on physicochemical properties of bean starch. *Food Chemistry*, 134:4, 1796-1803.
- Singh, J., Kaur, L. and McCarthy, O. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food Hydrocolloids*, 21:1, 1-22.
- Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. *Methods in Enzymology*. Academic Press, 152-178.
- Sluimer, P. 2005. Principles of breadmaking: functionality of raw materials and process steps. *American Association of Cereal Chemists*.
- Sozer, N., Cicerelli, L., Heiniö, R.-L. and Poutanen, K. 2014. Effect of wheat bran addition on *in vitro* starch digestibility, physico-mechanical and sensory properties of biscuits. *Journal of Cereal Science*, 60:1, 105-113.
- Sporin, M., Avbelj, M., Kovac, B. and Mozina, S. S. 2018. Quality characteristics of wheat flour dough and bread containing grape pomace flour. *Food Science and Technology International*, 24:3, 251-263.
- Stephen, A. M. and Cummings, J. H. 1980. Mechanism of action of dietary fibre in the human colon. *Nature*, 284:5753, 283.
- Su, X., Wu, F., Zhang, Y., Yang, N., Chen, F., Jin, Z. and Xu, X. 2019. Effect of organic acids on bread quality improvement. *Food Chemistry*, 278, 267-275.
- Sui, Z., Yao, T., Zhong, J., Li, Y., Kong, X. and Ai, L. 2016. Ozonation treatment improves properties of wheat flour and the baking quality of cake. *Philippine Agricultural Scientist*, 99:1.
- Sukhija, S., Singh, S. and Riar, C. S. 2016. Effect of oxidation, cross-linking and dual modification on physicochemical, crystallinity, morphological, pasting and thermal characteristics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. *Food Hydrocolloids*, 55, 56-64.

- Sun-Waterhouse, D., Sivam, A. S., Cooney, J., Zhou, J., Perera, C. O. and Waterhouse, G. I. N. 2011. Effects of added fruit polyphenols and pectin on the properties of finished breads revealed by HPLC/LC-MS and Size-Exclusion HPLC. *Food Research International*, 44:9, 3047-3056.
- Svensson, L., Sekwati-Monang, B., Lutz, D. L., Schieber, A. and Ganzle, M. G. 2010. Phenolic acids and flavonoids in nonfermented and fermented red sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:16, 9214-9220.
- Swieca, M., Seczyk, L., Gawlik-Dziki, U. and Dziki, D. 2014. Bread enriched with quinoa leaves - the influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chemistry*, 162, 54-62.
- TGK 2008. Ekmek ve ekmek çeşitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliğ (Resmî Gazete Tarihi: 04.01.2012, Resmî Gazete Sayısı: 28163, Tebliğ No: 2008/5), Ankara
- Thebaudin, J., Lefebvre, A., Harrington, M. and Bourgeois, C. 1997. Dietary fibres: nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, 8:2, 41-48.
- Tosh, S. M. and Yada, S. 2010. Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International*, 43:2, 450-460.
- Tourino, S., Perez-Jimenez, J., Mateos-Martin, M. L., Fuguet, E., Vinardell, M. P., Cascante, M. and Torres, J. L. 2011. Metabolites in contact with the rat digestive tract after ingestion of a phenolic-rich dietary fiber matrix. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:11, 5955-5963.
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V. and Carcea, M. 2017. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 361-366.
- Ünal, S. 1991. *Hububat Teknolojisi*. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Baskısı, 216, İzmir.
- Ünal, S. ve Boyacıoğlu, M. H. 1984. Hamurun reolojik özellikleri. *Gıda*, 9:1, 13-20.
- Ünal, S. S. ve Boyacıoğlu, M. H. 1985. Ekmeğin reolojik özellikleri. *The Journal of Food*, 10:3, 169-176.
- Van Hung, P. and Morita, N. 2004. Dough properties and bread quality of flours supplemented with cross-linked cornstarches. *Food Research International*, 37:5, 461-467.
- Vanier, N. L., da Rosa Zavareze, E., Pinto, V. Z., Klein, B., Botelho, F. T., Dias, A. R. G. and Elias, M. C. 2012. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite. *Food Chemistry*, 131:4, 1255-1262.

- Vanier, N. L., El Halal, S. L. M., Dias, A. R. G. and da Rosa Zavareze, E. 2017. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. *Food Chemistry*, 221, 1546-1559.
- Velioğlu, S. D., Güner, K. G., Velioğlu, H. M. and Çelikyurt, G. 2017. The use of hazelnut testa in bakery products. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 14:3, 127-139.
- Verardo, V., Gomez-Caravaca, A. M., Messina, M. C., Marconi, E. and Caboni, M. F. 2011. Development of functional spaghetti enriched in bioactive compounds using barley coarse fraction obtained by air classification. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:17, 9127-9134.
- Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., Foley, R., Fanning, K. and Johnson, S. K. 2015. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. *Food Research International*, 76, 58-65.
- Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage - A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives, 46 189-198 (2015).
- Wang, R., Zhou, W., Yu, H.-H. and Chow, W.-F. 2006. Effects of green tea extract on the quality of bread made from unfrozen and frozen dough processes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86:6, 857-864.
- Wang, Y. J. and Wang, L. F. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydrate Polymers*, 52:3, 207-217.
- Whitney, K. and Simsek, S. 2017. Reduced gelatinization, hydrolysis, and digestibility in whole wheat bread in comparison to white bread. *Cereal Chemistry Journal*.
- WHO 2003. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases (Report on Joint WHO/FAO Expert Consultation), Geneva, Switzerland
- Wilderjans, E., Luyts, A., Goesart, H., Brijs, K. and Delcour, J. A. 2010. A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. *Food Chemistry*, 120:1, 44-51.
- Wing, R. E. 1994. Oxidation of starch by thermochemical processing. *Starch-Stärke*, 46:11, 414-418.
- Wolter, A. 2013. Fundamental studies of sourdoughs fermented with *Weissella cibaria* and *Lactobacillus plantarum*: influence on baking characteristics, sensory profiles and *in vitro* starch digestibility of gluten-free breads. PhD, National University of Ireland Food Science and Technology, 190, Irlanda.
- Wolter, A., Hager, A. S., Zannini, E. and Arendt, E. K. 2014. Influence of sourdough on *in vitro* starch digestibility and predicted glycemic indices of gluten-free breads. *Food Funct*, 5:3, 564-572.

- Woo, K. and Seib, P. 2002. Cross-linked resistant starch: Preparation and properties. *Cereal Chemistry*, 79:6, 819-825.
- Wu, Y., Chen, Z., Li, X. and Li, M. 2009. Effect of tea polyphenols on the retrogradation of rice starch. *Food Research International*, 42:2, 221-225.
- Wurzburg, O. B. 1986. *Modified Starches-Properties and Uses*. CRC Press, 277, Boca Raton, USA.
- Xiao, H.-X., Lin, Q.-L., Liu, G.-Q. and Yu, F.-X. 2012. A comparative study of the characteristics of cross-linked, oxidized and dual-modified rice starches. *Molecules*, 17:9, 10946-10957.
- Xie, Z., Huang, J., Xu, X. and Jin, Z. 2008. Antioxidant activity of peptides isolated from alfalfa leaf protein hydrolysate. *Food Chemistry*, 111:2, 370-376.
- Xinwen, Z., Haizhou, D., Chuanfu, L., Yuqiu, G. and Xiao, L. 2014. Effects of Potato Oxidized Starch on Dough Characteristics and Quality of Steamed bread. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*:10, 4.
- Xu, M., Wu, Y., Hou, G. G. and Du, X. 2019. Evaluation of different tea extracts on dough, textural, and functional properties of dry Chinese white salted noodle. *LWT - Food Science and Technology*, 101, 456-462.
- Yıldız, E. 2014. Mikro ve nano fındık zarı üretimi ve bisküvilerde kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü, 181, Ankara.
- Yousefi, A., Razavi, S. M. and Norouzy, A. 2015. *In vitro* gastrointestinal digestibility of native, hydroxypropylated and cross-linked wheat starches. *Food & Function*, 6:9, 3126-3134.
- Yu, H. and Huang, Q. 2010. Enhanced *in vitro* anti-cancer activity of curcumin encapsulated in hydrophobically modified starch. *Food Chemistry*, 119:2, 669-674.
- Zaidul, I., Norulaini, N. N., Omar, A. M., Yamauchi, H. and Noda, T. 2007. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. *Carbohydrate Polymers*, 69:4, 784-791.
- Zeppa, G., Belviso, S., Bertolino, M., Cavallero, M. C., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Giorgis, M., Grosso, A., Rolle, L. and Gerbi, V. 2015. The effect of hazelnut roasted skin from different cultivars on the quality attributes, polyphenol content and texture of fresh egg pasta. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95:8, 1678-1688.
- Zhou, K., Su, L. and Yu, L. L. 2004. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:20, 6108-6114.
- Zijlstra, M., Niazi, M. B. K. and Broekhuis, A. A. 2011. Thermoplastic starch films from solution spray drying: Properties, plasticizers and retrogradation.

Proceedings of the 7th International Conference on Polysaccharides-Glycoscienc, 70-74 pp.

Zorba, M. 2001. Gamlar, Gıda Katkı Maddeleri. *Ege Ü. Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü*, 96-99.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve soyadı: Yusuf DURMUŞ

Doğum Yeri: Yozgat

Doğum Tarihi: 29.06.1983

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu

Lise: Yozgat Anadolu Lisesi (2000)

Lisans: Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2006)

Yüksek Lisans: Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2015)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Gıda Mühendisi: İmaş Makine, Konya, 2008-2009

Servis Görevlisi: Ziraat Bankası, Erzurum, 2010-2013

Araştırma Görevlisi: Ordu Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 2013-Devam ediyor

Yayınlar

Tarakçı, Z., ve Durmuş, Y. 2016. Effects of packaging materials on some ripening characteristics of Tulum cheese. *Mljekarstvo*, 66:4, 293-303.