T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİRİNÇ NİŞASTASINDAN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLER İLE ELDE EDİLEN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTANIN KARAKTERİZASYONU VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ayşe DEMİREKİN

Danışman
Doç. Dr. Hülya GÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2019

©2019 [Ayşe DEMİREKİN]

TEZ ONAYI

Ayşe DEMİREKİN tarafından hazırlanan **"Pirinç Nişastasından Çeşitli Yöntemler İle Elde Edilen Enzime Dirençli Nişastanın Karakterizasyonu Ve Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi"**adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman	**Doç. Dr. Hülya GÜL** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. İlyas ÇELİK** Pamukkale Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Arzu KART** Süleyman Demirel Üniversitesi	.....

Enstitü Müdürü **Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR** .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Ayşe DEMİREKİN

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER i
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 4
2.1. Nişastanın Yapısı ve Fonksiyonel Özellikleri 4
2.1.1. Nişastanın jeletinizasyonu ve retrogradasyonu 5
2.1.2. Pirinç nişastası 6
2.2. Dirençli Nişastanın Yapısı ve Fonksiyonel Özellikleri 7
2.2.1. Dirençli nişastanın gıda endüstrisinde kullanım alanları 8
2.2.2. Dirençli nişastanın fizyolojik etkileri 10
2.2.3. Tahıl nişastalarını dirençli hale getirme yöntemleri 12
2.2.3.1. Isı - nem uygulamaları 12
2.2.3.2. Yüksek hidrostatik basınç uygulaması 13
2.2.3.3. Mikrodalga ve kondüktiv ısıtma 14
2.2.3.4. Ekstrüzyon 14
2.2.3.5. Tavlama ve asit hidrolizi 15
2.2.3.6. Enzim hidrolizi 16
2.2.3.7. Işınlama 16
2.2.3.8. Ultrasonikasyon 17
2.3. Dirençli Nişastanın Ekmekte Kullanımı 18
3. MATERYAL METOD 20
3.1. Materyal 20
3.2. Yöntem 20
3.2.1. Pirinç nişastasından dirençli nişasta elde edilmesinde kullanılan yöntemler 20
3.2.1.1. Otoklavlama-retrogradasyon uygulaması 20
3.2.1.2. Mikrodalga uygulaması 21
3.2.2. Ekmek yapma yöntemi 21
3.2.3. Katkısız ekmeklik buğday ununda yapılan analizler 22
3.2.3.1. Nem tayini 22
3.2.3.2. Kül tayini 22
3.2.3.3. Protein tayini 22
3.2.3.4. Zeleny sedimantasyon testi 22

3.2.3.5. Gecikmeli zeleny sedimantasyon testi 23
3.2.3.6. Yaş öz ve kuru öz tayini 23
3.2.3.7. Amilaz aktivitesi tayini 23
3.2.3.8. Toplam diyet lif tayini 24
3.2.3.9. Farinograf analizi 24
3.2.3.10. Ekstensograf analizi 24
3.2.4. Pirinç nişastası örneklerinde yapılan analizler 25
3.2.4.1. Pirinç nişastası örneklerinde yapılan bazı kimyasal analizler 25
3.2.4.2. Toplam nişasta ve dirençli nişasta miktarı tayini 25
3.2.4.3. Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi tayini 26
3.2.4.4. Su tutma kapasitesi tayini 26
3.2.4.5. Yağ tutma miktarı tayini 26
3.2.4.6. Emülsiyon kapasitesi tayini 27
3.2.5. Ekmek hamuru örneklerinde yapılan reolojik analizler 27
3.2.5.1. Amilograf analizi 27
3.2.5.2. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi 28
3.2.5.3. Hamur yapışkanlık testi 28
3.2.6. Ekmek örneklerinde yapılan analizler 28
3.2.6.1. Ekmek örneklerinde yapılan kimyasal analizler 28
3.2.6.2. Ekmek örneklerinde yapılan fiziksel analizler 28
3.2.6.2.1. Ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerleri 28
3.2.6.2.2. Ekmek spesifik hacminin belirlenmesi 29
3.2.6.2.3. Ekmek içi gözenek yapısı ve değerlendirilmesi 29
3.2.6.2.4. Ekmek ağırlığı ve pişme kaybının belirlenmesi 29
3.2.6.2.5. Ekmek içi ve kabuk renginin belirlenmesi 29
3.2.6.3. Ekmek içi yumuşaklık ve doku özeliklerinin belirlenmesi 29
3.2.7. İstatistiksel analizler 30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 31
4.1. Katkısız Ekmeklik Buğday Ununa Ait Analiz Değerleri 31
4.2. Pirinç Nişastası Örneklerinin Kimyasal Özellikleri 35
4.3. Pirinç Nişastası Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri 38
4.4. Katkısız Ekmeklik Un ve DN Karışımlarının Reolojik Özellikleri 42
4.4.1. Ekmek hamuru amilograf değerleri 42
4.4.2. Ekmek hamuru Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 44
4.4.3. Ekmek hamuru yapışkanlık değerleri 46
4.6. Ekmek Örneklerinin Fiziksel Özellikleri 49

4.7. Ekmek Örneklerinin Tekstür Profil Özellikleri 53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 56
KAYNAKLAR 58
EKLER 77
EK A. Katkısızekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri 78
EK B. Katkısız ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların yapışkanlık testi sonucundan elde edilen grafikleri 79
EK C. Ekmek içi TPA grafikleri 80
EK D. Ekmek örneklerine ait fotoğraf örnekleri 81
ÖZGEÇMİŞ 82

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PİRİNÇ NİŞASTASINDAN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLER İLE ELDE EDİLEN ENZİME DİRENÇLİ NİŞASTANIN KARAKTERİZASYONU VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Ayşe DEMİREKİN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hülya GÜL

Son yıllarda karbonhidratların sağlık üzerine etkilerinin araştırılmasındaki en önemli gelişmelerden biri dirençli nişastanın keşfidir. Dirençli nişasta (DN) kavramıyla birlikte nişastanın besinsel lif kaynağı olarak kullanımı konusunda yeni bir çalışma alanı doğmuştur. Bu çalışmada, saf pirinç nişastasından (SPN) otoklavlama-retrogradasyon (OR) ve mikrodalga (MD) uygulaması ile dirençli nişasta elde edilerek tüketicilerin ekmek yapma makinası kullanarak kolaylıkla evlerinde yapabileceği fiziksel, kimyasal, tekstürel ve teknolojik açıdan optimum ekmek formülasyonunun geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla başlangıç bileşiminde dirençli nişasta bulundurmayan SPN'dan OR sonucu elde edilen DN (ORN-% 0.57) ve MD sonucu elde edilen DN (MDN-% 0.71), un ile yer değiştirme prensibine göre 4 farklı oranda (% 0, % 2, % 4 ve % 6) ilave edilmiştir.

Hamurda yapılan Kieffer uzayabilirlik, yapışkanlık ve amilograf testlerinde % 2 ORN ilavesinin hamurun yapısını çok fazla değiştirmediği dolayısıyla kolaylıkla formülasyona eklenebileceği belirlenmiştir. Ancak üretilen son ürünün özelliklerinde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve tekstürel değişimler incelendiğinde % 4 ORN ilave oranına kadar ekleme yapmanın, örneklerin yapısını çok fazla değiştirmeden kontrol ekmeğe yakın tüketilebilir değerler içerdiği belirlenmiştir.

Bu bulgular göz önüne alındığında diyet lif kategorisinde yer alan, sindirim sistemi rahatsızlıkları, obezite ve diabet gibi problemlerin önüne geçen dirençli nişasta üretimi için otoklavlama-retrogradasyon ve mikrodalga yöntemlerinin kullanılabileceği söylenebilir. Ayrıca üretilen ORN'nin ekmek formülasyonuna % 4 oranına kadar eklenmesinin kabul edilebilirlik değerlerinde büyük değişiklikler yapmadığı dolayısıyla ekmeği fonksiyonel açıdan zenginleştirmek için ilave edilebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dirençli nişasta, otoklavlama-retrogradasyon, mikrodalga, ekmek, pirinç nişastası.

2019, 82 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CHARACTERIZATION OF ENZYME-RESISTANT STARCH OBTAINED FROM RICE STARCH BY SEVERAL METHODS AND EFFECT ON BREAD QUALITY

Ayşe DEMİREKİN

Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Enginering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hülya GÜL

In recent years, the most important in investigating the effects of carbohydrates on health one development is the discovery of resistant starch. With the concept of resistant strch (RS) a new field of work has emerged for the use of starch as a source of nutritional fiber. In this study, it was aimed to improve the physical, chemical, textural and technologically optimum bread formulation that can be easily made in the home by using the bread making machine by obtaining the resistant starch by the application of autoclaving-retrogradation (AR) and microwave (MW) from pure rice starch (SPN).

For this purpose, in pure rice starch, while there was not RS at the beginning after AR application (ARS) 0.57 % and MW application (MWS) 0.71 % RS were occurred respectively. ARS and MWS were substituted in to bread dough at 0 %, 2 %, 4 % and 6 % levels replacement with wheat flour.

Effects of ARS and MWS on dough was evaluated using Kieffer extenbility, stickiness and amylograph tests. 2 % ARS does not change the structure of dough much can be added. However, when the physical, chemical and textural changes in the properties of the final product are examined, it is determined that adding up to 4 % ARS addition rate includes consumable values close to the control bread without changing the structure of the samples very much.

Considering these findings, it can be said that autoclaving-retrogradation and microwave methods can be used for resistant starch production in the dietary fiber category which prevents the problems such as digestive system disorders, obesity and diabetes. Also, it is concluded that the addition of up to 4 % of the produced ARS the bread formulation does not make major changes in the acceptability values, and therefore it can be added to enrich the bread functionally.

Keywords: Resistant starch, autoclaved-retrogradition, microwave, bread, rice starch.

2019, 82 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, çalışmalarımda beni bilgi ve tecrübesi ile yönlendiren değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Hülya GÜL'e üzerimdeki emekleri için teşekkür ederim.

Eğitimimi tamamlayabilmem için iş hayatımda kolaylıklar sağlayan değerli Müdürüm Kağıthane İlçe Tarım ve Orman Müdürü Gökhan Dik'e teşekkür ederim.

FYL-2019-6938 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin analiz aşamasındaki desteklerinden dolayı Hediye Un Fabrikasına teşekkür ederim.

Eğitimin bir ekip işi olduğunu bilgileri ile moral destekleri ile bana hissettiren arkadaşlarım Öğretim Görevlisi Fatma Hayıt'a, Öğretim Görevlisi Sultan Acun'a ve yüksek mühendis olacağım konusunda inançlarını kaybetmeyen iş arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi açıdan koşulsuz hep yanımda olan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Son olarak "Anne hadi dersini çalış." diyerek beni motive eden canım oğlum Ali'ye teşekkür ederim.

Ayşe DEMİREKİN
ISPARTA, 2019

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Katkısız ekmeklik buğday unu farinogram grafiği	34
Şekil 4.2. Katkısız ekmeklik buğday unu extensogram grafiği	34
Şekil A.1. SMS/Kieffer grafikleri	78
Şekil B.1. Yapışkanlık grafikleri	79
Şekil C.1. TPA grafikleri	80
Şekil D.1. Ekmek örnekleri kesit görünüşü	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Bazı gıdaların enzime dirençli nişasta miktarları	9
Çizelge 3.1. Ekmek örneklerine ait deneme deseni	21
Çizelge 4.1. Katkısız ekmeklik buğday ununa ait kimyasal değerler	31
Çizelge 4.2. Katkısız ekmeklik buğday ununun farinografik ve ekstensografik değerleri	33
Çizelge 4.3. Pirinç nişastası örneklerinin kimyasal bileşimi	36
Çizelge 4.4. Pirinç nişastası örneklerine ait fizikokimyasal analiz değerleri	39
Çizelge 4.5. Dirençli nişastanın ekmek hamurunun amilograf özellikleri üzerine etkisi	42
Çizelge 4.6. DN'nin ekmek hamurunun Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik özellikleri üzerine etkisi	45
Çizelge 4.7. Dirençli nişastanın ekmek hamurunun yapışkanlık, adezyon ve gücü üzerine etkisi	46
Çizelge 4.8. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin kimyasal analiz değerleri	48
Çizelge 4.9. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin fiziksel değerleri	49
Çizelge 4.10. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi ve kabuk renk değerleri	51
Çizelge 4.11. ORN ve MDN ilavesinin ekmeğin tekstürel özellikleri üzerine etkisi	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AACC	Uluslararası Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği
AOAC	Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği
ARmax/Ext	Kurve Altındaki Alan
B.U.	Brabender Ünitesi
˚C	Santigrat Derece
Cm^2	Santimetrekare
Cm^3	Santimetreküp
CO_2	Karbondioksit
Dk	Dakika
DN	Dirençli Nişasta
Ext	Uzayabilirlik
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FU	Farinograf Ünitesi
G	Gram
HSN	Hızlı Sindirilen Nişasta
Kcal	Kilokalori
kGy	Kilogray
kHz	KiloHertz
Kj	Kilojoule
KZYA	Kısa Zincirli Yağ Asitleri
MD	Mikrodalga
MDN	Mikrodalga Dirençli Nişasta
MPa	Megapascal
ml	Mililitre
mm	Milimetre
OR	Otoklavlama-Retrogradasyon
ORN	Otoklav-Retrogradasyon Dirençli Nişasta
pH	Power of Hydrogen
Rmax	Hamurun Uzamaya Karşı Gösterdiği Maksimum Direnç
S	Saniye
SPN	Saf Pirinç Nişastası
TPA	Doku Profil Analizi
TS	Türk Standartları
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
YHB	Yüksek Hidrostatik Basınç
YSN	Yavaş Sindirilen Nişasta
W	Waat
µL	Mikrolitre

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde beslenme alışkanlıkları toplumdan topluma değişiklik göstermesine rağmen tahıl ürünleri beslenme piramidinin ilk basamağını oluşturmaktadır. Tahıllar, karbonhidrat kaynaklı temel enerji sağlayıcı olmasının yanı sıra yüksek miktarda protein içerirler. Az gelişmiş ülkelerde günlük kalori alımının % 80'den fazlasını karşılar ve tahıl taneleri ana protein kaynağını oluştururlar (Bleakley, 2018). 2018 yılında dünya genelindeki tahıl üretimi bir önceki yıla göre % 2.4 azalarak yaklaşık 2595 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizde ise 35 milyon ton tahıl üretimi gerçekleşmiştir (FAO, 2018; TÜİK, 2018).

Hububatların temel bileşeni olan nişasta, makromoleküler düzeyde ve yarı kristal formda olup soğuk suda çözünmeyen ancak suya bağlanabilen hidroksil grupları içeren karbonhidrat çeşididir. Bu granüller, düz zincirli $_D$-glikoz birimlerinin α-1-4 bağlarıyla birbirine bağlanması ile oluşan amiloz ve α-1-4 bağlarının yanında dallarının da birbirine α-1-6 bağlarıyla bağlanmasıyla oluşan amilopektin olarak adlandırılan iki farklı alt birimden oluşmaktadır (Balkan, 2008; Fan vd., 2013; Pratiwi vd., 2018).

Nişasta granüllerinin sindirim oranı granülün boyutu, yapısı ve yüzeyine, nişasta bileşimine, kristal polimorfun tipine göre değişmesinin yanı sıra sindirelebilirlik, nişastanın diğer karbonhidrat, yağ ve proteinler ile etkileşimine bağlıdır. (Zhu vd., 2011; Raigond vd., 2015). Nişasta sindirim oranı ve hızına göre YSN (yavaş sindirilen nişasta), HSN (hızlı sindirilen nişasta) ve DN (dirençli nişasta) olmak üzere 3 ayrı grupta incelenir (Dhital vd., 2017). Nişastanın bu üç fraksiyonunun ölçümü enzimatik hidroliz esnasında yapılır. İşlenmiş gıdaların birçoğunda YSN ve DN bir arada bulunur ve miktarları HSN miktarı ile ters orantılı olarak değişir (Zhang vd., 2008). Dirençli nişasta ince bağırsak boyunca α-amilaz enzimlerinden etkilenmeyerek sindirilmeden kalın bağırsağa gelen ve burada fermente edilen nişasta çeşididir. Bu sayede hipoglisemik indeks ve hipokolestrol metabolizmalarının kontrolünde, kolon kanseri, ülser gibi sindirim sistemi hastalıklarının önüne geçilmesinde ve tedavi edilmesinde, diyabet ve kontrolsüz ağırlık artışı gibi problemlerin engellenmesinde pozitif etkileri vardır. DN'nin azalan sindirimi; nişastanın botanik kökeni, fizyolojisi, gıdanın yapısı ve proses özelliklerine göre değişiklik gösterir. Fonksiyonel olarak bakıldığında orijinine, fiziksel karakteristik özelliklerine, hidroliz, jelatinizasyon ve retrogradasyon gibi yapısını değiştirecek işlemler geçirmesine ve modifiye olmasına göre DN_1 (dirençli

nişasta$_1$), DN_2, DN_3, DN_4 ve DN_5 olarak adlandırılan 5 alt gruba ayrılır (Raigond vd., 2015; Demirekin ve Gül, 2016; Tacer-Caba ve Nilüfer-Erdil, 2019).

Isıtma ve soğutma döngüsüne dayanan ısı-nem uygulamaları, ekstrüzyon, tavlama, gibi işlemlerin yanında ultrases, ışınlama ve asit ilavesi gibi uygulamaların ayrıca depolama koşullarının, tahıl nişastalarının kompleks yapılarını değiştirerek sindirilebilirliğini düzenlemede, dirençli nişasta haline getirilmesinde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Sievert ve Pomeranz, 1989; Parchure ve Kulkarni, 1997; Perera vd., 2010; Tan vd., 2017).

Hamur esas olarak nişasta, su ve glutenden oluşan viskoelastik biyomer bir yapı olup kompleks katı benzeri bir matrikstir. Un ve unlu mamuller arasındaki üründür ve karıştırma ve gelişme sürecindeki reolojik ve jelleşme davranışı, işlenebilirliğini, nihai ürünün tekstürel özelliklerini ve kalitesini etkilediği için ekmek üretiminde önemli bir yere sahiptir (Inagaki ve Seib, 1992; Armero ve Collar, 1998; Collar, 2003; Dobraszczyk ve Morgenstem, 2003).

Ekmek günlük beslenme programında protein ve kalori ihtiyacının karşılayan karbonhidratça zengin temel besin kaynaklarından biridir. Son zamanlarda tüketici ihtiyaçlarına uyumlu üretim faaliyetlerine geçiş doğrultusunda fırıncılık ürünlerine katkı maddeleri eklemek yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Amaç hamurun reolojik özelliklerini iyileştirmek, taze ekmeğin kalitesini artırmak, raf ömrünü uzatmak ve sağlığa faydalı hale getirmektir (Rosell vd., 2001).

Ekmek yapma makinası ilk olarak 1987'de Japonya'da kullanılmaya başlamış olup, taze ekmeğe ulaşmak isteyen tüketicinin az miktarda bileşen kullanarak karmaşık olmayan şekilde üretim yapabileceği alternatif bir sistemdir (Doğan ve Yıldız, 2009; Trinh vd., 2016).

Bu tez çalışmasında, son yıllarda sağlıklı beslenme ile ilgili oluşan endişelerin sonucunda glisemik indeksi düşük ve lifli gıdalara artan yönelim değerlendirilmiştir. Pirincin dünyada ve ülkemizde ilk sırada tüketilen tahıl olması ve bileşiminin büyük çoğunluğunu nişastanın oluşturduğu pirinç kaynak olarak seçilmiştir. Pirinç nişastası otoklavlama-retrogradasyon ve mikrodalga uygulamaları ile modifiye edilmiştir. Uygulanan işlemlerin dirençli nişasta oluşumu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ayrıca elde edilen ürünlerin teknolojik anlamda önemli olan fizikokimyasal niteliklerinden

jelatinizasyon özellikleri, çözünürlük ve emülsiyon oluşturma yetenekleri incelenmiştir. Elde edilen nişastalar belli oranlarda ekmek formülasyonuna eklenerek hamurda amilograf analizi, yapışkanlık ve Kieffer-gluten uzayabilirlik testleri yapılmıştır. Tüketicinin pratik, taze ve özel diyet gereksinimlerine cevap veren formülasyondaki ekmeği kolaylıkla yapabilmesini sağlayan ekmek yapma makinasında hazırlanan ekmeklerde meydana gelen fiziksel, kimyasal ve tekstürel değişimler değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Nişastanın Yapısı ve Fonksiyonel Özellikleri

Bitkilerde karbon ve enerji kaynağı olarak kullanılan, karbonhidrat deposu olarak yaprak, çiçek, meyve ve çekirdekte depolanan karbonhidrat çeşidi olan nişasta, fotosentez sonucu oluşan ana üründür. Üretilen miktarın yaklaşık % 60'ı gıda endüstrisinde; özellikle tekstürel özellikleri iyileştirmede kullanılır. Kalan % 40'lık kısmı ise ilaç bileşenleri, gübre, kağıt, tekstil ve ambalaj malzemeleri gibi farklı endüstriyel alanlarda değerlendirilir (Alcázar-Alay ve Meıreles, 2015; Yang vd., 2017).

Nişasta; pirinç, buğday, patates, sago ve tapiyoka gibi kaynaklardan elde edilmekle beraber büyük çoğunluğu mısırdan sağlanır. Granülün bileşimi, ebatı ve şekli bitkinin orjinine göre farklılık göstermektedir. Granül boyutu en fazla olan mercek şeklindeki patates nişastasının büyüklüğü 5-100 μm iken granül boyutu en küçük olan çokyüzlü şeklindeki pirinç nişastasının büyüklüğü 3-8 μm'dir (Tester vd., 2004).

İki polisakkaritten meydana gelen nişastanın yapısının % 60-70'ini amilopektin, % 20-30'unu amiloz oluşturur. Amilopektin 1-6 α-glikozil dalı taşır ve moleküler ağırlığı fazladır. Amiloz ise 1-4 α-glikozil grubuna sahip lineer formda, daha küçükbir molekül olup amilopektine göre daha az dallanmıştır (Jane vd., 1999).

Tahılların kimyasal yapısı çeşit, tür ve yetiştirildiği koşullara göre farklılık göstermektedir. Genel olarak buğdayın % 60-70'ni, pirincin ise % 80'ini nişasta oluşturmaktadır (FAO, 1998; Karaduman, 2008). Mısır tanesinin yaklaşık % 70-75'i nişastadır ve bunların yaklaşık % 60'ını amiloz oluşturur. Ticari olarak üretilen nişastalarda bu oran % 85'e çıkarılarak yüksek amilozlu mısır nişastaları elde edilir (Boyer ve Hannah, 2001; White, 2001).

Nişastanın en önemli özelliklerinden olan; jelatinizasyona uğraması ve granüler yapının kaybolmasına sebep olan su tutma yeteneği, gıda endüstrisinde kullanım alanını genişletmektedir. Çorbalarda, soslarda, fırıncılık ürünlerinde, et ürünlerinde, atıştırmalık ürünlerde, kaplamalarda ve bebek mamalarında kullanılmaktadır. Gıdalara bileşen olarak eklendiğinde kepek gibi ticari liflerin tekstür, renk gibi özellikler üzerinde oluşturduğu problemlerin önüne geçilebilmektedir. Bunun yanında doğal nişastanın fonksiyonel bakımdan yetersiz oluşu (yüksek retrogradasyon oranı, düşük

termal stabilite, depolama sırasında sineresis geçirme, düşük kayma stabilitesi ve zayıf pH) kullanımını sınırlandırmaktadır (Kahraman ve Köksel, 2006; Singh vd., 2007; Kaur vd.,2012; Greer, 2018).

2.1.1. Nişastanın jeletinizasyonu ve retrogradasyonu

Nişasta granülleri bitkisel kökeninin karakteristik özelliğine göre şekil alır ve doğal olarak suda çözünmezler fakat nişasta-su sistemi ısıtıldığında yapıya giren su, amiloz-amilopektin dalları arasındaki hidrojen bağları ile tutularak granülü şişirir ve doğal kristaller erir. Düşük sıcaklıklarda suyun yapıya girip çıkması geri dönüşümlü iken belli bir sıcaklık değerinden (jelatinizasyon sıcaklığı) sonra sistemde geri alınamaz değişiklikler meydana gelmeye başlar. Bu değişiklikler sonucunda jelatinizasyon başlar, nişasta çözünerek granüllerin düzenli yapısı bozulur ve polarize ışık altında görülebilen çift kırınım (birefringence) özelliğini kaybeder. (Sullivan ve Johnson, 1964; Parker ve Ring, 2001; Öztürk, 2008; Orlowska vd., 2010).

Isıtma devam ettikçe nişasta granülleri kısmen çözünür ve nişastalı çözelti oluşur. Çözünen nişasta ve nişasta granülünün kalan parçaları suyu bağladıkça viskozitede artış meydana gelir. Nişastanın çözünmesi ile oluşan yüksek viskoziteli sıvı soğutulduğunda jelleşme gerçekleşir. Granüllerin şişmesi ve parçalanması nişasta jelinin reolojik özelliklerini etkilemektedir (Haralampu, 2000; Richardson vd., 2003).

Jelatinizasyonun gerçekleşme mekanizmasını anlatan çeşitli hipotezler bulunmaktadır. Knorr vd. (2006), jelatinizasyonu yüksek enerji girişiyle (basınç, sıcaklık) birlikte işlem görmemiş nişasta granüllerinin moleküler düzenin kaybolması olarak tanımlamıştır. Başka bir tanımda ise nişastanın geçirdiği prosesten bağımsız olarak moleküler düzeninin kaybı ve su içeriğindeki değişim olarak belirtilmiştir (Waigh vd., 2000).

Nişastanın jelatinizasyonu ve retrogradasyonu gibi işlemlerde amiloz/amilopektin oranının rolü olduğu düşünülmektedir. Kaynağına bağlı olmakla birlikte işlem görmemiş nişastada jelatinizasyon genelde 40-50 °C'de gerçekleşmektedir. Ancak normal oranda amiloz içeren nişastaların jelatinizasyon sıcaklığı yüksek amiloz içeren nişastalarınkinden daha düşüktür (Varavinit vd., 2003; Xie ve Liu, 2004; Kawai vd., 2012). Bu nedenle jelatinizasyon ancak yüksek basınç ve yüksek sıcaklık sağlayan otoklav, yüksek hidrostatik basınç gibi sistemlerde gerçekleşebilmekte, standart pişirme koşullarında düşük ve normal amilozlu nişastaların jelatinizasyonu

gerçekleşmemektedir (Öztürk, 2008; Yamamoto vd., 2009). Gıda matrislerinde nişastanın jelatinizasyonu, izole bileşenler uygulama, entalpik geçiş ve kristalliği bozan modeller gibi çeşitli modern teknikler kullanılarak yapılır (Muñoz vd., 2015).

Bayatlama tahıl ürünlerinin fırınlamadan sonra uzun süre depolamaya bağlı olarak sertliğinin artmasıyla tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin azalması olarak tanımlanmaktadır. Fırıncılık ürünlerinin bayatlamasındaki temel sebep nişastanın retrogradasyonudur. Retrogradasyon üründe ve bileşenleri arasında içten dışa su göçü olarak ve protein-nişasta ağ yapısının zamanla değişimi olarak tanımlanmaktadır (Gray ve Bemiller, 2003; Wilderjans vd., 2013).

Nişastanın biyofiziksel özelliklerinin belirlenmesi mikro-visko analizör ve diferansiyel taramalı kalorimetre gibi enstrümental teknikler kullanılarak yapılır. Mikro-visko analizör nişastanın sakkarifikasyon (nişastanın şekere çevrilmesi, şekerlenmesi) ve proteoliz etkileriyle birlikte sıvılaşma ve jelleşmeyle bağlantılı olarak viskozitesinde meydana gelen değişimlerin izlendiği yöntemdir (Cozzolino vd., 2012; Fox vd., 2014). Nişasta atmosferik ortamda sulu bir sistemde ısıtıldığında nişasta granüllerinin ısı kaynaklı konveksiyonel jelatinizasyonu gerçekleşir. Diferansiyel taramalı kalorimetre nişasta granüllerinin konveksiyonel jelatinizasyonunu nicelleştirme çalışmalarında kullanılan yöntemdir (Ji vd., 2017).

2.1.2. Pirinç nişastası

Gramineae Familyasının bir üyesi olan Pirinç (*Oryzasativa* L.), 5000 yıldan daha uzun süredir insan beslenmesinde temel karbonhidrat kaynakları arasındadır ve dünyada üretilen tarım ürünleri sıralamasında birincidir. Enerji ihtiyacının karşılanmasında ve besin alımında önemli rol oynar (Yang vd., 2006; Bao ve Bergman, 2018; Liu vd., 2018). 100 gramında yaklaşık olarak, 80.1 g karbonhidrat, 6.4 g protein ve 0.8 g yağ bulunur (FAO, 1998).

Pirinç genel olarak pişirilmiş halde tüketilmekle beraber pirinç unu ve pirinç nişastası gibi çeşitli fraksiyonları gıdalarda, ilaç yapımında ve hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Pirincin hipoalerjenik özellikte ve glutensiz oluşu ayrıca baskın bir tadının olmayışı kullanım yelpazesini genişletmektedir. İçeriğindeki hızlı sinidirilebilen karbonhidratların bulunması ve sodyum oranının düşük olması özel gereksinimli diyetler için avantajdır. Karakteristik özellikleri mısır ve buğday gibi diğer tahıllarla

karşılaştırıldığında daha çok içeriğini yüksek nişasta miktarı, düşük miktarda nişasta olmayan polisakkaritler ve az miktarda bulunan proteinin oluşturduğu görülür. Yüksek amiloz ve düşük glisemik indekse sahiptir. Granül yapısının küçük olması, pirinç nişastasının yüzeyde aroma ve emülgatör gibi maddeleri daha kolay absorbe etmesini sağlamaktadır. Bu durum pirinç nişastanın kullanıldığı gıda bazlı uygulamalara odaklanmayı artırmaktadır. Pirinç nişastası, nişasta türleri arasında en beyaz olanıdır. Çok küçük boyutta ve beyaz renkte partiküller, pürüzsüz ve parlak bir yapının oluşmasına yardımcı olurlar. Vejeteryanlar için üretilen ürünlerde tekstürel ajan olarak jelatin yerine kullanılırlar. Aynı zamanda granülleri homojenize olmuş yağ globüllerine benzediği için süt ürünleri ve fırıncılık sanayisinde yağ tutucu olarak onların yerini alırlar. Amiloz/amilopektin oranının geniş aralıklı olması ve aside karşı üst seviyede dayanıklılık göstermesi, nişasta jelinin donma-çözünme stabilitesinin yüksek olması pirinç nişastasının diğer önemli özelliklerindendir. Ancak pirinç nişastasının daha maliyetli oluşu ve izolasyonunun zor olması kullanım alanını kısıtlamaktadır (Sodhi ve Singh, 2003; İşleroğlu vd., 2009; Mitchell, 2009; Song vd., 2011; Amagliani vd., 2016; Bao ve Bergman,2018).

2.2. Dirençli Nişastanın Yapısı ve Fonksiyonel Özellikleri

Diyet lifler sindirim enzimine karşı dirençli ve genellikle tahıl, meyve ve sebzede bulunan gıda bileşenleridir. Kısmen ya da tamamen sindirilebilirliğine göre suda çözünen ve suda çözünmeyen organik bileşikler olarak 2 grupta incelenir. Teknolojik ve fonksiyonel özellikleri sayesinde günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılan diyet lifler arabinoksilan, inülin, pektin, kepek, selüloz, β-glukan ve dirençli nişasta gibi pek çok fraksiyona ayrılır (Ötles ve Özgöz, 2014).

Nişasta glikoz salınımına ya da enzimatik sindirim hızına göre; YSN, HSN ve DN olmak üzere 3 ana grupta sınıflandırılır. HSN, kısa sürede sindirilerek kandaki glikoz seviyesinin aniden artmasına sebep olurken; YSN, daha yavaş ve tamamen sindirilen fraksiyondur. DN ise sindirimi olmayan dolayısıyla glikoz salınımı üzerinde çok fazla etkisi olmayan formdur (Huang vd., 2016).

Enzim sindirimine karşı direnç, amiloz retrogradasyonu kinetiği ve enzim hidroliz kinetiği rekabetinin bir sonucudur (Zhang vd., 2010). Nişasta genel olarak, enzimler yardımıyla ince bağırsakta sindirildikçe emilir. Ancak DN fraksiyonu, sindirilmeden kalın bağırsağa geçip fermentasyona uğrayarak mikroorganizmalar için karbon kaynağı

oluşturur (Tupa vd., 2018). DN, ilk olarak Englyst vd. (1982), tarafından 120 dakika süren inkübasyon sonucunda, tüketiminden kolona gelene kadar sindirimi ve tam emilimi olmayan, kalın bağırsakta fermente olabilen nişasta tipi olarak tanımlanmıştır.

Besin maddesinde bulunan DN'nin karakteristiği ve miktarı nişasta tipine bağlı olmakla birlikte diğer bileşenlerden ve depolama süresi, sıcaklık gibi proses koşullarından etkilenir. Ayrıca örneğin hazırlanma metodu ve partikül boyutu, enzim ve tampon uygulaması, inkübasyon sıcaklığı, hidroliz şartları gibi analitik prosedürlere bağlıdır (Eerlingen ve Delcour, 1995; Perera vd., 2010).

Dirençli nişastalar bulundukları gıdalara ve geçirdikleri işlemlere göre 5 alt grupta incelenir; DN_1, protein matrisleri ve hücre duvarlarının oluşturduğu fiziksel bariyerlerin sayesinde sindirim enzimlerinin kolayca erişemediği formu ifade ederve baklagiller ile tam tahıllarda bulunan sindirime en az dirençli sınıftır. DN_2, kristal bölgeleri sayesinde sindirime karşı korunan, jelatinize olmamış, genellikle yüksek amilozlu mısır ve ham muzda bulunan gruptur. DN_3 formu, termal stabilitesi sayesinde en fazla ilgi gören, pişme ve soğuma sonucu retrograde olan nişastayı kapsayan, sindirim enzimine karşı en dirençli formdur. DN_4, çapraz bağlama, esterleşme ve eterleşme gibi işlemlerden sonra kimyasal yapısı değişen asetat nişastaları, fosfat nişastaları gibi modifiye nişastaları kapsar. DN_5 olarak tanımlanan grupta ise amiloz-lipid kompleksi ve maltodekstrinleri kapsayan gıdalar incelenmektedir (Emilien vd., 2017; Lockyer ve Nugent; 2017).

2.2.1. Dirençli nişastanın gıda endüstrisinde kullanım alanları

Dünya pazarındaki araştırmalara göre fonksiyonel içecekler (% 59), fonksiyonel fırıncılık ürünleri ve atıştırmalıklar (% 18) ve günlük ürünler (% 23) olmak üzere fonksiyonel yiyecek ve içeceklerin marketlere 3 bölümde hakim olduğu görülmüştür (Schaafsma ve Kok, 2005).

Gıda sektöründe tahıl ürünlerinin tüketimi büyük ölçüde ürünün kabul edilebilirliğine ve duyusal kalitesine, fiyatına, kolayca erişilebilirliğine bağlıdır. Tahılların beslenmeye katkısı ve beslenme içindeki rolü toplumun yapısına göre değişkenlik göstermektedir. Az gelişmiş ülkeler besleyici gıdalara ulaşmakta ve minerallerin biyo-yararlanımını sağlamakta zorlanırken, gelişmiş ülkelerde ise ürün bolluğu içerisinde tüketicinin bilinçli seçimler yapması rekabet ortamı oluşturmaktadır (Poutanen vd., 2014).

Son zamanlardaki eğilim yeni ürün geliştirmede kullanılacak nişastanın fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmeye yönelik alternatif kaynak bulma yönündedir (González-Soto vd., 2007).

Beslenme uzmanları ve ürün geliştiriciler potansiyel fizyolojik yararları ve yüksek kaliteli ürünlerdeki eşsiz fonksiyonel özelliklerinden dolayı dirençli nişastaya ilgi duymaktadır (Fuentes-Zarazoga vd., 2010).

Düşük su tutma kapasitesi, ayırt edilebilir tadının olmaması, jelleşerek vizkos yapıyı güçlendirmesi, beyaz renkli olması, tam tahıllar, meyveler veya kepek gibi geleneksel lif kaynakları ile karşılaştırıldığında küçük partikülleri sebebiyle ürün dokusuna etkisinin az olması ve doğal kaynaklardan elde ediliyor olması, dirençli nişastayı gıda sanayinde önemli bir konuma getirmektedir (Sajilata ve Singhal, 2005; Sofi vd., 2017). Bazı gıdaların dirençli nişasta miktarları Çizelge 2. 1'de verilmiştir (Murphy vd., 2008).

Çizelge 2.1. Bazı gıdaların enzime dirençli nişasta miktarları (Murphy vd., 2008)

Gıda	**DN Miktarı (%)**
	Ort
Beyaz ekmek	1.2
Çavdar ekmeği	3.2
Ekmek hamuru	2.1
Mısır gevreği	3.2
Patlamış buğday	6.2
Patlamış pirinç	2.3
Pirinç gevreği	0
Patates cipsi	3.5
Taze muz	4
Pişmiş beyaz pirinç	1.2
Pişmiş makarna	1.4

Laguna vd. (2011), araştırmalarında bisküvi formülasyonuna eklenen dirençli nişasta miktarına bağlı olarak yeme özellikleri üzerinde % 20 ilave oranında farklılık gözlenmediğini, % 40 oranında tat parametreleri değişmezken renk ve tekstür değiştiğini ve % 60 oranında tüketilebilirliğin azaldığını raporlamışlardır. Ayrıca, DN eklenen hamurların kolay işlenebilme ve kesilme özellikleri gösterdiğini belirtmişlerdir.

Chou ve Li (2018), Tayvan'a özgü buharda pişirilmiş, esnek ve yumuşak yapıda olan pirinç kasekekini tatlı patates ile zenginleştirerek içeriğindeki DN miktarını

artırmışlardır. Eklenen patates oranıyla birlikte ürünün sertlik, kohezif yapışkanlık, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerlerinde pozitif iyileşme görülmüştür.

Homayouni vd. (2008), fermente olmayan dondurma üretiminde mikroenkapsülasyona uğrattıkları probiyotik organizmalar için prebiyotik bileşen olarak dirençli nişasta kullanmışlardır. Raf ömrü uzayan ve içeriğindeki probiyotik sayısının arttığı gözlemlenen dondurmanın, duyusal özelliklerinin çok fazla değişmediği belirtilmiştir.

Menon vd. (2015), yaptıkları bir çalışmada noodle formülasyonuna eklenen dirençli nişastanın pişme kaybını azalttığı ve glisemik indeks değerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Örnekler tat, görünüş ve ağızda bıraktığı his açısından olumlu değerlendirilmiştir.

Moriano vd. (2018), tarafından yapılan başka bir çalışmada iseyüksek amilozlu ticari mısır nişastası bisküvi formülasyonuna ilave edilerek şortening yerine kullanımı amaçlanmıştır. Kabul edilebilir nitelikte üretilen bisküvilerde aynı zamanda yağ miktarının da azaldığı belirtilmiştir.

Bustos vd. (2011), yulaf kepeğininin formülasyonuna eklenmesiyle DN_2 ve DN_4 ile zenginleştirilmiş makarna üzerine yaptıkları çalışmada, glisemik indeksin önemli ölçüde azalması ve maltozun yavaş salınması ile beslenme kalitesinde önemli bir iyileşme sağlamışlardır.

Arimi vd. (2008), çalışmalarında dirençli nişasta ilavesi ile imitasyon peynirin (atıştırmalık) sertliğini ve erime kabiliyetini etkilemeden, yağını azaltarak yüksek oranda protein ve life sahip, sağlıklı ve gevrek atıştırmalık üretmişlerdir.

Kapusniak ve Nebesny (2017), mikrodalga ve asit ilavesi yöntemi ile patates nişastasından elde ettikleri DN'yi içecek formülasyonunda kullandıkları bir çalışmada, son ürünün düşük şeker içeriğinden dolayı az kalorili ve düşük pH'a sahip olduğunu bildirmişlerdir.

2.2.2. Dirençli nişastanın fizyolojik etkileri

Fonksiyonel gıdalara ilgi, sağlık üzerindeki etkilerinin anlaşılmasıyla günden güne artmaktadır**.** Bu kategoride yer alan diyet lifler kolestrolü ve yağı azaltılmış, düşük

kalorili ve zindeliği artıran yiyecekler olup yetişkin bir birey için önerilen günlük alım miktarı 25-38 g arasındadır (Foschia vd., 2013).

DN'nin kalın bağırsaktaki fermantasyonu sonucunda, iç tabakadaki hücreler için enerji sağlayıcı olan kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) gibi bazı önemli metabolitler meydana gelir. KZYA'ların bakteriyostatik etkiyi artırarak pH'yı baskılamaları sonucunda zararlı mirgoorganizmaların gelişiminde ve kolon hastalıklarına yakalanma riskinde azalma görülür. (Li vd., 2018a; Sorndech vd., 2019). Hamer vd. (2008), bu durumun bütiratın artan üretiminden ve kolonisitlere olan pozitif etkilerinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir**.** Ayrıca kalın bağırsağa kadar sindirilmeden ulaşan nişasta parçaları yararlı mikroorganizmalar için substrat görevi görmekte, özellikle bifidobakterlerin gelişimlerine öncülük etmektedir (Rahman vd., 2007).

Glisemik indeksi yüksek gıdalar ile Tip2 diyabet riskinin artması birbiriyle bağlantılıdır (Salmerón vd., 1997). Karbonhidrat tüketiminden sonraki 15-45 dakika arası kandaki glikoz seviyesi yüksek değerler alırken, lifli yapıdaki DN tüketimine bağlı olarak glikozun kana yavaş karışmasının sonucunda insülin hormonu seviyesi azalarak glisemik indeks düşmektedir. Böylelikle vücutta depolanmış yağlar enerji kaynağı olarak kullanıldığı için obezite ve diyabet riski azalmaktadır (Demirekin ve Gül, 2016; Sorndech vd., 2019).

Sindirilebilir nişasta tüketilen öğünlere göre dirençli nişasta ile zenginleştirilmiş öğünlerde kalsiyum, magnezyum, demir, çinko ve bakır emiliminde artış gözlenmiştir (Topping vd., 2003).

İnsülin direncine sahip kadınlar üzerinde yapılan bir çalışmada DN_2 tüketiminin insülin duyarlılığını arttırdığı belirtilmiştir. Bel çevresi ölçümleri ve kas dokularında biriken yağ oranı insülin duyarlılığındaki artışla ilişkilendirilmiştir. (Johnston vd., 2010).

Laboratuvar koşullarında spagettiye dirençli nişasta eklenerek sindirilebilirliği %20'ye varan bir oranda azaltılırken in vivo koşullarda kolonik bakterileri sağlığa faydalı olacak şekilde maksimize ettiği gözlenmiştir (Aravind vd., 2013).

Sindirilebilen pirinç nişastası ile otoklavlama-retrogradasyon döngüsüyle elde edilen dirençli pirinç nişastasının bağışıklık sistemine etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada;

DN tüketiminin anabolizmayı arttırdığı ve iltihabi durumlara karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Wang ve Pang, 2017).

Isı-nem uygulaması ile pirinç nişastasındaki DN miktarının yükseltilerek 8 haftalık süreçte farelere ait diyete eklenmesiyle gerçekleştirilen bir çalışmada, hayvanların sindirim florasındaki bifidobakteri sayısında artış olduğu belirtilmiştir (Zheng vd., 2018).

Kemirgenler üzerinde yapılan bir çalışmada, yüksek yağlı beslenmede DN tüketimi ile birlikte artan lif alımı sırasında, beyindeki ilgili bölgelerin uyarılarak öğrenme ve hafızada iyileşmenin yanı sıra aşırı iştahı azaltmada yararlı etkilere sahip olduğu belirtilmiştir (Yu vd., 2018).

2.2.3. Tahıl nişastalarını dirençli hale getirme yöntemleri

Tahıl nişastaları biyo-yararlılığının artırılması ve fonksiyonel özellik kazandırılması amacıyla çeşitli yöntemlerle dirençli nişasta haline getirilir. DN oluşturma yöntemleri temel olarak fiziksel modifikasyon (prejelatinizasyon, ısı ve neme dayalı uygulamalar vb.), kimyasal modifikasyon (eterleştirme, çapraz bağlama, esterleştirme vb.) ve yapıyı parçalama (hidroliz ve oksidasyon gibi işlemler sonucu dekompozisyon) olmak üzere 3 ana başlıkta incelenir (Singh vd., 2007).

2.2.3.1. Isı - nem uygulamaları

Isı-nem uygulamaları; granüler, kristal ve moleküler yapıyı değiştirerek enzim duyarlılığını, vizkositeyi, granülün şişmesini, amiloz yapısının değişmesini ve jelleşme parametrelerini düzenleyen yeşil teknik olarak isimlendirilir (Wang vd., 2018). Çevreye zarar vermeden ve düşük maliyette nişastanın fonksiyonel özelliklerini değiştirme potansiyeli sunar (Zavareze ve Dias, 2011).

Isı-nem uygulamaları, bir çeşit fiziksel modifikasyon yöntemi olup kimyasal reaktif eklenmeyen, nişastanın granüler yapısına zarar vermeden fizikokimyasal özelliklerini değiştiren, ısının camsılığa geçiş sıcaklığının üzerinde (84 °C) ve jelleşme sıcaklığının altında (140 °C) değiştiği, nem seviyesini de % 35'in altında sınırlandırmaya dayanan, genellikle 16 saat süren bir uygulamadır. Uygulanan bu işlem sonunda gıdanın termal stabilitesi artarken retrogradasyon azalır (Arns vd., 2015; Liu vd., 2019a). Isı ve nem

içeren gıda prosesleri DN_1 ve DN_2'yi tahrip ederken, ısısal stabilitesinin yüksek olmasından dolayı DN_3 oluşumunu destekler. DN_3 oluşturmak için nişasta önce jelatinize arkasından retrograde edilmelidir. Nişasta granülüne kıyasla daha fazla su tutma kapasitesi göstermesi ve ısıya karşı oldukça dayanıklı bir molekül olması, DN_3'ü konvansiyonel gıdalarda bileşen olarak aranılan hammadelerden yapmaktadır (Escarpa vd., 1997; Sanz vd., 2008).

Zavareze vd. (2012), yaptıkları bir çalışmada, yüksek (% 32), orta (% 23) ve düşük (% 7) amilozlu örnekler kabukları soyulup, öğütülerek pirinç unu haline getirilmiştir. Isı-nem uygulaması sonucunda orta ve düşük amilozlu nişastalara göre yüksek amilozlu nişastada daha fazla dirençli nişasta oluştuğu ve uygulanma miktarındaki artışın oluşan DN miktarını pozitif etkilediği raporlanmıştır.

Chung vd. (2009), çalışmalarında; mısır, bezelye ve mercimek nişastaları üzerine%30 nem içeriğinde, 120 °C'de 2 saat ısı-nem uygulaması sonucunda, jelatinize olan örneklerin DN miktarında % 7 ile % 11 arasında artış olduğunu bildirmişlerdir.

2.2.3.2. Yüksek hidrostatik basınç uygulaması

Yüksek hidrostatik basınçta (YHB) işleme, nişastanın sulu süspansiyonun vakum altında ambalajlanması ve daha sonra hermetik olarak kapatılıp, 10-1200 MPa aralığında basınç uygulanması ile gerçekleşir (Stute vd., 1996). Uygulanan basınç sonucunda düşük sıcaklıklarda bile jelatinizasyon gerçekleşirken basıncın geri çekilmesi ile ise kendiliğinden retrogradasyon meydana gelir. Bu olay dirençli nişasta oluşumuna olanak sağlamaktadır (Linsberger-Martin vd., 2012).

Pu vd. (2013), araştırmalarında % 80'den fazla amiloz içeren mısır nişastasını 80-120°C arasında 2 saat 15 MPa basınca maruz bırakmışlardır. İşlem sonunda nişastanın DN miktarının kontrol örneğe göre fazla olduğu bildirilmiştir. Sıcaklık 130 °C ve 140 °C'ye çıktığında ise DN miktarındaki azalmanın moleküler zincirdeki bozulmayla bağlantılı olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada, pirinç nişastasına devamlı uygulan YHB'nin, 2'li çevrim şeklinde uygulamaya göre daha fazla DN oluşturduğu gözlenmiştir. Ayrıca farklı süre ve farklı basınç değerlerinin, oluşan DN miktarını etkilediği belirtilmiştir. Bu sonuçların,

farklı YHB işlemlerinin, nişastada farklı mikroyapılara neden olduğu ve böylece farklı sindirilebilirliklerin ortaya çıktığını gösterdiği bildirilmiştir (Deng vd., 2014).

2.2.3.3. Mikrodalga ve kondüktiv ısıtma

Mikrodalgayla ısıtmada merkezden çevreye doğru bir ısı yayılımı olurken, kondüktiv ısıtmada enerjinin dışarıdan içeriye doğru taşınması söz konusudur. Pirinç mikrodalgaya tabi tutulduğunda nişasta granüllerindeki su hızlıca buharlaşır. Nişasta molekülündeki iç basınca bağlı olarak granülde çatlamalar, makromoleküler düzeyde degrasyon, amilopektin ve orta fraksiyonlu bileşenlerde azalma ve amiloz oranında artma gözlenmektedir (Khatoon ve Prakash, 2006; Bilbao-Sáinz vd., 2007). Konveksiyonel ısıtma ile kıyaslandığında, mikrodalga uygulamasının jelleşme süresince pirinç nişastasının optik ve termal özellikleri üzerine etkisi yoktur (Fan vd., 2012).

Li vd. (2014), yaptıkları çalışmanın sonunda kondüktiv ve mikrodalga uygulamalarının pirinçte dirençli nişasta miktarını artırdığını gözlemlemiştir. Depolama sıcaklığına göre değişmekle birlikte depolama süresindeki artış işlem görmüş pirinçte şeker miktarını azaltarak dirençli nişasta artımına sebep olduğu belirtilmiştir.

Kanna bitkisi yumrusundaki nişastanın izole edilerek mikrodalgaya tabi tutulduğu bir çalışmada, uygulanan mikrodalga gücünün DN oluşumunda etkili olduğu belirtilmiştir. Düşük güç uygulamasında (400 W) ve yüksek doz uygulamasında (1000 W) DN oluşumu yüksek iken ara dozlarda düşüş söz konusudur (Zhang vd., 2009).

2.2.3.4. Ekstrüzyon

Ekstrüzyon pişirme, yüksek sıcaklık, kayma kuvveti ve basınçta kısa sürede termomekanik pişirme işlemi olup; unun nişasta-lipid ve protein–lipidkomplekslerinde yeniden şekil alma ve proteinlerde denatürasyon gibi fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinde değişim söz konusudur. Ekstrüzyonla pişirme sırasında lipid-amiloz kompleksi bileşenleri arası moleküler bağlar değişerek nişasta degrade olur ve jelleşir. Oluşan DN miktarı besleme hızı, hammaddenin nemi ve şekli, vida hızı ve sıcaklık gibi parametrelerden etkilenir. Ekstrüzyonla pişirme içeriğinde mısır, buğday, soya fasülyesi olan ürünlerde uzun zamandır kullanılmakla beraber hammaddesi pirinç olan; pirinçli ekmek ve içerisinde kızartılmış pirinç bulunduran ürünlerde daha yeni yeni kullanılmaktadır (Kadan vd., 2001; Sarawong vd., 2014).

Yapılan bir araştırmada; yüksek amiloz içeriğine sahip öğütülmüş pirinç nişastası 100-130-160°C'de çift vidalı ekstrüdürden geçirilmiştir. Deney sonuçlarına göre ekstrüzyonla pişirilen pirinç ununda oluşan yavaş sindirilen nişasta miktarı ve dirençli nişasta miktarı kendi aralarında pozitif korelasyon gösterirken, hızlı sindirilen nişasta miktarıyla negatif korelasyon göstermektedir (Hagenimana vd., 2006).

Başka bir çalışmada, yüksek amilozlu mısır nişastası; 140 namlu sıcaklığında, 100 rpm vida hızında ve % 60 besleme nem içeriğinde ekstrüdürden geçirilmesi ile DN miktarı en yüksek değeri almıştır. En yüksek verim ikinci tekrardan sonra alınmış olup üçüncü tekrarın ekonomik olmayacağı belirtilmiştir (Masatcioğlu vd., 2017).

Mango nişastası ile yapılan bir çalışmada ise vida hızının ve sıcaklığın oluşan dirençli nişasta miktarını etkilediği sonucuna varılmıştır (Agustiniano-Osornio vd., 2005).

2.2.3.5. Tavlama ve asit hidrolizi

Tavlama, nişastanın camsı geçiş sıcaklığının üzerinde fakat jelleşme sıcaklığının altında uygulan ısı-nem prosesidir. Enzimsel sindirime direnci artırır ve granül yapıyı daha yoğun bir yapıya dönüştürür. Pirinç nişastalarında tavlama; şişme, çözünürlük ve vizkoziteyi azaltırken α-amilaz duyarlılığını geliştirir (Zavareze ve Dias, 2011).

Song vd. (2011), fizikokimyasal yöntemler kullanılarak çapraz bağlı pirinç nişastalarının dirençli nişasta seviyesini artırmaya yönelik çalışmalarında tavlama işleminin 50 °C'de dirençli nişasta miktarını artırdığı gözlenmiştir. Analizin devamında 50 °C'de 12 saat tavlama yapılmış %50'lik nişasta çözeltisine uygulanan zayıf asit hidrolizinde ise ilk 1 saatte dirençli nişasta miktarı artarken 4. saatin sonunda başlangıca göre bir artış olmakla beraber bir azalmanın söz konusu olduğu belirtilmiştir.

Hung vd. (2016), yaptıkları bir araştırmada ise farklı asit türleriyle kombine biçimde uygulanan ısı-nem proseslerinin dirençli nişasta miktarı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Asitle kombine edilmiş ısı nem uygulamalarında pirinç nişastasının kristal yapısının değişmeden şişme gücü ve viskozitenin azaldığı ve DN miktarının arttığı gözlenmiştir. Analizin sonucunda sitrik asitin nişastanın depolomerizasyonunda en yüksek etkiyi gösterdiği onu laktik asit ve asetik asitin izlediği bulunmuştur. Normal

pirincin % 6.5 olan DN miktarı asit ilavesi ve ısı uygulaması ile sırasıyla (% 36.6-32.4-30.4) olarak değişmiştir.

2.2.3.6. Enzim hidrolizi

Pullulanaz gibi hidroliz enzimleri sadece α-1-6 glukozidik bağlarına hızlıca etki ederek amilopektin molekülünde uzun ve kısa zincirlerin açığa çıkmasını sağlar. Düşük molekül ağırlıklı, polimer zinciri yeniden kristallenebilen ve doğrusal yapılar oluşur (Leong vd., 2007).

Pongjanta vd. (2009), tarafından farklı konsantrasyonlardaki pullulanaz enziminin (8-16 U/g nişasta), % 15 (w/w) yüksek amilozlu pirinç nişastası üzerindeki etkisi 55 °C'de 16 saat süre ile incelenmiştir. Zincir parçalama işlemi sonrasında nişastalar 4 °C'de 16 saat inkübe edilmiş, -10 °C'de dondurma ve 30 °C'de çözündürme işlemlerinin ardından 45 °C'de kurutularak, başlangıçta % 3.98 olan DN içeriği 12 U/g nişasta enzim konsantrasyonu uygulaması ile % 19,81'e çıkarılmıştır.

Vernon-Carter vd. (2019), çalışmalarında msır nişastasını iki farklı konsantrasyondaki (0.33-0.66 IU/ml) pankreatik α-amilaz enzimi ile 37°C'de 90 dk hidrolize etmişlerdir. Araştırma bulguları olarak nişasta sindirilebilirliğinin % 15-30 azaldığını ve artan enzim konsantrasyonunun oluşan DN'yi azalttığını raporlamışlardır.

2.2.3.7. Işınlama

Gama *(γ)* ışıması, polimerlerin modifiye edilmesinde kullanılan yüksek enerjili fiziksel proses teknolojisidir. İşlem süresince glikozid bağları kırılırak amiloz ve amilopektinin daha küçük moleküllere ayrışması sağlanır. Çevre dostu ve güvenilir oluşu ayrıca ekonomik olarak uygunluğunun yanı sıra hızlı ve az miktarda örneğe uygulanabilirliği ve ürünün sıcaklığında çok fazla artışa sebep olmaması avantajları arasındadır (Bhat ve Karim,2009; Lee vd., 2013).

Shu vd. (2013), araştırmalarında aynı zamanda hasat edilen dirençli nişasta içeriği; düşük, orta ve yüksek olan üç pirinç unu örneğini plastik torbalarda 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 kGy. h^{-1} 'lık radyasyona maruz bırakmışlardır. Kütlece % 1.86, % 3.64 ve % 8.07 oranında dirençli nişasta bulunduran örneklere belli dozlarda gama ışını uygulamışlardır. Uygulanan doz ile dirençli nişasta miktarı arasında doğrusal bir orantı

bulunmamakla birlikte radyasyonun dirençli nişasta içeriğini genellikle arttığı gözlenmiştir. Düzensizliğin sebebi olarak ise nişastanın işlem sonunda degrade olması ve zincirdeki bölünmelere eklenen yapısal modifikasyonlar gösterilmektedir.

Polesi vd. (2018), gerçekleştirdikleri bir çalışmada; alkali metodlara göre izole edilen 2 farklı kültürde çiğ ve pişmiş pirinç nişastası örnekleri (200 g) polietilen torbada ve oda sıcaklığında 1-2-5 kGy'lik radyasyona maruz bırakılmıştır. Dirençli nişasta miktarındaki değişimin nişastanın kaynağına ve çiğ ya da pişmiş olmasına bağlı olmasıyla birlikte uygulanan radyasyon dozuna göre de arttığı ya da azaldığı gözlemlenmiştir. İki örneğin radyasyon uygulamasına birbirinden farklı tepki vermesi yapılarının aynı olmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

2.2.3.8. Ultrasonikasyon

Gıdaları mikroorganizmalara karşı muhafaza etmek için uygulan, ısısal bir proses olmayan yüksek frekanslı ses dalgaları aynı zamanda filtrasyon, ekstraksiyon, kristalizasyon ve homojenizasyon gibi işleme tekniklerinde de kullanılmaktadır (Herceg vd., 2010; Krishnakumar ve Sajeev, 2018).

Enerji miktarı, sıcaklık, işlem süresi ve frekans gibi ultrasonikasyon parametreleri nişasta granülünde gözenek oluşumuna ve çatlamaya sebep olmaktadır. İşlem sonunda hasar gören uzun zincirler uygun boyutlara parçalandıktan sonra oluşan çift sarmal yapı sindirime karşı dirençli hale gelmektedir (Zeng vd., 2015; Zhu, 2015).

Yapılan bir çalışmada 24 kHz ultrases dalgası ham ve jelatinize haldeki mısır nişastasına çeşitli sürelerde (1-2-4-8 ve 16 dakika) uygulanmıştır. Ham nişastada başlangıçta % 4.7 olan dirençli nişasta miktarı 16 dakikalık uygulama sonucunda % 6.2'ye çıkarken jelatinize nişastanın % 2.1 olan değeri % 4'e yükselmiştir (Flores-Silva vd., 2017).

Başka bir çalışmada ise çiğ ve pişmiş olmak üzere buğday, mısır, arpa ve pirinç nişastalarına iki farklı sürede (15, 30 dk) uygulanan ultrasonifikasyon sonunda, oluşan DN miktarı tüm örneklerde uygulama süresiyle pozitif korelasyon göstermiştir (Kaur ve Gill, 2019).

2.3. Dirençli Nişastanın Ekmekte Kullanımı

Ekmek dünya genelinde nişasta, mineral, diyet lif ve enerji kaynağı olarak bir çok farklı formda birinci derecede tüketilmekte olup ekmek yapım teknolojisi de insanlığın bildiği en eski teknolojilerdendir (Ertop vd., 2012; Djurle vd., 2018). Son zamanlarda değişen beslenme alışkanlıklarına, artan alerji reaksiyonlarına bağlı olarak buğday harici diğer tahıllarda kullanılarak organoleptik kalitesi daha iyi ve beslenme profili daha yüksek olan ekmekler elde edilmektedir (Callejo vd., 2016). Rafine edilmiş beyaz unun kullanılması, tam tahıllı ekmeklerle karşılaştırıldığında beyaz ekmeklerde lif içeriğinde ve besin yoğunluğunda azalmaya sebep olur. Ayrıca beyaz ekmeğin proteinleri lisin ve treonin gibi gibi esansiyel aminoasitleri düşük seviyede içerir. İdeal ekmek; önemli bir protein, diyet lif, iz elementler, vitamin, magnezyum ve antioksidant kaynağı olmasının yanı sıra düşük glisemik indeks değerine sahip olmalıdır (Dewettinck vd., 2008).

Günlük tüketilen gıdalar arasında, hızlı sindirilebilir diğer ürünler ile karşılaştırıldığında ekmeğin önemli bir yeri vardır. Ucuz, besleyici ve kolay ulaşılabilir olması diyetten çıkarılmasını zorlaştırmaktadır. Türkiye'de günlük tüketim miktarı ortalama 5 dilim ve üzeri olan ekmeğin, dirençli nişasta kaynağı olarak iyi bir alternatif olacağı düşünülmektedir (Taş ve El, 2000).

Ekmeğin sindirilebilirliği; doğrudan DN ekleme, buğday unu ile yer değiştirme prensibine göre lif oranı yüksek bileşenler ekleme ya da ekmek yapma yönteminde değişiklikler yaparak nişasta yapısını farklılaştırmaya dayanan uygulamalar ile azaltılmaktadır. Aşağıda bu konu ile ilgili literatür çalışmalarından örnekler verilmiştir.

Sağlık nedenlerinden dolayı karbonhidrat ve kalori alımını sınırlandırmak zorunda olan bireylerin beslenmesinde ekmeğin formülasyonundaki nişasta azaltılarak kullanılabilinmektedir. Böylelikle diyet gereksinimleri sağlanırken lif alımı artar. Beyaz ekmek üretiminde, ekmeğin duyusal özellikleri çok fazla değiştirilmeden gevreklik ajanı ve tekstür düzenleyici olarak içeriğe eklenerek, karbonhidrat varlığını azaltıp yüksek lif oranı sağlamak için DN kullanımı uygulanan yöntemlerden biridir (Sajilata ve Singhal, 2005; Arp vd., 2017).

Babu ve Parimalavalli (2017), tatlı patates nişastasından enzimatik yöntemler ile elde ettikleri DN_3'yı ekmek formülasyonuna % 10 ve % 15 oranlarında eklemişlerdir. 0. Gün kontrol örneğinde % 0.2 olan DN miktarı sırasıyla % 8.72 ve % 12.99 olmuştur. 4

günlük depolamanın sonunda bu değerler kontrol ekmekte neredeyse değişmemiş olup, % 10 ilave oranında artarak % 9.09 ve % 15 ilave oranında artarak % 13.99 olmuştur.

Shumoy vd. (2018), % 0-10-20-30 oranlarında ekşi hamur ilavesinin ve 0-1-2-5 gün depolama süresinin tef ekmeğinin sindirilebilirliği üzerine yaptıkları bir çalışmada; en fazla DN miktarının, depolamanın 5. gününde ve % 30 ekşi hamur ilavesinde oluştuğunu bildirmişlerdir.

Liu vd. (2019b), aminoasit ve fenolik bileşenler gibi bioaktif maddeler içeren, fonksiyonel özellikleri bulunan mor yam ununu beyaz ekmek formülasyonuna ekledikleri çalışmada, % 40 ilave oranına kadar DN miktarının arttığını ve HSN miktarının azaldığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL METOD

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak; katkısız ekmeklik buğday unu (Hediye Un Fabrikası, Isparta, yeni öğütülmüş un yaklaşık 3 hafta oda sıcaklığında olgunlaştırılmıştır), saf pirinç nişastası (Kimbiotek, İstanbul), TS 933 yemeklik tuz standardına (TSE, 1986) uygun tuz, pres yaş maya standardına uygun ve en az %30 kuru maddeye sahip olduğu bildirilen pres yaş maya ve içme suyu kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Pirinç nişastasından dirençli nişasta elde edilmesinde kullanılan yöntemler

Piyasadan temin edilen saf pirinç nişastasından dirençli nişasta elde edilmesinde iki farklı yöntem uygulanmıştır. Bu yöntemler aşağıda ayrı alt başlıklar halinde verilmiştir.

3.2.1.1. Otoklavlama-retrogradasyon uygulaması

SPN'dan ilk olarak otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile dirençli nişasta (ORN) elde edilmiştir. Dirençli nişasta elde edilmesinde Dündar ve Göçmen (2013), tarafından belirtilen yöntem bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. Dirençli nişasta elde etmek amacıyla; 20 gr pirinç nişastası 80 ml içme suyu ile karıştırılıp (nişasta:su, 1:4) 121 °C'de 30 dakika basınç altında otoklavda (Biobase, Çin) tutulmuştur. Otoklavlanan nişasta oda sıcaklığında soğutulduktan sonra 4 °C'de 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra oluşan jel 1:2 oranında içme suyu ile karıştırılıp otoklavlama-soğutma döngüsü bir kez daha tekrar edilmiştir. Bu döngü tamamlandıktan sonra su-nişasta karışımı 45 °C etüvde (Wiseven, Won-105, Kore) (10 saat) sabit nem düzeyine kadar kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra labotaruvar tipi kesmeli öğütücüde (Retsch SM 300) partikül boyutu 125-200 µm aralığında olacak şekilde öğütülmüş ve denemelerde kullanılmak üzere polietilen torbalarda buzdolabı koşullarında muhafaza edilmiştir.

3.2.1.2. Mikrodalga uygulaması

SPN'dan dirençli nişasta elde etmek amacıyla uygulanan ikinci metod, Li vd. (2014), tarafından belirlenen yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak uygulanmıştır. 120 g pirinç nişastasına 1:1 oranında 40 °C'de her 10 dakikada bir cam bagetle karıştırılmak suretiyle 30 dakika içme suyuyla ön ıslatma yapılmıştır. Ön işlemden geçirilen örneğin su miktarı içme suyu ile 500 ml'e tamamlanarak 100 °C'de 600 Waat'ta (W) 15 dakika mikrodalga fırında (Samsung ME71A) ısıtılıp, 2 dakika bekletildikten sonra tekrar 7.5 dakika 100 °C'de 600 W'ta pişirilip, 10 dakika aynı ısıda muhafaza edilmiştir. Mikrodalgada işlem görmüş pirinç nişastası örneği (MDN) ağzı kapalı polietilen torbalarda, 4 °C'de analiz süresi boyunca saklanmıştır.

3.2.2. Ekmek yapma yöntemi

Ekmek örnekleri hazırlanırken Zakaria vd. (2018)'nın metodu esas alınmış ancak bazı değişiklikler yapılmıştır. Ekmek yapma işlemi otomatik ekmek yapma makinasında (Beko BKK-2500 Ekmaker, Türkiye), standart program ve orta pişirme ayarları (3 saat) seçilerek yapılmıştır. Kontrol ekmeği için 300 g ekmeklik katkısız buğday unu, dirençli nişasta katkılı ekmekler için un ile ikame olarak farklı oranlarda (% 0-2-4-6) ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanmış un karışımları kullanılmıştır. Ekmek örneklerine ait deneme deseni Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge3.1. Ekmek örneklerine ait deneme deseni

Buğday unu (g)	ORN(g)	MDN (g)
300	-	-
294	6	-
288	12	-
282	18	-
294	-	6
288	-	12
282	-	18

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta

Ekmek yapma makinasının haznesine un ve/veya un-dirençli nişasta karışımları, un esasına göre % 4 maya (TS 3522, TSE, 1992 - pres yaş maya standardına uygun), % 1.5 tuz (TS 933, TSE, 1986, yemeklik tuz standardına uygun) ve farinografta belirlenen oranda içme suyu eklenip sırasıyla karıştırma, fermantasyon gibi ön işlemlerden geçtikten sonra pişirme işlemiyle ekmek hazırlanmıştır. Ekmek üretim sonrasında

ekmekler hazneden çıkarılmış oda sıcaklığına gelene kadar soğutulduktan sonra analiz alınana kadar polietilen ambalajlarda muhafaza edilmişlerdir. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

3.2.3. Katkısız ekmeklik buğday ununda yapılan analizler

3.2.3.1. Nem tayini

AACC Metot 44-01.01 (AACC, 2010)'e göre yapılmıştır. Önceden sabit tartıma getirilmiş metal kaplara yaklaşık 2 g örnek tartılmış ve 135 °C etüvde (Wiseven, Won-105, Kore) 2 saat kurutularak su kaybı belirlenmiş ve % nem miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3.2. Kül tayini

AACC Metot 08-01.01 (AACC, 2010)'e göre yapılmıştır. 2-3 g kadar örnek tartılarak ağırlığı bilinen porselen krozelere konulmuştur. Örneklere 2-3 ml etil alkol ile ön yakma işlemi, bu işlemin ardından kül fırınında (Nüve, MF10, Ankara) 900 °C'de yaklaşık 4 saat koyu leke kalmayıncaya kadar 2. yakma işlemi uygulanmıştır. Desikatörde soğutulduktan sonra krozede kalan kül miktarının tartılmasından sonra çıkan sonuçlar % kül miktarı olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.3. Protein tayini

Toplam protein miktarı tayini AOAC Metot 920.87 (AOAC, 2002) uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 1 g örnek yakma tüpüne alınarak üzerine katalizör ve 25 ml derişik H_2SO_4 eklenmiştir. Açık yeşil renk görüldükten sonra 30 dakika daha yakma işlemine devam edilmiş, soğuduktan sonra destilasyon aşamasına geçilmiştir. Destilat 0.2 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Harcanan sarfiyata göre protein miktarı bulunmuştur.

3.2.3.4. Zeleny sedimantasyon testi

Sedimentasyon değerinin belirlenmesi sedimentasyon cihazı (Tekpa, Ankara) ile AACC Metot56-60.01 (AACC, 2010)'e uygun olarak yapılmıştır. 3.2 g un tartılarak 100 ml'lik kapaklı mezüre konulmuştur. Üzerine 50 ml bromfenol mavisi ilave edilip 5 sn içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır. Mezür sedim

cihazına yerleştirilerek 5 dk süreyle çalkalandıktan sonra içine 25 ml laktik asit çözeltisi ilave edilerek ve ağzı kapatılarak tekrar 5 dk çalkalanmak üzere sedimantasyon test cihazına bırakılmıştır. İşlem bitiminde dibe çöken kısım ml cinsinden okunmuştur.

3.2.3.5. Gecikmeli zeleny sedimantasyon testi

Sedimentasyon değerinin belirlenmesi sedimentasyon cihazı (Tekpa, Ankara) ile AACC Metod 56-60.01 (AACC, 2010)'e uygun olarak yapılmıştır. İşlem laktik asit çözeltisi konana kadar sedimantasyon testi ile aynı şekilde yapılmış daha sonra tüpler 37 °C'lik etüvde 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 25 ml test çözeltisi ilave edilmiş ve 5 dakika daha çalkalanmıştır. Çalkalama sonunda düz zemin üzerinde 5 dakika bekletilen tüplerin hacimleri okunarak gecikmeli sedimantasyon değeri kaydedilmiştir.

3.2.3.6. Yaş öz ve kuru öz tayini

Yaş ve kuru gluten, gluten yıkama veglutork cihazları (Ekin Gıda, Ankara) ile AACC Metot 38-12.02 (AACC, 2010)'e uygun olarak yapılmıştır. 10 g un örneği tartılarak yoğurma kabına aktarılmıştır. Örnek üzerine % 2'lik NaCl çözeltisinden 5,5 ml ilave edilmiştir ve hamur haline getirilmiştir. Yoğurma işleminden sonra hamur dinlenmeye bırakılmıştır. Gluten yıkama cihazında yıkama işlemi yapılmıştır. Örnekte nişasta kalmadığı kontrol edildikten sonra cam levha arasında sıkıştırılmıştır ve daha sonra tartılmıştır. Yaş öz miktarı % olarak hesaplanmıştır.

Kuru gluten analizinin prensibi yaş glutenin kurutulması ve elde edilen kuru glutenin tartılması prensibine dayanmaktadır. Glutork cihazında kurutulan örnek miktarı % olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.7. Amilaz aktivitesi tayini

Düşme sayısı değerinin belirlenmesi düşme sayısı cihazı ile (Ekin Gıda, Ankara) AACC Method 56-81.03 (AACC, 2010)'e uygun olarak yapılmıştır. Düşme sayısı, farinograf cihazında miktarı belirlenen un ve su ile hazırlanmış, sıcak jel belirli bir süre karıştırılmış sonra, içerisine bırakılan viskozimetre karıştırıcısının sıvılaştırılmakta olan jel içerisinde belirli süre batması için geçen süre (s) ölçülmüştür.

3.2.3.8. Toplam diyet lif tayini

Un ve nişasta örneklerinin toplam diyet lif içeriklerinin belirlenmesinde AACC Metod, 32-05.01 (AACC, 2000) kullanılmıştır. Falkon tüpüne 0.25 g örnek tartıldıktan sonra üzerine pH'sı (pH 8.2, 24°C) ayarlanmış MES-TRIS (Sigma) çözeltisi ilave edilip ve vorteks (DLAB, US) karıştırıcıda 1 dk karıştırılmıştır. Örnek üzerine 12.5 µL sıcaklığa dayanıklı α-amilaz solüsyonu ilave edilerek karıştırıldıktan sonra 95-100 °C'de çalkalamalı su banyosunda (Daihan, Kore) inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda su banyosundan alınan örnekler hızla 60 °C'ye soğutulup ve tüp içerisine 2.5 mL destile su ve 40 µL proteaz solüsyonu eklendikten sonra 60±1 °C'de 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda örneklerin üzerine 1.25 mL 0.561 N HCl eklenerek örnek karıştırılarak üzerine 60 µL amiloglukozidaz solüsyonu ilave edilmiştir. Örnekler 60 °C'de 30 dk inkübe edildikten sonra inkübasyondan alınan tüpler erlene aktarılarak 60 °C'deki % 95'lik etanol ile yıkanarak çökelme olması için oda sıcaklığında 60 dk bekletilmiştir. Çöken enzim çözeltisi darası alınmış Gooch krozelerine aktarılıp, Buchner hunisi ve erleni kullanılarak vakum pompası tarafından uygulanan vakum altında filtrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Falkon tüpleri içerisinde kalan parçacıklar % 78'lik alkol çözeltisi ile Gooch krozesi içerisine yıkanmış ve vakum uygulanarak kalıntılar 7'şer mL % 78'lik etanol, % 95'lik etanol ve aseton ile yıkanmıştır. Kalıntı içeren Gooch krozeleri 105 °C'de bir gece kurutulduktan sonra soğutularak tartıldıktan sonra 525 °C'de 2 saat yakılarak kül içerikleri belirlenemiştir. Hesaplama sonucu % toplam diyet lif olarak verilmiştir.

3.2.3.9. Farinograf analizi

Denemelerde kullanılan buğday unu ile hazırlanan hamurun % su absorbsiyonu, stabilite (dk), gelişme süresi (dk) ve yumuşama derecesi (BU) gibi farinografik özellikleri AACC Method 54-21.02 (AACC, 2000)'e göre Brabender marka farinograf cihazı (S300N,Germany) ile belirlenmiştir.

3.2.3.10. Ekstensograf analizi

Buğday ununun reolojik özelliklerinden enerji (cm^2), uzamaya karşı direnç (BU), uzamaya karşı maksimum direnç (BU) ve uzayabilirlik (mm) değerleri Brabender marka ekstensograf cihazı ile AACC Metod 54-10.01 (AACC, 2000)'e göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Pirinç nişastası örneklerinde yapılan analizler

3.2.4.1. Pirinç nişastası örneklerinde yapılan bazı kimyasal analizler

SPN, ORN ve MDN örneklerinde; nem (AACC Metot 44-01.01), kül (AACC Metot 08-01.01), protein (AOAC Metot 920.87), toplam diyet lif (AACC Metot 32-07.01) analizleri yapılmıştır.

3.2.4.2. Toplam nişasta ve dirençli nişasta miktarı tayini

Toplam nişasta ve dirençli nişasta tayini için AACC 32-40.01 Metodu (AACC, 2010)uygulanarak Megazyme dirençli nişasta analiz kiti (140307-1, Megazyme Int., İrlanda) kullanılmıştır. Doğal halde bulunan ve işlem uygulanan nişastalar analize tabi tutulmuştur. Bu yöntemde, 37 °C'de α-amilaz ve amiloglukozidaz varlığında 16 saat inkübe olan nişasta örneklerinden ilk aşamada dirençli olmayan nişasta çözünmüş ve glikoza parçalanmıştır. Dirençli nişasta ise santrifüj (Sigma 2-6, UK) işlemi sonrasındaki çöküntü kısımda elde edilmiş olup, etanolle yıkama ve potasyum hidroksit içinde çözme gibi aşamalardan sonra amiloglikozidaz enzimi ile glukoza hidroliz edilmiştir. Dirençli nişasta ve toplam nişasta değerleri ayrı ayrı, glukozun spektrofotometrik olarak belirlenmesiyle elde edilmiştir. Sonuçlar denklem 3.1, 3.2 ve 3.3'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Dirençli Nişasta (\%)} = \frac{\Delta E1 \text{ x } F \text{ x } 9{,}27}{W} \quad (3.1)$$

$$\text{Dirençli Olmayan Kısım (\%)} = \frac{\Delta E2 \text{ x } F \text{ x } 90}{W} \quad (3.2)$$

$$\text{Toplam Nişasta (\%)} = \text{Dirençli olan kısım (\%)} + \text{Dirençli olmayan kısım (\%)} \quad (3.3)$$

ΔE1: kör numuneye karşı okunan absorbans (dirençli nişasta için), ΔE2: dirençli olmayan nişasta için kör numuneye karşı okunan absorbans, F: 100/GOPOD absorbansı, W:[tartılan numune miktarı*(100-nem içeriği)*100], *9,27 ve *90: deneysel çevirme katsayıları

3.2.4.3. Şişme kuvveti ve suda çözünürlük indeksi tayini

Şişme kuvveti ve suda çözünürlük tayini Reddy vd. (2013), metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. 0.1 g örnek 10 ml su içine eklendikten sonra oluşan süspansiyon 85 °C'lik su banyosunda (Daihan, Kore) her 5 dakikada bir vortekslenerek (DLAB, US) 30 dk boyunca ısıtılmıştır. Oluşan nişasta jeli 2200 rpm'de15 dk santrifüjlenmiştir (Sigma 2-6, UK). Santrifüj sonrasında üstte kalan faz kurutularak içeriğindeki çözünmeyen nişasta ağırlığı ölçülmüştür. Sediment miktarının çözünmeyen madde miktarına oranı sonucunda şişme kuvveti, sıvı kısımda çözünen örnek miktarının tartılan örnek miktarına oranıyla da suda çözünürlük indeksi bulunmuştur. Hesaplamalarda aşağıda verilen denklem 3.4 ve 3.5 kullanılmıştır.

$$\text{Şişme kuvveti (g/g)} = \frac{\text{Sediment miktarı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı(g)} - \text{Çözünen nişasta miktarı (g)}} \quad (3.4)$$

$$\text{Suda çözünürlük (\%)} = \frac{\text{Sıvı kısımda çözünmüş madde miktarı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \text{x}100 \quad (3.5)$$

3.2.4.4. Su tutma kapasitesi tayini

Su tutma kapasitesinin tayini Reddy vd. (2013), metodu esas alınarak gerçekleştirilmiştir. 0.5 g örnek 6 ml distile su ile birlikte tüpe konularak 30 °C su banyosunda (Daihan, Kore) 30 dk boyunca devamlı karıştırıldıktan sonra 3000 g'de 10 dk santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrasında üstte kalan sıvı faz petri kabına alınarak 105 °C'de 4 saat kurutularak tartılmıştır. Santrifüj sonundaki yaş kalıntıdan da tartım alınmıştır. Denklem 3.6'ya göre yaş kalıntı miktarının çözünmeyen madde miktarına oranı bulunmuştur.

$$\text{Su tutma (g/g)} = \frac{\text{Yaş kalıntı miktarı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı(g)} - \text{Çözünmüş madde miktarı (g)}} \quad (3.6)$$

3.2.4.5. Yağ tutma miktarı tayini

Pirinç nişastalarının yağ tutma kapasiteleri Abdul-Hamid ve Luan (2000), tarafından belirlenen yönteme göre göre yapılmıştır. 4 g örnek 50 ml'lik santrifüj tüpüne tartılıp üzerine 20 ml mısır yağı eklenerek oluşturulan süspansiyon her 5 dakikada bir 30 s boyunca toplamda 30 dk vortekslenmiştir (DLAB, US). Ardından tüpler 1600 g'de 30 dk

santrifüjlenip (Sigma 2-6, UK) üstte biriken yağ, darası alınan boş bir tüpe aktarılmıştır. Buradan serbest kalan yağ miktarı bulunmuştur. Tüpün dibinde kalan yağlı sediment miktarı da tartılarak başlangıçta tartılan numune miktarı çıkarılarak absorbe edilen yağ miktarı denklem 3.7'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ tutma (g/g)} = \frac{\text{Yağlı sediment ağırlığı (g)} - \text{Başlangıçta tartılan numune ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \quad (3.7)$$

3.2.4.6. Emülsiyon kapasitesi tayini

Nişasta örneklerinin emülsiyon kapasiteleri belirlenirken Abdul-Hamid ve Luan (2000), tarafından belirtilen yöntem kullanılmıştır. 20 ml % 7'lik nişasta çözeltisi 50 ml'lik santrifüj tüpüne hazırlanmış ve üzerine 20 ml mısır yağı ilave edilerek karıştırıcıda (DLAB, US) yüksek devirde 5 dakika süresince karıştırılmıştır. Emülsiyon yapı bozulmadan tekrardan tüplere aktarılıp ve 3000 g'de 5 dk boyunca santrifrüjlenmiştir (Sigma 2-6, UK). Santrifüjlemeden sonra emülsifiye faz hacmi toplam sıvı hacmine oranlanarak emülsiyon kapasitesi denklem 3.8'e göre hesaplanmıştır.

$$\text{Emülsiyon kapasitesi (\%)} = \frac{\text{Emülsifiye faz hacmi (ml)}}{\text{Toplam sıvı hacmi (ml)}} \text{x}100 \quad (3.8)$$

3.2.5. Ekmek hamuru örneklerinde yapılan reolojik analizler

Ekmek hamurunun reolojik özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla; otoklovlama-retrogradasyon ve mikrodalga uygulaması olmak üzere iki farklı yöntem ile elde edilen dirençli nişasta örnekleri katkısız ekmeklik buğday ununa, un ile yer değiştirme prensibine göre % 0, % 2, % 4, % 6 olmak üzere dört farklı oranda ilave edilerek hazırlanan hamurlarda aşağıda ayrı başlıklar halinde verilen reolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3.2.5.1. Amilograf analizi

Ekmeklik buğday unu (kontrol) ve buğday ununa farklı oranlarda (% 2, % 4 ve % 6) ayrı ayrı ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan karışımların amilograf analizi Hediye Un Fabrikası'nda (Isparta) bulunan Brabender marka amilograf cihazı ile AACC 22-10.01 Metodu'na göre test edilmiştir. Amilograf analizi ile örneklerin; jelatinizasyona

başlama sıcaklığı (°C), jelatinizasyon sıcaklığı (°C) ve maksimum jelatinizasyon derecesi (B.U.) gibi özellikleribelirlenmiş ve birbiriyle karşılaştırılmıştır.

3.2.5.2. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi

Buğday unu ve dirençli pirinç nişastası karışımları ile hazırlanan hamurların tekstür analiz cihazında (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik probu (SMS/Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig) kullanılarak (ön test hızı 2.0 mm/sn, test hızı 3.3 mm/sn, son test hızı 10.00 mm/sn, aralık 75 mm, 5 kg'lık yük hücresi) hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç (Rmax), uzayabilirlik (Ext) ve kurve altındaki alan (ARmax/Ext) değerleri ölçülmüştür (Kieffer vd., 1998).

3.2.5.3. Hamur yapışkanlık testi

Buğday unu ve dirençli pirinç nişastası karışımları ile hazırlanan hamurların Tekstür analiz cihazında (TA.XT Plus, Stable Micro SystemsLtd., Godalming, Surrey, İngiltere) yapışkanlık probu (Chen-Hoseney Dough Stickiness Rig (A/DSC)) kullanılarak (ön test hızı 0.5 mm/sn, test hızı 0.5 mm/sn, son test hızı 10.00 mm/sn, aralık 4 mm, kuvvet 40 g, 5 kg'lık yük hücresi) yapışkanlık (g), adezyon (g.sn) ve hamur gücü (mm) değerleri belirlenmiştir (Chen ve Hoseney, 1995).

3.2.6. Ekmek örneklerinde yapılan analizler

3.2.6.1. Ekmek örneklerinde yapılan kimyasal analizler

Kontrol ekmek ve DN eklenmiş ekmek örneklerinde; nem (AACC Metot 44-01.01), kül (AACC Metot 08-01.01), protein (AOAC Metot 920.87), toplam diyet lif (AACC Metot 32-07.01) analizleri yapılmıştır.

3.2.6.2. Ekmek örneklerinde yapılan fiziksel analizler

3.2.6.2.1. Ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerleri

Ölçümler dijital kumpas aleti kullanılarak ekmeğin eninin, boyunun ve yüksekliğinin 3 farklı noktasından mm cinsinden belirlenip ortalamaları alınarak yapılmıştır.

3.2.6.2.2. Ekmek spesifik hacminin belirlenmesi

Ekmek hacmi ekmeğin işgal ettiği boşluktur ve ekmek için önemli bir kalite kriteri olan ekmek hacminin belirlenmesi AACC Method 10-05.01 (AACC, 2010)'e göre hardal tohumu ile yer değiştirme prensibine göre hesaplanmıştır.

3.2.6.2.3. Ekmek içi gözenek yapısı ve değerlendirilmesi

Ekmekler tam ortasından enine ikiye bölünerek gözenek durumu Dallman gözenek skalası ile karşılaştırılmış ve gözenek puanı tespit edilmiştir. Dallman skalası 1'den 8'e kadar numaralandırılmış ve her numara için gözenek faktörü verilmiştir (Elgün vd., 2002).

3.2.6.2.4. Ekmek ağırlığı ve pişme kaybının belirlenmesi

Ekmek ağırlığı ölçümü, ekmek fırından çıktıktan en az 1 saat sonra yapılmıştır (Elgün vd., 2002). Ekmeğin ağırlığı ile başlangıçta kullanılan hamur ağırlığı arasındaki fark belirlenerek pişme kaybı hesaplanmıştır.

3.2.6.2.5. Ekmek içi ve kabuk renginin belirlenmesi

Numunelerden üç farklı bölgeden Minolta CR-410 Renk ölçer (Tokyo, Japonya) cihazı ile ölçüm yapılmış ve renk bileşenleri L*,a* ve b* değerleri tespit edilmiştir. Renk skalası; a değeri [(+) kırmızı, (-) yeşil], b değeri [(+) sarı, (-) mavi] ve L değeri [(0)Siyah-(100)Beyaz] olarak kullanılmıştır.

3.2.6.3. Ekmek içi yumuşaklık ve doku özeliklerinin belirlenmesi

Ekmekler fırından çıktıktan 6 saat sonra, ekmek içi yumuşaklık değerleri Tekstür analiz cihazı **(**TA.XT Plus, Stable Micro SystemsLtd.,Godalming, Surrey, İngiltere) ile AACC Metod 74-09.01'e göre belirlenmiştir. Örnekler üretildikleri gün analize alınmıştır. Ekmek içi yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik gibi doku özelliklerin belirlenmesinde TPA (Doku Profil Analizi) analizi 5 kg'lık yük hücresi kullanılarak uygulanmıştır. (36mm'lik silindir prob, ön test hızı: 1 mm/sn, test hızı: 1.7 mm/sn, son test hızı: 10 mm/sn, Strain: %40).

3.2.7. İstatistiksel analizler

Un, dirençli nişasta ve üretilen ekmek örneklerinin ölçülen tüm özelliklerine ilişkin olarak elde edilen verilerin varyans analizleri Duncan testine göre yapılmıştır. Analizler için SPSS (16.0 Ver.) istatistik paket programından faydalanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Katkısız Ekmeklik Buğday Ununa Ait Analiz Değerleri

Un örneğinde yapılan kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Katkısız ekmeklikbuğday ununda, nem % 11.76, kül % 0.53, protein % 11.80, sedimantasyon 40.5 ml, gecikmeli zelenysedimantasyon değeri 42.05 ml, yaş gluten 28.5 ml, kurugluten 9.57 ml, toplam diyet lif % 3.86 ve düşme sayısı 412.5 sn olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Katkısız ekmeklik buğday ununa ait kimyasal değerler

Analizler	Değerler
Nem (%)	11.76±0.25
Kül (%)	0.53±0.02
Protein (%)	11.80±0.05
Sedimantasyon (ml)	40.5±0.01
Gecikmeli Sedimantasyon (ml)	42.05±0.07
Yaş Gluten (ml)	28.5±0.05
Kuru Gluten (ml)	9.57±0.02
Toplam Diyet Lif (%)	3.86±0.03
Düşme Sayısı (s)	412.5±4.9

Katkısız ekmeklik buğday unu örneğinin kül değerinin Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğinde belirtilen değerden (0,7<% Kül≤ 0,8) daha düşük olduğu, nem, protein, düşme sayısı, sedimantasyon ve gecikmeli sedimantasyon değerlerinin ise tebliğde belirtilen değerlere (nem en çok % 14.5, protein en az % 10.5, düşme sayısı en az 250 s, sedimantasyon en az 26 ml, gecikmeli sedimantasyon en az 26ml) uygun olduğu saptanmıştır (Anonim, 2018).

Sanz-Penella vd. (2010), buğday unuyla yaptıkları bir çalışmada kül değerini % 0.53 olarak bildirmişlerdir. Buğday ununun kimyasal özelliklerinin ekmek yapma üzerine etkisinin incelendiği başka bir araştırmada ise bazı sert buğday unlarının kül değeri % 0.56, % 0.49 ve % 0.58 olarak bulunmuştur (Siliveru vd., 2017).

Boita vd. (2016), buğday unu ve kepeğini karıştırarak oluşan hamurun reolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında una ait bazı değerler; nem % 12.89, protein % 13.99, diyet lif % 1.4, yaş gluten % 28.81 olarak belirtmişlerdir.

Liu vd. (2014), mekanik olarak hasar görmüş buğday unu nişastasının noodle ve ekmek kalitesi üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada una ait bazı değerler; nem % 12.56, kül % 0.40, protein % 11.98, sedimantasyon 35.3 ml, yaş gluten % 31.18, düşme sayısı 387s olarak bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday ununun nem, kül, protein değerlerinin literatürde yapılan çalışmalara benzer olduğu belirlenmiştir.

Buğdayın öğütme ve fırınlama gibi teknolojik kalitesine karar vermede temel parametre olarak baz alınan içeriğindeki proteinin miktarı ve niteliği ile karbonhidrat-amilaz kompleksidurumunun (amilaz içeriği ile nişasta zararının derecesi) belirlenmesi için sedimantasyon değeri (SDS ve Zeleny Testi) ve düşme sayısı ölçülür (Hrušková vd. 2004). Ekmeklik buğday ununun gluten kalitesi bakımından iyi olarak değerlendirilebilmesi için yaş gluten miktarının % 28-35 arasında değer alması gerekir. Diğer bir kalite kriteri olan sedimantasyon değerinin 25-36 ml arasında olması iyi, 36 ml üzeri olması pekiyi olarak değerlendirilir (Elgün vd. 2002). Kullanılan ekmeklik un örneğinin yaş gluten miktarı % 28.5, sedimantasyon değeri 40.5 ml olduğu için kalitesinin iyi olduğu söylenebilir.

Cardoso vd. (2019), tarafından yapılan bir çalışmadatam buğday ununun yaş gluten miktarı % 19.9 ve kuru gluten miktarı % 7.2 iken rafine edilmiş iki farklı beyaz unda bu değerler sırasıyla % 25.0-9.5 ve % 25.6-9.4 olarak bulunmuştur.

Düşme sayısı, una etki eden amilaz varlığının bir ölçüsüdür. Viskozite ile doğru orantılı, amilaz miktarı ile ters orantılı olarak değişir. Kullanılan ekmeklik buğday unu örneğine ait düşme sayısı (412.5 s), Codină vd. (2012), çalışmasındaki yaş gluten miktarı % 27.4 olan buğday ununun düşme sayısı (411.42 s) ile benzer bulunmuştur. Yapılanan bir başka araştırmada ise tip 650 buğday ununun düşme sayısı 235s ile 445s arasında değer almıştır. (Mireneosa ve Codină, 2017).

Gecikmeli sedimentasyon değeri, süne-kımıl zararı görmüş buğdayın veya bunlardan elde edilen unların belirlenmesinde uygulanan bir yöntemdir. Bu unlarda proteolatik enzim aktivitesi sonucunda gluten parçalanır ve gecikmeli sedimantasyon değeri, normal sedimantasyonla belirlenen değerden düşük çıkar (Ünal, 2009). Kullanılan ekmeklik buğday unu örneğinin gecikmeli sedimantasyon değeri (42.05 ml) normal

sedimantasyon değerinden yüksek bulunduğu için unun elde edildiği buğdayın süne zararı görmediği söylenebilir.

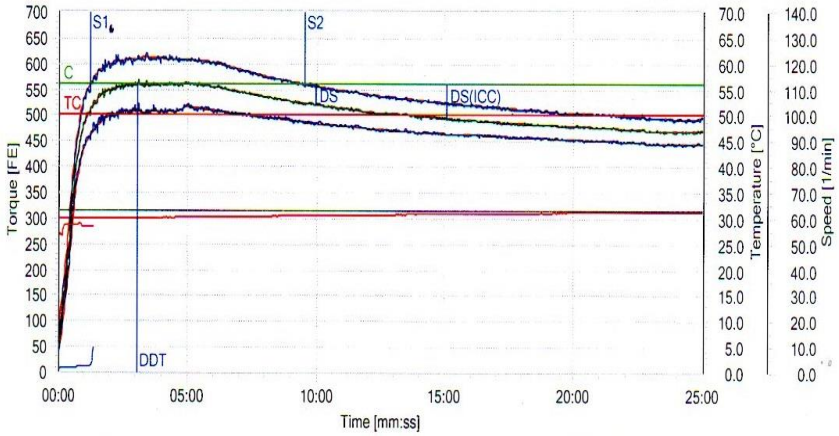
Rafine un tahılın işlenmesine bağlı olarak diyet lif kaybına uğrar (Barros vd., 2010). Diyet lif bakımından zenginleştirilmiş ekmek formülasyonu üzerine yapılan bir çalışmada buğday ununun toplam diyet lif miktarı % 3.4 olarak bulunmuştur (Sosulski ve Wu, 1988). Amerika'da yayınlanan verileri göre fırıncılık ürünlerinde kullanılan buğday ununda diyet lif miktarı % 2.7 olarak raporlanmıştır. Kullanılan un örneğinin (% 3.86), bu veri baz alındığında diyet lif bakımından zengin olduğu görülmektedir (USDA, 2018).

Katkısız ekmeklik unun farinograf ve ekstensograf analizi sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.2'de, farinogram ve ekstensogram grafikleri ise sırasıyla Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Çizelgelere göre ekmeklik katkısız buğday ununun gelişme süresinin 3.03 dk, stabilite değerinin 8.19 dk, su absorpsiyonlama değerinin % 58.9 ve yumuşama değerinin 65 BU olduğu belirlenmiştir. Kullanılan unun 45., 90. ve 135. Dakikada uzamaya karşı direnci gösterdiği direnç değerleri sırasıyla 252-252-256 BU ve uzamaya karşı gösterdiği maksimum direnç değerleri ise sırasıyla 329-312-309 BU olarak belirlenmiştir. Hamurun işleme kabiliyeti ile doğru orantılı olan uzayabilirlik değeri ise 45. dakikada 176 mm, 90. dakikada 160, 135. dakikada 150 mm olarak belirlenmiştir.

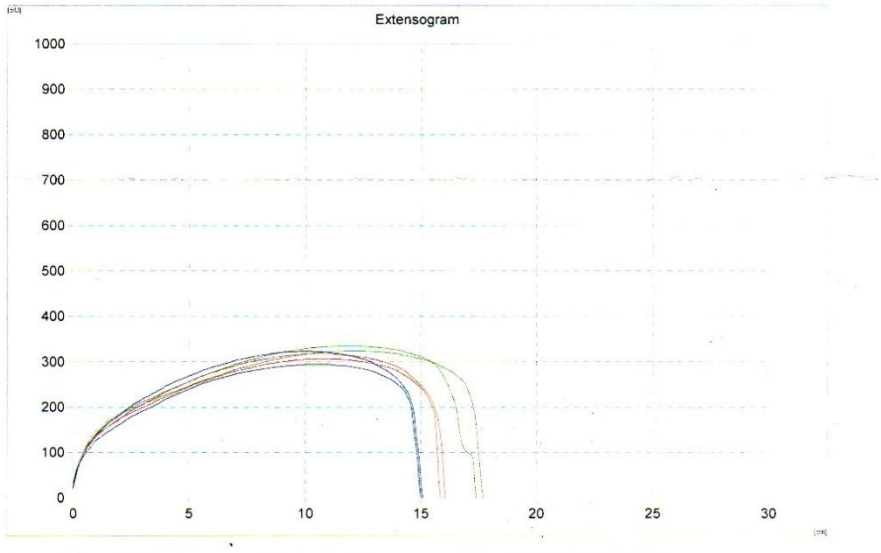
Çizelge 4.2. Katkısız ekmeklik buğday ununun farinografik ve ekstensografik değerleri

Özellikler	**Un Örneği**		
Farinografik Özellikler			
Su absorpsiyonu (%)	58.9		
Gelişme süresi (dk)	3.03		
Stabilite (dk)	8.19		
Yumuşama derecesi (BU)[1]	65		
Ekstensografik Özellikleri	**45. dakika**	**90. dakika**	**135. dakika**
Enerji (cm^2)	82	71	66
Uzamaya karşı direnç (BU)	252	252	256
Uzamaya karşı maksimum direnç (BU)	329	312	309
Uzayabilirlik (mm)	176	160	150
Oran	1.4	1.6	1.7

[1]:Brabender ünitesi



Şekil 4.1. Katkısız ekmeklik buğday unu farinogram grafiği



Şekil 4.2. Katkısız ekmeklik buğday unu extensogram grafiği

Unun su absorpsiyonlama kapasitesi, geçirdiği ekstraksiyon oranına, içeriğindeki glutenin miktarı ve kalitesine, diyet lif ve zedelenmiş nişasta miktarına göre değişir (Linlaud vd., 2009).

Unun gücünü gösteren parametreler hamurun stabilitesi ve gelişme süresi olup, bu değerler yükseldikçe hamurun gücü artar. Yumuşama derecesindeki artış zarar gören gluten ağı ve azalan gluten içeriği ile bağlantılandırılır (Śporin vd., 2017). Gluten, fırıncılık ürünlerinde hamurun viskozite, elastikiyet gibi reolojik özelliklerinin oluşması için gerekli olan suyu bağlayabilmek için var olan protein çeşididir (Wang vd., 2015). Hamurda yoğrulma esnasında ağa benzer bir yapı oluşturur. Fermantasyon esnasında ise maya tarafından üretilen CO_2'in tutulmasını ve ekmek hacminin fazla olmasını

sağlar (Tayyar, 2005). Gluten miktarı ve kalitesi yüksek olan unların stabiliteleri de yüksek olur (Gül, 2007).

Ekmek yapımında su absorpsiyonu özelliğinin 60-64 g/100gr arasında yüksek bir değer alması istenir. Hamur gelişme süresinin 3-9 dk arasında, stabilite değerinin 13-25 dk arasında ve yumuşama derecesinin 18-62 FU arasında değişmesi ekmek yapımı için kabul edilebilir (Stojceska vd., 2007).

Constantin vd. (2011), yaptıkları bir çalışmada buğday ununa ait farinogram değerlerini su absorpsiyonu % 61.4, stabilite 1.8 dk, gelişme süresi 1.5 dk olarak bildirmişlerdir.

Ekstensografta belirlenen enerji değeri ekmeklik unlarda 80 cm^2'den yüksek olduğunda hamurun gaz tutma kapasitesinin ve fermantasyon toleransının yüksek olduğu anlaşılır. (Elgün vd., 2002). Çalışmada kullanılan ekmeklik un bu kapsamda değerlendirildiğinde başlangıç enerji değerinin istenenden daha yüksek olması sebebiyle gaz tutma kapasitesinin iyi olacağı ve yapılacak ekmeklerde hacimde düşüklük, kabarmama problemlemleri ile karşılaşılmayacağı söylenebilir.

Son ürün kalitesini belirleyen parametrelerden biri olan maksimum direnç değeri, unun içerdiği protein oranına bağlıdır. Uzayabilirlik değerinde olduğu gibi maksimum direnç değeri de unun protein oranıyla doğru orantılı olarak artar (Sahari vd., 2006). Uzayabilirliğe karşı direnç oranı ile gluten özellikleri ve nihai ürünün hacim değerleri belirlenebilir. Oranın yüksek çıkması gluten kalitesinin zayıf olmasına işaret eder ve düşük hacimli son ürün eldesine sebep olur (Frakolaki vd., 2018).

Sobczyk vd. (2017), tarafından yapılan çalışmada; buğday ununun ekstensograf analizinde, enerji değeri 45., 90. ve 135. dakikalarda sırasıyla 76, 83 ve 91 cm^2, uzamaya karşı direnç 139, 153 ve 138 BU, uzayabilirlik 139,153 ve 138 mm ve uzamaya karşı maksimum direnç 383, 435 ve 486 BU olarak raporlanmıştır.

4.2. Pirinç Nişastası Örneklerinin Kimyasal Özellikleri

SPN, ORN ve MDN'ye ait bazı kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Saf pirinç nişastası, ORN ve MDN'ye ait bazı kimyasal değerler sırasıyla; nem % 5.11-8.74-60.93, kül % 0.36-0.50-0.20, protein % 0.14-0.14-0.03, toplam diyet lif % 11.42-9.1-

10.28, toplam nişasta % 82.27-70.82-71.58 ve dirençli nişasta % 0-0.57-0.71 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Pirinç nişastası örneklerinin kimyasal bileşimi

Analizler	**Nişasta Örnekleri**		
	SPN	**ORN**	**MDN**
Nem (%)	5.11^{bc}±0.17	8.74^{b}±0.77	60.93^{a}±0.72
Kül (%)	0.36^{ab}±0.02	0.50^{a}±0.05	0.20^{bc}±0.02
Protein (%)	$0.14^{a(1)}$	0.14^{a}	0.03^{b}
Toplam Diyet Lif (%)	11.42^{a}	9.1^{ab}	10.28^{a}
Toplam Nişasta (%)	82.27^{a}±0.01	70.82^{b}±0.06	71.58^{b}±0.2
Dirençli Nişasta (%)	0^{c}	0.57^{b}±0.01	0.71^{a}±0.02

SPN: Saf pirinç nişastası
ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Nijerya'da yetişen pirinç kültürlerinden elde edilen nişastaların özelliklerinin incelendiği bir araştırmada nem değerleri % 10.90, % 10.40, % 12.77 ve % 11.74; kül değerleri % 0.20, % 0.22, % 0.23, % 0.24 olarak bulunmuştur (Ashogbon ve Akintayo, 2012).

Meksika'da yetiştirilen pirinç kültürlerinden elde edilen nişastaların yapısal, fizikokimyasal ve besinsel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, işlem görmemiş pirinç nişastalarının dirençli nişasta miktarı % 0, % 0.1, % 2.9, % 3.9 olarak bildirilmiştir (Chávez-Murillo vd., 2012).

Yapılan başka bir çalışmada kullanılan pirinç nişastasının bileşiminde, % 97.4 nişasta, % 0.3 protein ve % 0.03 kül bulundurduğu bildirilmiştir (Sittipod ve Shi, 2016).

Khunae vd. (2007), ısı-nem uygulamasının pirinç nişastasının termal ve yapısal özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada 3 farklı örneğe ait başlangıç protein değerleri; % 0.24, % 0.34, % 0.56 olarak bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise kül değeri % 0.26 olan pirinç nişastanın protein değerinin % 0.65 olduğu belirtilmiştir (Jiranuntakul vd., 2011).

Literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında kullanılan SPN'nin protein ve nem miktarının düşük, kül ve dirençli nişasta miktarının benzer olduğu söylenebilir.

MDN'nın nem içeriğinin yüksek olmasının sebebi olarak, ön ıslatma etabında yapıya giren suyun ısınında etkisiyle nişasta granüllerinde tutulması olduğu söylenebilir.

Saf pirinç nişastasına ait toplam nişasta değerinin, Pachuau vd., (2017) tarafından yapılan bir çalışma ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak aynı olduğu görülmüştür.

González ve Pérez (2002), yaptıkları bir çalışmada, başlangıçta % 0.21 ham lif bulunduran mercimek nişastasının mikrodalgada işlem gördükten sonra ham lif içeriğinin azalarak % 0.15'e düştüğünü raporlamışlardır.

DN örnekleri toplam nişasta ve diyet lif miktarı bakımından birbirleri ile karşılaştırıldığında MDN'nin daha fazla miktarda nişasta (% 71.58) ve diyet lif (% 10.28) bulundurduğu görülmektedir. Çalışmadaki sonuçlara paralel olarak, Deka ve Sit (2016), taro nişastası üzerinde mikrodalga ve otoklav gibi çeşitli modifikasyon yöntemleri ile yaptıkları çalışmada başlangıçta toplam nişasta ve diyet lif oranı % 98.48 ve % 0.31 iken mikrodalga sonunda % 97.94 ve % 0.24, otoklavlama sonunda ise oranın biraz daha azalarak % 95.09 ve % 0.16 olduğunu raporlamışlardır.

Yapılan bir çalışmada otoklavlama-retrogradasyon uygulaması sonunda pirinç nişastasındaki toplam nişasta oranının düştüğü belirtilmiştir (Iftikhar ve Dutta, 2019). ORN ve MDN örneklerinin toplam nişasta kütlesindeki azalma, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık altında nişasta granüllerindeki zincirlerin koparak molekülün zedelenmesiyle açıklanabilir.

Tamamen jelatinize oldukları zaman enzimler tarafından kolaylıkla parçalanabilen nişasta granülleri soğutulduğunda, oluşan kristal yapı sindirim enzimlerine karşı daha dayanıklıdır (Escarpa vd., 1996). Başlangıçta yapısında dirençli nişasta bulundurmayan saf pirinç nişastasında OR sonunda % 0.57, MD sonunda % 0.71 oranında DN oluşması nişasta moleküllerinin sindirlmeye karşı daha fazla dayanıklı hale geldiğini göstermektedir.

Otoklavlama yöntemi ile nişasta süspansiyonu yüksek basınç altında ısıl işleme tabi tutulur. Nişastanın jelatinizasyonunun ardından oluşan nişasta jeli soğutulduğunda retrogradasyona uğrar ve DN_3 oranı artar (Niba,2005).

Yapılan bir çalışmada bileşiminde başlangıçta % 0.3 DN bulunduran mısır nişastası, 121 °C'de 1 saat otoklavlandıktan sonra soğutulmuş ve bu döngünün 4. tekrarından sonra DN miktarı % 12.2'ye yükselmiştir (Kim vd., 2010).

Başlangıçta kuru maddede % 0.2 oranında dirençli nişastaya sahip olan mısır nişastasında otoklavlama-soğutma döngüsünün üçüncü tekrarında bu oran % 8.1'e, on ikinci tekrarında ise % 14.1'e yükselmiştir. Buğday nişastasında ise başlangıçta % 0.5 oranında bulunan dirençli nişasta miktarı döngüler sonunda sırasıyla % 8.8 ve % 14'e çıkmıştır (Xue vd., 1996).

Başlangıçta içeriğinde % 0.44 DN_3 bulunan tapiyoka nişastasına asit ilave edilip otoklavlanarak içeriğindeki DN miktarının artırıldığı bir çalışmada, örneğin otoklavda kalma süresi 45 dakikayı aştığında mevcut DN miktarında azalma olduğu bildirilmiştir (Onyango vd., 2006).

Mikrodalga uygulaması ile nişasta jelleşirken şişme aşamasında moleküler zincirlerinin hidrojen bağları boyunca tekrar birleşerek yeni kristaller oluşması sağlanır (Li vd., 2018b). Mikrodalga uygulaması ile muz nişastasından dirençli nişasta oluşturulan bir çalışmada, ham muz nişastasında % 1.51 oranında bulunan dirençli nişasta miktarı işlem sonunda % 16.02'ye yükselmiştir (Aparicio-Saguilán vd., 2005).

Literatürdeki sonuçlarla paralellik gösteren dirençli nişasta miktarındaki artışın MD uygulaması sonunda OR uygulamasına göre daha yüksek oranda gerçekleşmesi, jelatinleşme sırasındaki hızlı ısıtma mekanizmasına bağlı olarak amilozun doğal nişastadan daha hızlı açığa çıkarak DN formunu oluşturması ile açıklanabilir.

4.3. Pirinç Nişastası Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri

SPN, ORN ve MDN'ye ait fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Uygulanan her iki işlemin de nişastanın su tutma kapasitesini, suda çözünebilme indeksini ve şişme kuvvetini azalttığı belirlenmiştir. Nişasta örnekleri su tutma ve şişme gücü açısından karşılaştırıldığında; SPN'nin en yüksek (9.48g/g-18.07 g/g), MDN'nin ise en düşük (1.5 g/g-3.22 g/g) değerlere sahip olduğu görülmüştür. ORN ve MDN kendi arasında kıyaslandığında; suda çözünürlük indeksi ve şişme kuvveti açısından iki nişastanın birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Su tutma kapasitelerine bakıldığında ise; ORN'nin su tutma kapasitesinin MDN'den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. OR uygulaması sonucunda, SPN'nin 0.75 g/g olan yağ tutma miktarı artarak 0.88 g/g olurken, MD uygulaması ile (0.59 g/g) azaltmıştır. Emülsiyon oluşturma özelliklerine bakıldığında uygulan her iki işlemde başlangıçta % 2.15 olan emülsiyon kapasitesini (ORN-% 1.73, MDN-% 1.08) azaltmıştır.

Çizelge 4.4. Pirinç nişastası örneklerine ait fizikokimyasal analiz değerleri

Analizler	Nişasta Örnekleri		
	SPN	ORN	MDN
Şişme Kuvveti (g/g)	18.07[a(1)]	15.76[ab]	3.22[c]
Suda Çözünürlük İndeksi (%)	7.16[a]	5.2[b]	6.95[a]
Su Tutma Kapasitesi (g/g)	9.48[a]	8.95[a]	1.5[b]
Yağ Tutma Miktarı (g/g)	0.75[ab]	0.88[a]	0.59[b]
Emülsiyon Kapasitesi (%)	1.95[a]	1.13[ab]	0.69[b]

SPN: Saf pirinç nişastası
ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Su ile temas ettirilen ya da bağıl nemi yüksek bir ortamda bekletilen nişasta molekülleri, kütle-enerji transferi neticesinde suyun yapıya difüze olmasıyla birlikte şişer. Bu olay kristal bölgede çift sarmal yapıyı stabilize eden hidrojen bağlarının, nişastanın su içerisinde ısıtılması ile kırılarak ve bunun sonucunda oluşan hidroksil uçlarına su moleküllerinin hidrojen bağlarıyla bağlanmasıyla gerçekleşmektedir. Nişastanın şişme kapasitesini etkileyen faktörler arasında amilopektinin moleküler yapısı ve amiloz miktarının olduğu bilinmektedir (Lii vd., 1996; Tester ve Karkalas 1996; Huang vd., 2007). Ayrıca moleküler ağırlık, amiloz-amilopektin oranı, lipid-amiloz kompleksi, granülün amorf ve kristal yapısı şişme kuvvetini değiştiren diğer etmenlerdir (Zhu vd., 2017).

Su tutma kapasitesi, belirtilen sıcaklık, ıslanma süresi, santrifüjleme süresi ve koşulları altında 1 g kuru lif tarafından tutulan su miktarı olarak tanımlanır (Elleuch vd., 2011). Çözünürlük, yüksek oranda çözünmüş maddenin diğer bileşenlerle etkili biçimde karışıp düzgün görünümlü fabrikasyon ürün üretimi için önemlidir (Precha-Atsawanan vd., 2018). Su tutma ve suda çözünürlük özellikleri nişastaya uygulanmış olan termal işlemler, amiloz-amilopektin oranı ve nişasta ekstraksiyon işlemleri gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Singh ve Smith, 1997).

Sıcak bir ortamda granüle su girmesine bağlı olarak nişastadaki kristal oranı ile amiloz-amilopektin ve amiloz-amiloz interaksiyonu artar, hidrasyon azalır ve granül içindeki bağ kuvvetlerinin sağlamlaşması ile daha kararlı bir yapı meydana gelir. Oluşan bu yapı şişme kuvvetini azaltır (Yeh ve Yeh, 1993; Jayakody ve Hoover, 2008). Literatürdeki çalışmalar hidrotermal proses uygulanan nişastaların şişme kuvvetinin azaldığını göstermektedir (Li vd., 2010; Kong vd., 2015; Wang vd., 2018).

Farklı botanik kökene sahip nişastalar üzerinde yapılan bir çalışmada pirinç nişastasına ait şişme kuvveti ve çözünürlük değerleri sırasıyla 23-30 g/g ve % 11-18 olarak bulunmuştur (Singh vd., 2003).

Pirinç nişastasının bileşimindeki amiloz miktarına göre, yapısı ve fonksiyonel özellikleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada dokuz farklı örneğin şişme kuvveti % 19.4-29.8 g/g aralığında değişirken çözünürlük indeksi değerleri % 3.2-10.5 aralığında bulunmuştur (Cai vd., 2015).

Otoklavlama-retrogradasyon yöntemi uygulanan pirinç nişastasının fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, retrograde olmuş 3 farklı nişasta örneğinin çözünürlük indeksi ve şişme kuvveti azalmıştır (Iftikhar ve Dutta, 2019). Başka bir çalışmada ise mikrodalgaya maruz bırakılan tahıl nişastalarının çözünürlük değerlerinin, kontrol örneğe göre azalma gösterdiği bildirilmiştir (Lewandowicz vd., 2000).

Yapılan bir araştırmada mikrodalga uygulanan yer fıstığı nişastasındaki şişme gücünün azalması nişasta granülündeki kristal yapının daha düzenli hale gelmesiyle açıklanmıştır (Oyeyinka vd., 2019).

Villanueva vd. (2018), tarafından yürütülen bir çalışmada pirinç nişastası mikrodalgaya maruz bırakıldıktan sonra su tutma kapasitesi 1.57 g/g değerini almıştır. Aynı çalışmada örneğin başlangıç şişme kuvveti 13.76 g/g iken mikrodalga uygulandıktan sonra bu değer azalarak 7.50 g/g olmuştur.

Elde edilen sonuçlar, literatürde otoklavlanarak DN miktarı artırılan nişastada, çözünmeyen bileşenlerin fazlalaşmasına bağlı olarak su tutma kapasitesinin düşmesi ve dolayısıyla şişme gücünün azalmasıyla bağlantılandırılan bir çalışma ile benzerdir (Nasrin ve Anal, 2014).

Mikrodalga uygulaması ile elde edilen DN örneğinin şişme kuvvetinin SPN'a göre oldukça düşük değer alması, halihazırdaki jel forma işlem sırasında eklenen suyun etkisiyle oluşan yeni jel formun yapıdan ayrılamayacak kadar gevşek yapıda olmasıyla ilişkilendirilebilir.

Emülsiyon özellikleri hamur, salata sosları ve et ürünleri gibi gıda sistemlerinde proteinin yağ bağlama yeteneğinden dolayı önemli bir yere sahiptir (Adeleke ve Odedeji, 2010). Nişasta granülünün emülsiyon kapasitesi granül boyutuyla doğru orantılıdır (Li vd., 2013). Pirinç nişastası granülleri oldukça küçük yapıda olup daha küçük yağ damlalarını bağlayabileceği için partikül stabilizasyonunu sağlamada potansiyel barındırır (Song vd., 2015).

Yapılan bir çalışmada, nişastanın tek başına kullanıldığında proteinlerin emülsiyon özelliklerini etkilediği ancak granüler yapısının yağ-su fazını bir arada tutamayacağı için emülsiyon oluşturamayacağı raporlanmıştır (Demirkesen, 2015). Çalışmada kullanılan saf pirinç nişastasının emülsiyon kapasitesi çok düşüktür. Uygulanan ORN ve MDN işlemleriyle nişastanın emülsiyon kapasitesinin daha da azaldığı göz önüne alınarak hidrotermal işlemlerin nişastanın emülsiyon oluşturma özelliği üzerinde olumlu bir etki yaratmadığı söylenebilir.

Nişastanın emülsiyon oluşturma potansiyelinin bir göstergesi olan yağ tutma kapasitesikarıştırma, yağ ile inkübasyon ve santrifüjlemeden sonra lifler tarafından tutulan yağ miktarı olup ürünün ağızda bıraktığı his ve aromasının korunması için önemli bir faktördür (Adebowale vd., 2005; Elleuch vd., 2011; Olu-Owolabi vd., 2011).

Çalışmada elde edilen verilere benzer olarak, otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile pirinç nişastasından dirençli nişasta elde edilen bir araştırmada, işlem görmemiş örneklerin yağ tutma kapasitesi % 0.58 ile % 0.88 arasında değer alırken uygulama sonunda dirençli nişastalarda bu oran yükselerek % 1.02 ile % 1.05 arasında değişmiştir. Bu yükselişin sebebi olarak artan sıcaklığa bağlı olarak amiloz-lipid komplekslerinde gelişen hidrofobik yapının varlığından bahsedilmiştir. Aynı çalışmada su tutma kapasitesi ve çözünürlük indeksi değerlerinin dirençli nişasta örneklerinde kristal yapının varlığı ve amiloz-amiloz/ amiloz-amilopektin zincirleri arasındaki etkileşimden dolayı daha düşük değer aldığı belirtilmiştir (Ashwar vd., 2016).

Olu-Owolabi vd., (2011), protein içeriği düşük olan nişasta örneğinin yağ tutma kapasitesinin de düşük olduğunu bildirmiştir. Örnekler arasında protein miktarı en düşük olan MDN'nin (% 0.03), en düşük yağ tutma kapasitesine sahip olması bu hipotezle açıklanabilir.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde uygulanan OR ve MD işlemlerinin granül yapısını değiştirerek içerisindeki bağları kuvvetlendirdiği ve kristaller oluşturduğu buna bağlı olarakta sertliğin artması ile şişme kuvveti, çözünürlük ve su tutma kapasitesinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

4.4. Katkısız Ekmeklik Un ve DN Karışımlarının Reolojik Özellikleri

Ekmek hamurunun reolojik özellikleri fırıncı için mekanik işleme sırasında hamurun davranışını belirlemek ve oluşma-pişme aşamasında gözenek büyümesini ve stabiliteyi ayarlamak olmak üzere 2 sebepten dolayı önemlidir (Stojceska vd., 2007).

4.4.1. Ekmek hamuru amilograf değerleri

Farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamur örneklerinde yapılan amilograf analizi sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 4.5'te verilmiştir. Dirençli nişasta ilave edilmeyen sadece katkısız ekmeklik buğday örneği ile hazırlanan hamur örnekleri kontrol örneği olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 4.5. Dirençli nişastanın ekmek hamurunun amilograf özellikleri üzerine etkisi

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Jeletinizasyon başlangıç sıcaklığı (°C)	Jeletinizasyon pik sıcaklığı (°C)	Jelatinizasyonun maksimum noktasındaki viskozite (B.U.)
Kontrol	0	60.5$^{e(1)}$	87.1^{c}	865^{c}
ORN	2	66.8^{a}	88.0^{b}	877^{b}
	4	64.1^{b}	88.1^{b}	860^{d}
	6	64.5^{b}	88.4^{a}	782^{f}
MDN	2	61.1^{d}	88.1^{b}	908^{a}
	4	61.5^{cd}	88.3^{ab}	876^{b}
	6	61.9^{c}	88.5^{a}	804^{e}

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Çizelgede aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Jelatinizasyonun maksimum noktasındaki viskozite için amilogramdan elde edilen tüm verilerde örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. ORN'nin eklendiği hamurlar kontrol örneği ile karşılaştırıldığında (Çizelge 4.5) tüm ilave oranlarında jelatinizasyon başlangıç sıcaklığının arttığı görülmüştür. Ancak kontrol örneğe göre

(60.5 °C) en fazla artış 66.8°C ile % 2 ilave oranında meydana gelmiştir. Tüm ilave oranları jelatinizasyon pik sıcaklığını yükseltmiş ve ilave oranı arttıkça bu değer sınırlı düzeyde de olsa bir artış sergilemiştir. Jelatinizasyonun maksimum noktasındaki viskozite kontrol örneğinde 865 B.U. iken, % 2 ilave oranında bu değer artarak 877 B.U.'ne yükselmiş, % 4 ORN eklendiğinde neredeyse hiç değişmemiş ancak % 6 ilave oranında 782 B.U. olarak tüm örneklerdeki en düşük değeri almıştır.

Çizelge 4.5'ten de görülebileceği gibi; MDN'nin ekmek hamuruna eklenme oranı arttıkça, kontrol hamurda 60.5 °C olan jelatinizasyona başlama sıcaklığı, % 2 ilave oranında 61.1 °C, % 4 ilave oranında 61.5 °C ve %6 ilave oranında 61.9 °C değerini almıştır. Jelatinizasyon pik sıcaklığı ise kontrol hamurda 87.1 °C iken % 2, % 4 ve % 6 ilave oranlarında sırasıyla 88.1-88.3-88.5 °C değerlerini almıştır. Jelatinizasyonun maksimum noktasındaki viskozite % 2 oranında MDN ilave edilmesiyle tüm örnekler içerinde en yüksek değeri (908 B.U.) göstermiştir. MDN ilave oranı arttıkça bu değer düşüş göstermiştir.

Amilograf analiz sonuçları unların alfa amilaz aktiviteleri ve ilk fırın fazında hamurun davranışı hakkında bilgi vermektedir. Pik vizkozitesi yüksek olan unlar çok düşük alfa amilaz aktivitesine sahip olup bu undan elde edilen ekmek parçalanma eğilimine, kuru ekmek içi kalitesine ve kısa raf ömrüne sahiptir. Pik vizkozitesi nişasta granüllerinin fiziksel parçalanma öncesi serbestçe şişme yeteneğini göstermektedir. Yüksek viskoziteye sahip ürün eldesi yüksek şişme gücüne sahip nişastadan sağlanır. Ekmek yapım kalitesi iyi olan buğday unu 300-700 B.U. aralığında jelatinizasyon maksimum viskozitesine sahip olmalıdır (Shuey ve Tipples, 1980; Rojas vd., 1999).

Kontrol örneğe ait değerler, ekmek hamuru reolojisi ile ilgili yapılan bir çalışmadaki son üründe somun hacmi parametresinde en yüksek değeri alan buğday ununa ait amilogram testi sonuçları ile (jelatinizasyona başlama sıcaklığı 60.95 °C, jelatinizasyon pik sıcaklığı 87.1 °C ve maksimum noktadaki viskozite 937.5 B.U.) benzerlik göstermektedir (Komlenić vd., 2010).

Hassan vd. (2015), % 5 mercimek unu ilave edilmiş buğday ununa tapiyoka, pirinç, buğday, sorgum ve darı nişastası çeşitlerini farklı oranlarda ekleyerek hamurun reolojik özelliklerini inceledikleri bir çalışmada; kontrol örneğe ait amilograf değerleri; jelatinizasyona başlama sıcaklığı 63.9 °C iken % 5-10-15 oranlarında pirinç nişastası

eklenmesiyle sırasıyla 64.3-64.5-64.0 °C, jelatinizasyon pik sıcaklığını ise 91.3 °C iken sırasıyla 90.6-91.3-91.1 °C olarak bildirilmiştir.

Amilograf ile yapılmış olan çalışmada buğday unlarında pik viskozite değerleri 310-850 B.U. olarak değişmiştir (Mirić ve Pejin, 2008). Viskoamilograf kullanılarak yapılan bir çalışmada ise buğday unu için jelleşme sıcaklığı 60.7 °C ve viskozitesi 567 B.U. olarak tespit edilmiştir (Naruenartwongsakul vd., 2004).

Ekmek hamuruna % 0'dan % 6'ya kadar artan oranda dirençli nişasta eklenmesi, nişasta granüllerinin şişmeye ve parçalanmaya karşı dayanıklılığını artırarak jelatinizasyon başlama sıcaklığını ve jelatinizasyon pik sıcaklığını yükseltmiştir. Hamur, nem içeriği yüksek dirençli nişasta eklenmesi sonucu daha fazla hidratlanır. Bu olay nişastanın jelatinleşmesini kolaylaştırır ve nişasta granüllerinin şişme derecesini arttırarak maksimum noktadaki viskoziteyi yükseltir.

% 2 ve % 4 ORN ilavesinin jelatinizasyon başlama sıcaklığını yükseltmesine rağmen maksimum noktadaki viskozite değerlerini çok fazla değişime uğratmaması ekmek formülasyonuna eklenebileceğini göstermiştir.

Ayrıca % 4 MDN ilavesi de pik sıcaklığını sınırlı miktarda yükseltmiş olmakla birlikte viskoziteyi ve başlangıç sıcaklığını çok fazla değiştirmediği için ekmeğin dirençli nişasta miktarını artırmaya yönelik kullanılabileceği yargısına ulaşılmıştır.

4.4.2. Ekmek hamuru Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Buğday unundan elde edilen hamurun reolojik özellikleri proses boyunca değişmekte ve son ürün kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Hamurun reolojik özelliklerine ait değerler farklı enstrümental cihazlar ile ölçülerek buğday yetiştirmede yeni kültürlerin seçilmesi, öğütme ve fırıncılıkta ise kalite kontrol, proses adaptasyonu ve bileşenlerin etkilerinin belirlenmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Dunnewınd vd., 2004).

Dirençli nişasta eklenen ekmek hamurlarının uzamaya karşı gösterdikleri maksimum direnç (Rmax, g), uzayabilirlik (Ext, mm) ve pozitif alan değerleri (A, g.s) Çizelge 4.6.'da, Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik grafiği ise EK A'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. DN'nin ekmek hamurunun Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik özellikleri üzerine etkisi

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Rmax (g)	Ext (mm)	A (g.s)
Kontrol	0	53.90$^{c(1)}$	19.30^{c}	418.50^{bc}
ORN	2	65.96^{b}	20.34^{a}	438.03^{bc}
	4	46.80^{c}	28.37^{c}	589.68^{a}
	6	46.20^{c}	21.43^{bc}	455.59^{bc}
MDN	2	87.85^{a}	18.26^{c}	474.94^{b}
	4	45.44^{c}	20.86^{c}	397.55^{bc}
	6	32.97^{d}	24.08^{b}	344.52^{c}

Rmax: Uzamaya karşı gösterilen maksimum direnç, Ext: uzayabilirlik, A: kurve altındaki alan,
ORN: Otoklavlama- retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta,
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta,
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

% 2 ORN ilavesi, katkısız una göre hamurda Rmax değerini önemli ölçüde artırırken (sırasıyla 65.96g-53.9 g, $p<0.01$), diğer ilave oranları arasında istatiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir. ORN ilavesinin Ext ve A parametrelerine etkisi incelendiğinde; kontrol hamura göre en fazla artışın % 4 ORN ilavesinde olduğu görülmüştür ($p<0.01$). Ext ve A değerleri kontrol örneğinde 19.3 mm ve 418.5 g.s iken % 2, % 4 ve % 6 oranlarında ORN eklendiğinde sırasıyla 20.34, 28.37 ve 21.43 mm ve 438.03, 589.68 ve 455.59 g.s olarak saptanmıştır.

Hamura % 2 MDN ilave edildiğinde Rmax tüm denemelerdeki en yüksek değeri alırken (87.85 g), % 6 MDN ilavesinde ise en düşük değeri (32.97 g) almıştır. MDN ilavesinin Ext değerine etkisinin istatiksel anlamda fark oluşturduğu ($p<0.01$) tek oran % 6'dır (24.08 mm). % 2 ilave oranında bu değer kontrol örneğine göre az miktarda azalarak 18.26 mm ve % 4 ilave oranında ise artarak 20.86mm değerlerini almıştır. Bütün oranlar için MDN ilavesinin pozitif alan üzerine istatiksel olarak önemli bir farkı olmazken; % 2 ilave oranında artmış (474.94 g.s) ve % 4 ve % 6 oranlarında (sırasıyla 397.55 g.s ve 344.52 g.s) ise azalmıştır.

Reolojik özelliklerden hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç ve uzayabilirlik buğdayların farklı ürünlere işlenebilirliğini belirlemede kullanılmaktadır. Tahıl kimyasının anahtarlarından biri olan uzayabilirlik değeri, pişme performansı ve son ürün kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlar (Anderssen vd., 2004).

Üretimde arzu edilen optimum uzayabilirlik değerleri ürüne göre farklılık gösterir. Ekmek yapımda, son fermantasyon boyunca ve pişmenin ilk devrelerinde oluşan gaz hücrelerinin hamur ağırlığı altında çökmemesi için direnç değerinin ve uzayabilirlik değerinin yüksek olması gerekmektedir (Larroque vd., 1999).

Rmax, Ext ve A değerlerinin artışı göz önüne alındığında % 2 ORN ilavesinin ekmek yapımında kontrol örneğine göre daha olumlu sonuç vereceği söylenebilir. Ayrıca % 2 MDN ilavesinin kontrol örneğe göre, Ext değerini sınırlı düzeyde azaltmış olmasına rağmen Rmax'ı arttırdığı ve A değerinde önemli düzeyde bir iyileşme sağladığı için ekmeğe ilave edilebilecek uygun bir dirençli nişasta oranı olduğu söylenebilir.

4.4.3. Ekmek hamuru yapışkanlık değerleri

Yapışkanlık gıdanın ekipman yüzeyi, dil, diş, damak, parmak gibi yüzeylere bıraktığı etki olarak tanımlanır. İşleme ve ekmek kalitesi üzerine olumsuz etkileri olan yapışkanlık, hamur kuvvetinde, ekmek hacminde ve hamur karışma toleransında azalmaya sebep olur (Adhikari vd., 2001). Adezyon kuvveti hamurun elastik veya viskoz yapıda olup yüzeyden ayrılması ile ilgilidir (Grausgruber vd., 2003).

Dirençli nişasta eklenen hamurların hamur yapışkanlık (g), adezyon kuvveti (g.sn) ve hamur gücü (mm) değerleri Çizelge 4.7'de, verilere ait grafikler ise Ek B'de yer almaktadır.

Çizelge 4.7. Dirençli nişastanın ekmek hamurunun yapışkanlık, adezyon ve gücü üzerine etkisi

Örnek Çeşidi	İlave Oranı(%)	Yapışkanlık (g)	Adezyon (g.sn)	Hamur Gücü (mm)
Kontrol	0	6.97$^{d(1)}$	0.22^{c}	0.52^{b}
ORN	2	6.70^{d}	0.20^{c}	0.47^{b}
	4	27.36^{c}	2.14^{ab}	1.67^{ab}
	6	30.97^{bc}	3.45^{a}	2.36^{a}
MDN	2	28.54^{c}	1.87^{b}	1.70^{ab}
	4	33.34^{b}	2.81^{ab}	1.86^{ab}
	6	38.82^{a}	3.68^{a}	2.69^{a}

ORN: Otoklavlama- retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırınagöre önemsizdir.

% 2 ORN ilavesinin hamurun yapışkanlığı, adezyon ve hamur gücü üzerine etkisi olmazken, diğer ilave oranlarının bu parametreleri önemli oranda fazlalaştırdığı

gözlenmiştir ve işlem görmüş iki nişasta türünde de ilave miktarıyla orantılı bir artış söz konusudur. MDN içeriğindeki su miktarının, eklendiği hamur yapışkanlığının sırasıyla 28.54-33.34-38.82 g değerlerini almasına ve kontrol örneğe (6.97 g) göre çok fazla artmasına sebep olduğu belirlenmiştir. Yapışkanlığın % 4 ORN ilavesinde 27.36 g ve % 6 ORN ilavesinde 30.97 g değerlerini alması ilave edilen nişasta miktarı artıkça absorplanan su miktarının da artmasıyla ilişkilendirilebilir. Pirinç nişastasında pişirmeye bağlı olarak gelişen retrogradasyon sonunda kohezif yapılı jellerin oluşması beklenen bir durumdur (Viturawong vd., 2008).

Çizelge 4.7'de adezyon kuvvetinin ve hamur gücünün hamur yapışkanlığı arttıkça fazlalaştığı görülmektedir. MDN'nin tüm oranlarında ve % 4-6 ORN ilave miktarında hamura daha fazla kuvvet uygulanacağı ve bunun enerji kaybı olacağı göz önüne alınarak ve aynı zamanda % 2 ORN ilavesinin hamurun yapısını bozmadan kontrol örneğe en yakın değere sahip olduğu düşünüldüğünde ekmeğe ilave edilebilecek dirençli nişasta oranı olduğu söylenebilir.

Mercimek ve keçiboynuzu unuyla diyet lif bakımından zenginleştirilen beyaz ekmeğin fonksiyonel, besinsel ve teknolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada rafine keçiboynuzu eklenen hamurda yapışkanlığın % 10 arttığı belirlenmiştir. Ayrıca keçiboynuzu tohumu unu ve mercimek unu ikame oranı % 10 ve daha fazla olan ekmeklerde somun hacminde düşüş gözlenmiştir (Turfani vd., 2017).

4.5. Ekmek Örneklerinin Bazı Kimyasal Analiz Değerleri

Kontrol ekmek, % 2-4-6 oranlarında ORN ve MDN eklenmiş ekmek örneklerine ait kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Ekmeklerin nem değerlerinde, kontrol ekmeğe (% 19.5) göre her iki dirençli nişasta çeşidinde de ilave oranındaki artışla orantılı artma söz konusudur. Ancak ORN (% 20.27-21.05-22.16) ve MDN (% 23.56-25.44-28.28) eklenen ekmekler birbirleriyle karşılaştırıldığında MDN eklenen ekmeklerin nem oranı daha yüksektir. Bunun sebebi olarak MDN'nin başlangıçtaki nem miktarının fazlalığı gösterilebilir. Kontrol ekmeğe ait kül değeri % 0.82 iken, ilave miktarıyla orantılı olacak şekilde ORN'de % 1.30-1.70-1.90, MDN'de % 0.85-0.92-1.10 değerini almıştır. Diyet lif miktarı ise ORN ilavesinde istatistiki olarak önemli olmamakla birlikte yükselmiş (% 3.89-3.95-4.12) ve MDN ilavesi ekmekte bulunan diyet lif miktarını düşürme eğilimi göstermiştir (% 2.04-2.69-3.71). Kontrol ekmekte

% 8.4 olan protein değeri, ORN eklenen ekmeklerde sırasıyla % 8.7-7.65-7.65, MDN eklenen ekmeklerde sırasıya % 7.74-8.41-7.56 değerini almıştır.

Çizelge 4.8. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin kimyasal analiz değerleri

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Diyet Lif (%)	Protein (%)
Kontrol	0	19.5^{bc}	0.82^{c}	3.79$^{a(1)}$	8.4^{a}
ORN	2	20.27^{bc}	1.30^{b}	3.89^{a}	8.7^{a}
	4	21.05^{bc}	1.70^{a}	3.95^{a}	7.65^{b}
	6	22.16^{b}	1.90^{a}	4.12^{a}	7.65^{b}
MDN	2	23.56^{b}	0.85^{a}	2.04^{c}	7.74^{b}
	4	25.44^{ab}	0.92^{c}	2.69^{b}	8.41^{a}
	6	28.28^{a}	1.10^{b}	3.71^{ba}	7.56^{b}

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Rosell ve Santos (2010), liflerin ekmeğin fiziksel karakteristiğine etkisini inceledikleri bir çalışmada kontrol ekmeğin nem içeriği % 28.4 iken, formülasyonuna % 10 dirençli nişasta eklenmesiyle artarak % 32.5'e çıktığı belirlenmiştir.

Kül miktarının dirençli nişasta miktarıyla artması pirinç nişastasından gelen mineral maddenin fazlalaşmasıyla ilişkilendirilebilir.

Başka bir çalışmada ise glutensiz ekmek formülasyonuna otoklavlama-retrogradasyon metodu uygulanarak oluşturulan dirençli nişastanın eklenmesiyle elde edilen ekmekte meydana değişimler nem miktarında (% 29.9'dan % 30.5'e) ve toplam diyet lif miktarında (% 3.4'ten % 10.4'e) artış, protein miktarında (% 4.3'ten % 4.1'e) düşüş olarak bildirilmiştir (Giuberti vd., 2016).

Korus vd. (2009), glutensiz ekmek hamuru ve ekmek üzerinde dirençli nişasta eklenmesiyle oluşan ürünün karakteristik özelliklerini inceledikleri bir çalışmada; dirençli nişasta eklenen örnekte toplam diyet lif % 89'a çıkarken, çözünür diyet lif oranı % 18 artmıştır.

Yapılan bir çalışmada, olgunlaşmamış muz nişastasının otoklavlanmasıyla elde edilen dirençli nişastanın bisküvi formülasyonuna eklenmesi sonucu toplam diyet lif oranının % 16.8'den % 23.4'e çıktığı bildirilmiştir (Aparicio-Saguilán vd., 2007).

4.6. Ekmek Örneklerinin Fiziksel Özellikleri

Kontrol ekmek, % 2-4-6 oranlarında ORN ve MDN eklenmiş ekmek örneklerine ait fiziksel analiz değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin fiziksel değerleri

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Spesifik Hacim (cm^3/g)	Ağırlık (g)	Pişme Kaybı (g)	En (mm)	Boy (mm)	Yükseklik (mm)	Dallman Skala Değeri
Kontrol	0	3.82^{ab}	406.0^{a}	81.68^{bc}	12.66^{a}	16.06^{b}	$7.00^{a(1)}$	6.12^{a}
ORN	2	3.70^{b}	403.3^{abc}	80.27^{c}	12.03^{a}	16.56^{a}	6.56^{ab}	6.05^{a}
	4	3.64^{c}	399.6^{bc}	81.70^{bc}	12.30^{a}	16.53^{a}	6.73^{ab}	4.01^{b}
	6	3.45^{d}	403.0^{abc}	84.91^{b}	12.23^{a}	16.83^{a}	6.53^{ab}	2.87^{c}
MDN	2	3.78^{ab}	402.0^{abc}	78.27^{c}	12.13^{a}	16.16^{b}	6.93^{a}	6.01^{a}
	4	3.93^{a}	401.0^{bc}	85.04^{ab}	12.23^{a}	16.56^{a}	6.26^{b}	3.29^{bc}
	6	3.98^{a}	397.6^{c}	89.69^{a}	12.06^{a}	16.93^{a}	6.24^{b}	2.85^{c}

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

Kontrol ekmeğin spesifik hacim değeri ile (3.82 cm^3/g) karşılaştırıldığında; MDN ilavesinin tüm oranlarının ekmek hacmine etkisi önemsizken ORN katkılı ekmeklerde artan ilave oranına paralel olarak ekmek hacimlerinde azalma belirlenmiştir. % 4 ve % 6 ORN ilavesinde (sırasıyla 3.64-3.45 cm^3/g) istatistiki olarak önemli bir düşüş meydana gelmiştir ($p<0.01$). Genel olarak bütün ilave oranlarındaki düşüşle benzer bir sonuç parkia unu ile ekmekte dirençli nişasta miktarının arttırıldığı bir çalışmada da görülmektedir (Sankhon vd., 2013).

Formülasyona şeker ilavesinin ekmek yapma makinasında üretilen ekmeğin spesifik hacmine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada % 0 şeker ilavesi oranında spesifik hacim yaklaşık olarak 3.65 cm^3/g bulunmuştur (Trinh vd., 2016).

Hacimdeki azalmanın sebebi olarak, formülasyona eklenen diyet lifin gluten ile etkileşime girerek hamurun gaz tutma kapasitesini düşürmesi öne sürülmektedir (Pejcz vd., 2015).

Denemelerde üretilen ekmeklerin DN eklenmesine paralel olarak hacim değerlerindeki azalmanın bu çalışmalara benzer olduğu görülmüştür.

Ekmekler ağırlıkları bakımından karşılaştırıldığında; tüm ekmeklerde kontrol ekmeğine göre sınırlı düzeyde bir düşüş olduğu belirlenmiştir. Örneklerin en ve boy değerlerinde istatistiki olarak değişme olmazken, tüm ilave oranlarında örnek boylarında iyileşme söz konusudur. ORN ilavesi ekmeklerin yükseklik değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmamış, MDN ise % 4 ilave oranından sonra bu değerde kısmi bir azalmaya neden olmuştur.

Ekmek yapma makinası kullanılarak yapılan ekmeğe farklı unlar ekleyerek protein miktarını yükseltmeyi hedefleyen bir çalışmada buğday unundan elde edilen kontrol örneğin boyu 17.50 cm, eni 12.00 cm ve yüksekliği 7.50 cm bulunmuştur. İlave edilen tüm un çeşitlerinde yükseklik değeri düşmüştür. (Dirim vd., 2014).

Yapılan bir çalışmada diyet lif kategorisinde sayılan selülozun ekmek yapma makinasında pişirilen ekmek formülasyonuna % 20 oranında eklenmesiyle kontrol ekmeğin 7.27 cm ve 3.04 cm^3/g olan yükseklik ve hacim değerleri azalarak sırasıyla 6.18 cm ve 2.24 cm^3/g olmuştur (Seguchi vd., 2007).

Hung ve Morita (2004), % 5-10-15 oranlarında ticari çapraz bağlı mısır nişastası eklenen undan yapılan hamurun özelliklerini ve ekmeğin kalitesini inceledikleri bir çalışmada ekmek diliminin hacminde kontrol örneğine göre çok az gelişme olmakla birlikte ekmeğin dış görünümünde değişiklik olmadığını belirtmişlerdir.

Glutensiz ekmek ekmek formülasyonuna % 5 ve % 10 oranlarında dirençli nişasta eklenerek lif bakımından zenginleştirilen bir çalışmada spesifik hacmin kontrol ekmekte 2.75 cm^3/g değerini alırken ilave miktarı arttıkça sırasıyla 2.50 cm^3/g ve 2.36 cm^3/g değerlerini aldığı belirtilmiştir (Sciarini vd., 2017).

Diyet lif ile zenginleştirilen buğday unundan yapılan hamurun performansı ve ekmek kalitesinin incelendiği bir çalışmada; kontrol ekmekle karşılaştırıldığında bütün örneklerde hacmin azaldığı, toplam diyet lif miktarının ise arttığı bildirilmiştir (Wang vd., 2002).

Pişme kaybı, her iki DN içinde % 2 eklenme oranında azalmışken; % 4-6 ilavesinde kontrol örneğe ve eklenme oranına göre artmıştır. ORN ve MDN kendi arasında karşılaştırıldığında ise MDN eklenmesinin anlamlı bir fark oluşturduğu görülmektedir

($p<0.01$). Bunun sebebinin artan neme bağlı olarak hamurdaki suyun pişme esnasında daha fazla buharlaşması olduğu düşünülmektedir.

Ekmekte gözenekli yapı karışma, fermantasyon ve pişme esnasında bir dizi aerasyon sonucu gelişir (Gao vd., 2015). Elde edilen örneklerin Dallman skala değeri sonuçları incelendiğinde % 2 ORN ve MDN eklenmesi ile kontrol ekmeklerine yakın gözenek yapısının elde edilmesi DN katkısıyla birlikte hacmin azalıp sıkı bir yapı oluşmasına bağlanmıştır. Ancak DN miktarının ilave oranı arttıkça unun öz miktarındaki azalmaya bağlı olarak ekmeğin gözenek yapısı bozulmuş, düzensizlik ve gözenek çapı artmış, skala değerleri düşmüştür. ORN ve MDN ilavesi birbiriyle karşılaştırıldığında ise MDN ilavesinde yapının daha fazla değiştiği söylenebilir. Ekmek örneklerine ait fotoğraf örnekleri Ek D'de verilmiştir.

Gıdalarda bulunan karbonhidrat, yağ ve aminoasitlerde ısıtmanın etkisiyle lezzet ve renk gelişimine sebep olan esmerleşme (Maillard reaksiyonu) meydana gelir (Yıldız vd., 2010). Ekmek örneklerinde meydana gelen renk değişimleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kontrol, ORN ve MDN ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi ve kabuk renk değerleri

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Kabuk rengi			İç rengi		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	0	60.02^{a}	4.69^{c}	20.66^{b}	66.69 ^{a}	0.41^{c}	17.69^{ab}
ORN	2	60.80^{a}	5.90^{ab}	21.55^{ab}	65.30 ^{ab}	0.75^{ab}	17.94$^{a(1)}$
	4	61.99^{a}	5.42^{bc}	22.11^{a}	65.41 ^{ab}	0.81^{a}	17.24^{bc}
	6	57.17^{b}	6.54^{a}	21.31^{ab}	64.36^{b}	0.66^{abc}	17.37^{bc}
MDN	2	60.48^{a}	4.79^{c}	20.78^{b}	65.59 ^{ab}	0.50^{bc}	17.54^{abc}
	4	61.20^{a}	4.78^{c}	20.89^{b}	66.19 ^{ab}	0.82^{a}	17.41^{bc}
	6	60.34^{a}	5.44b^{c}	20.92^{b}	64.32^{b}	0.62^{abc}	17.18^{c}

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

% 6 ORN ilavesinde ise hem kabuk (57.27) hem ekmek içi (64.36) parlaklık (L*) değerinde kontrol örneğe (60.02-66.69) göre azalma söz konusu iken diğer eklenme oranlarında önemli bir fark görülmemiştir. ORN eklenmesi kabukta rengi koyulaştırmış ve a* değerini arttırmış, b* değerini ise arttırmakla beraber istatistiki açıdan fark oluşturmamıştır. Ekmek içi renk ölçüm sonuçlarında ise parlaklığın azaldığı, koyulaşmaya bağlı olarak a* değerinde yükseldiği gözlenmiştir. MDN ilavesininekmeğin

kabuk rengindeki L*,a*, b* parametrelerinin hepsini yükseltmekle beraber hiç birine belirgin bir etkisi olmamışken, ekmek içi değerlendirmesinde tüm ilave oranlarında parlaklıkta ve b* değerinde azalma ve koyulaşmaya bağlı olarak a* değerinde artma söz konusudur.

Renkte meydana gelen değişikliklerin ölçüm şeklinden biri olan L* a* b* metodu parlaklık ya da aydınlık bileşeninden oluşan uluslararası bir standarttır. L değeri (0)-(+100) arasında, a (yeşilden kırmızıya) ve b (maviden sarıya) değerleri ise (-120)-(+120) arasında değişmektedir. Ekmek kabuğunun rengini analiz etmek için en çok kullanılan renk parametresikabuğun parlaklığı ile olan ilişki nedeniyle L*değeridir (Broyart vd., 1998; Yam ve Papadakis, 2004; Lara vd.,2011).

Yapılan bir çalışmada ekmek yapma makinası kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk L* değeri 75.6-81.2 arasında, a* değeri 0.6-1.5 arasında ve b* değeri 16.4 olarak raporlanmıştır (Callejo vd., 2016).

Literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında; üretilen ekmek örneklerininkabuk renk parametrelerinin, formülasyonuna şeker ve yağ eklenerekekmek yapma makinasında pişirilen ekmeklerin kabuk rengi değerlerinden daha açık olduğu saptanmıştır. Bunun sebebi olarak iseşekerin ve yağın varlığında meydana gelen Maillard reaksiyonunun, ekmek formülasyonunda bu maddelerden bulunmaması sebebiyle daha az gerçekleşmesi olduğu düşünülmüştür.

Doğu Anadolu'da yetiştirilen buğdayların özellikleri veekmeklik kalitesinin değerlendirildiği bir çalışmada; 6 farklı buğday çeşidinden yapılanekmeklerin kabuk renk değerlerinden L* değerinin 58.32-69.40, a* değerinin 6.67-12.92, b* değerinin 13.75-39.37 arasında, ekmek içi renk değerlerinden L* değerinin 66.24-74.37, a* değerinin -1.98-0.49, b* değerinin 8.17-12.93 arasında değiştiği belirtilmiştir (Çelik vd., 1996).

Beyaz veya şeffaf lif kaynağı olarak kabul edilen dirençli nişasta ekmeğe eklendiğinde iç rengiyle daha az etkileşime girmesi sonucu kabuk ve ekmek içi renginin lif eklenmemiş ekmeğe benzer olduğu belirtilmiştir (Gomez vd., 2003).

Ekmek kabuk ve iç renginde önemli değişiklik olmamasının başka bir sebebi olarak ise DN örneklerinin elde edildiği kaynak olan saf pirinç nişastasının renginin beyaz olması gösterilebilir.

4.7. Ekmek Örneklerinin Tekstür Profil Özellikleri

Ekmeğin tazeliği ile tüketicinin algısı arasında güçlü bir ilişki bulunması sebebiyle, tekstürel özellikler fırıncılık ürünlerinde önemli bir faktördür (Sabanis vd., 2009). Lif ilavesinin ekmek kalitesini ve hamur davranışını etkilediği bilinmektedir (Cavella vd., 2008). Fırıncılık sektöründe diyet lifi ilavesinin temel sorunu, elde edilen ekmeklerde dokunun farklılaşması ve somun hacminin azalmasıdır (Gomez vd., 2003).

Kontrol ekmeğinin ve farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek üretilen ekmeklerin TPA ölçümleri sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.11'de, TPA grafikleri ise Ek C'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. ORN ve MDN ilavesinin ekmeğin tekstürel özellikleri üzerine etkisi

Örnek Çeşidi	İlave Oranı (%)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Kohezif yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
Kontrol	0	936.35$^{c(1)}$	1.26^{b}	0.86^{ab}	811^{bc}	1035^{c}
ORN	2	1020.43^{ab}	1.17^{c}	0.86^{ab}	932^{ab}	1119^{bc}
	4	1080.38^{ab}	1.16^{c}	0.86^{ab}	903^{abc}	1057^{c}
	6	1189.30^{a}	1.01^{d}	0.85^{b}	1013^{a}	1030^{c}
MDN	2	927.33^{bc}	1.82^{ab}	0.86^{ab}	798^{bc}	1433^{a}
	4	882.00^{c}	1.98^{a}	0.87^{ab}	772^{c}	1557^{a}
	6	680.37^{d}	1.25^{b}	0.87^{a}	597^{d}	747^{d}

ORN: Otoklavlama-retrogradasyon ikili uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
MDN: Mikrodalga uygulaması ile elde edilen dirençli nişasta
[1]Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.01 güven sınırına göre önemsizdir.

DN eklenmesi ile ekmeğin tekstürel özelliklerinden en fazla değişen, sertlik parametresi olmuştur. Ekmek örneklerinin sertlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmuştur. Kontrol ekmeğine göre (936.35 g) ORN ilavesi ile ekmeklerin sertlik değerleri anlamlı şekilde artış göstermiştir. % 2 ve % 4 oranlarının sertlik değerleri üzerine etkisi arasında önemli bir fark bulunmazken, % 6 oranında sertlik değeri tüm ekmekler arasında en yüksek sertlik değerine (1189.38 g) sahip olmuştur. % 2 MDN ilavesi kontrol ekmeğine yakın sertlik değeri verirken, ORN katkılı ekmeklerin tersine % 4 MDN ilavesinden sonra ekmeklerin sertlik değerlerinde orantılı bir azalış saptanmıştır. ORN ve MDN ilaveli ekmekler birbiriyle kıyaslandığında ise % 2

oranı arasında bir fark belirlenmezken % 4 ve % 6 oranları arasında önemli farklar olduğu, MDN eklenmesinin aynı oranlarda ORN ilavesine göre ekmeklerin daha yumuşak olmasını sağladığı tespit edilmiştir. ORN'li ekmek örneklerinde olduğu gibi diyet lif ilavesinin sertliği ve sakızımsılığı arttırması beklenirken MDN'li ekmeklerdeki sertlik ve sakızımsılık değerlerindeki azalmanın sebebi olarak nem içeriğinin kontrol ekmeğe göre çok yüksek olması gösterilebilir. Benzer bir sonuca, pre-jelatinize nişasta jelinin ekmek formülasyonuna eklenerek nemi artırıp yutmayı kolaylaştırması üzerine yapılan bir çalışmada ulaşılmıştır (Sugiura vd., 2017).

Elastikiyet değerlerinde ORN ilavesi ile birlikte kontrol ekmeğine göre düşüş meydana gelmiştir. Özellikle % 6 ilave düzeyinde ekmeklerin elastikiyet değerleri önemli oranda azalmıştır. MDN ilavesi ise ekmeklerin elastikiyet değerlerini hem kontrolekmeğe hem de ORN ilaveli ekmeklere göre oldukça fazla arttırmıştır. Ancak % 6 oranında MDN eklendiğinde kontrol ekmeği ile yakın elastikiyet değerlerinin oluştuğu belirlenmiştir.

Kohezif yapışkanlık değeri fiziksel anlamda iç bağların kuvveti, duyusal anlamda ise ürünün deformasyon miktarı hakkında bilgi verir (Szczesniak, 1998). Çizelge 4.11'deki veriler, DN eklenmiş örneklere ait bu değerin kontrol örneğinden istatiksel olarak farklı olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla DN ilavesinin ekmeğin iç bağ kuvvetlerini olumsuz yönde etkilemediğinden söz edilebilir.

ORN ilavesi % 4 oranına kadar ekmeklerin sakızımsılık değerleri üzerinde anlamlı bir farka neden olmazken, % 6 ilave düzeyinde sakızımsılık değerinin artmasına yol açmıştır. ORN ve MDN'nin % 2 ve % 4 oranlarında ilave edildiği ekmekler ve kontrol ekmeklerin sakızımsılık değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. ORN'de olduğu gibi MDN'nin de % 6 ilave düzeyine çıkılması sonucu sakızımsılık değerlerinde önemli farklar oluşmuştur. Ancak % 6 ORN ilave oranının tersine % 6 MDN ilavesi ile sakızımsılık değerlerinde düşüş belirlenmiş ve 597 değeri ile tüm ekmekler içerisinde en düşük sakızımsılık değerine sahip olmuştur.

Çiğnenebilirlik değerlerinde ORN ilavesinde istatistiki olarak fark oluşmazken % 2-4 MDN ilavesinde artış (1433-1557), % 6 MDN ilavesinde (747) ise azalma söz konusudur ($p<0.01$).

Modifiye edilmiş bezelye nişastasından elde edilen dirençli nişastanın ekmek ve hamur özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, dirençli nişastanın hamura ilave oranı arttıkça ekmeğin nem içeriğinin de arttığı belirtilmiştir. Ayrıca aynı

çalışmada, elde edilen ekmeklerde yapılan tekstür analizindesırasıyla % 0-10-20-30 oranlarında dirençli nişasta eklenmiş, örneklerin doku özellik değerleri sırasıyla; sertlik 1810-4350-7410-8600g, elastikiyet 0,983-0,984-0,984-0,981, çiğnenebilirlik 1560-3620-5730-6570 g ve kohezif yapışkanlık 0,878-0,845-0,786-0,778 olarak bulunmuştur (Sanz Penella vd., 2010).

Buğday ununa katı ve jel olmak üzere 2 farklı formda diyet lifi eklenerek ekmek hamurunu reolojisinin ve ekmek yapma özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, katı formdaki diyet lif eklenen ekmeğin sertlik değeri artarken, jel form eklenenin ilave miktarıyla orantılı olarak sertliği azalmıştır (Peressini ve Sensidoni, 2009).

Formülasyonuna dirençli nişasta eklenmiş ekmek içinin daha kohezif, daha sert ve daha çiğnenebilir olmasıyla, nişasta matriksinin yapısal yenilenmesiyle birlikte kristal yapının göreceli olarak artması ilişkilidir (Kiumarsi vd., 2019).

Baixauli vd., (2008), buğday ununu % 5, % 10, % 15 ve % 20 oranlarında dirençli nişastayla yer değiştirerek yaptıkları muffinlerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini araştırdıkları bir çalışmada dirençli nişastalı muffinlerin tadı, genel kabulü ve tüketici algısı üzerinde neredeyse hiç fark yokken görünümü ve tekstüründe büyük değişiklikler gözlenmiştir.

Pomeranz vd. (1977), ekmek yapımına buğday kepeği, yulaf kabuğu ve selüloz gibi lif kaynakları ekleyerek gerçekleştirdikleri bir çalışmada, elde edilen ekmeklerin lif ilave edilmeyen ekmeklere kıyasla farklı tekstürel yapıda ve daha düşük hacimli olduğu belirtilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma ile son yıllarda insan sağlığı üzerinde faydalı fizyolojik etkileri ile gündeme gelen dirençli nişasta üretimi hedeflenmiştir. İlk olarak, dünya genelinde bir numaralı nişasta kaynağı olan pirinç nişastası kullanılarak otoklavlama-retrogradasyon ve mikrodalga uygulamaları ile elde edilen dirençli nişasta örneklerinin % 0-2-4-6 katkı oranlarında ekmek hamurunun reolojik davranışlarına etkisi gözlenmiştir. Çalışmanın devamında ekmek yapma makinasında hazırlanan ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve tekstürel özellikleri incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, pirinç nişastasından otoklavlama-retrogradasyon ve mikrodalga işlemleri ile modifiye edilerek dirençli nişasta üretimi başarı ile gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga uygulaması ile otoklavlama-retrogradasyon uygulamasına göre daha fazla dirençli nişasta elde edilmiştir. Ekmek hamuruna retrograde olmuş DN eklenmesi sonucunda şişme kuvveti, su tutma kapasitesi ve çözünürlük indeksi azalmıştır. Her iki dirençli nişasta, ekmek hamurunun reolojik özellikleri üzerine etkisi bakımından karşılaştırıldığında ORN'nın ekmek hamurunun reolojik özellikleri üzerinde daha olumlu etkilerde bulunduğu saptanmıştır. ORN'nin farklı oranları hamurun reolojik özellikleri üzerine etkileri bakımından birbiri ile karşılaştırıldığında ise % 2 ORN ilavesi ile kontrol hamurun reolojik özelliklerine yakın değerlere ulaşılmıştır. Elde edilen veriler ışığında % 2 ORN nişastanın ekmek hamurunun fonksiyonel özelliklerini arttırmak amacıyla kullanılabileceği kanaatine ulaşılmıştır.

Dirençli nişastanın ekmeğin fiziksel özellikleri üzerine etkilerinde ise ORN ilavesi ekmek hacmini azaltırken, % 4-6 MDN ilavesinde ekmek hacmi artmıştır. Dirençli nişasta eklenen tüm örneklerde ağırlık ve Dallman skala değeri kontrol ekmeğe göre düşüş göstermiştir. Örneklerin boy değerlerinde iyileşme söz konusu iken en değerlerinde istatistiki bir fark oluşmamış ve yükseklik değerleri düşmüştür. Tüketici algısı üzerinde önemli bir etken olan renk parametresinde ise % 2-4 ORN ve MDN ilavelerinde belirgin bir fark oluşmamıştır. % 6 MDN ilavesi ekmek içi parlaklığını azaltırken, % 6 ORN ilavesi hem kabukta hem de ekmek içinde L* değerinde azalmaya sebep olmuştur.

Tekstürel özellikler göz önüne alındığında ORN ilavesiyle daha sert, sakızımsılığı fazla ve elastikiyeti düşük örnekler elde edilirken MDN ilavesinde bunun tam tersi

değişimler olmuş ve elde edilen ekmeklerin kontrol örneğe göre daha yumuşak, sakızımsılığı düşük ve elastikiyeti eşit ya da daha fazla olduğu görülmüştür. ORN'nin çiğnenebilirlik üzerine önemli bir etkisi olmazken % 2-4 MDN ilavesinde çiğnenebilirlik değerleri artmıştır.

Sonuç olarak, son ürün bazında değerlendirme yapıldığında; ekmeklerin hacim, ağırlık, nem ve renk gibi fiziksel özellikleri ile tekstürel özellikleri göz önüne alındığında her iki dirençli nişasta çeşidi ilavesininde (ORN ve MDN) ekmek yapısı üzerinde çok fazla etkili olmadığı, kontrol ekmeğe en yakın değerlerin % 2 ve % 4 ilave oranlarında elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Fonksiyonel olarak ekmek özellikleri geliştirilerek fiziksel ve tekstürel yapının çok fazla değişime uğratılmadan, ekmek yapma makinası kullanılarak diyet lif bakımından zenginleştirilmiş ekmek üretimi için ilave edilecek en iyi dirençli nişasta çeşidi ve oranının % 4 ORN olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists Approved Methods of the AACC. 11th Edition The Association, St. Paul. MN. USA.

AACC, 2010. American Association of Cereal Chemists Approved Methods of the AACC. 11th Edition The Association, St. Paul. MN. USA.

Abdul-Hamid, A., Luan, Y.S., 2000. Functional Properties of Dietary Fibre Prepared from Defatted Rice Bran. Food Chemistry, 68, 15-19.

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Truong, V., 2001. Stickiness in Foods: A Review of Mechanisms and Test Methods. International Journal of Food Properties, 4(1), 1-33.

Adebowale, K.O., Afolabi, T.A., Olu-Owolabi, B.I., 2005. Hydrothermal Treatments of Finger Millet (Eleusine coracana) Starch. Food Hydrocolloids, 19, 974-983.

Adeleke, R.O., Odedeji, J.O., 2010. Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends. Pakistan Journal of Nutrition, 9(6), 535-538.

Agustiniano-Osornio, J.C., González-Soto, R.A., Flores-Huicochea, E., Manrique-Quevedo, N., Sánchez-Hernández, L., Bello-Pérez, L.A., 2005. Resistant Starch Production from Mango Starch Using a Single-Screw Extruder. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 2105–2110.

Alcázar-Alay, S.C., Meıreles, M.A.A., 2015. Physicochemical Properties, Modifications and Applications of Starches from Different Botanical Sources. Food Science and Technology, 35(2), 215-236.

Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A.L., O'Mahony, J.A., 2016. Chemistry, Structure, Functionality and Applications of Rice Starch. Journal of Cereal Science, 70, 291-300.

Anderssen, R.S., Bekes, F., Gras, P.W., Nikolov, A., Wood, J.T., 2004. Wheat-Flour Dough Extensibility as a Discriminator for Wheat Varieties. Journal of Cereal Science, 39, 195–203.

Anonim, 2018. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. Tebliğ No: 2018/39, Mevzuat Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.

AOAC, 2002. Official Methods of Analysis of AOC International. 17th edition, Arlington, VA.

Aparicio-Saguilán, A., Flores-Huicochea, H., Tovar,J., García-Suáreza, F., Gutiérrez-Meraza, F., Bello-Pérez, L.A., 2005. Resistant Starch-rich Powders Prepared byAutoclaving of Native and Lintnerized BananaStarch: Partial Characterization. Starch/Stärke,57, 405–412.

Aparicio-Saguilán, A.,Sáyago-Ayerdi, S.G., Vargas-Torres, A.,Tovar, J., Ascencio-Otero, T.E., Bello-Pérez, L.A., 2007. Slowly Digestible Cookies Prepared from ResistantStarch-Rich Lintnerized Banana Starch. Journal of Food Composition and Analysis, 20, 175–181.

Aravind, N., Sissons, M., Fellows, C.M., Blazek, J., Gilbert, E.P., 2013. Optimisation of Resistant Starch II and III Levels in Durum Wheat Pasta to Reduce in Vitro Digestibility while Maintaining Processing and Sensory Characteristics. Food Chemistry, 136, 1100–1109.

Arimi, J.M., Duggan, E., O'Riordan, E.D., O'Sullivan, M., Lyng, J.G., 2008. Microwave Expansion of İmitation Cheese Containing Resistant Starch. Journal of Food Engineering, 88, 254–262.

Armero, E., Collar, C., 1998. Crumb Firming Kinetics of Wheat Breads with Anti-Staling Additives.Journal of Cereal Science, 28, 165-174.

Arns, B., Bartz, J., Radunz, M., Evangelho, J., Pinto, V.Z., Zavareze, E., Dias A., 2015. Impact of Heat-moisture Treatment on Rice Starch, Applied Directly in Grain Paddy Rice or in İsolated Starch. LWT - Food Science and Technology, 60, 708-713.

Arp, C.G., Correa, M.J., Zuleta, A., Ferrero, C., 2017. Techno-functional Properties of Wheat Flour-Resistant Starch Mixtures Applied to Breadmaking. International Journal of Food Science and Technology, 52, 550-558.

Ashogbon, A.O., Akintayo, T.E., 2012. Isolation, Composition, Morphological and PastingProperties of Starches from Rice Cultivars Grown in Nigeria. Starch/Stärke, 64, 181-187.

Ashwar, B.A., Gani, A., Shah, A.,Wani, I.A., Masoodi, F.A., 2016. Preparation, Health Benefits and Applications of Resistant Starch -A Review. Starch/Stärke, 68, 287-301.

Babu, A.S., Parimalavalli, R., 2017. Impact of the Addition of RS-III Prepared from Sweet Potato Starch on the Quality of Bread. Food Measure, 11, 956-964.

Balkan, B., 2008. Katı Substrat Fermentasyonu ile Ham Nişastayı Parçalayan Yeni Bir Fungal Amilaz Üretimi Saflaştırılması ve Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Trakya Üniversitesi, Doktora Tezi, 76s, Edirne.

Baixauli, R., Salvador, A., Martinez-Cervera, S., Fiszman, S.M., 2008. Distinctive Sensory Features İntroduced by Resistant Starch in Baked Products. Food Science and Technology, 41, 1927–1933.

Bao, J., Bergman, C.J., 2018. Rice Starch and Starch Functionality. Sjöö, M., Nilsson, L. (Ed.), Starch in Food Structure, Function and Applications (2th ed.) (373-419). Woodhead Publishing. Erişim Tarihi: 05.05.2018. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008100868300010X

Barros, F., Alviola, J.N., Rooney, L.W., 2010. Comparison of Quality of Refined and Whole Wheat Tortillas. Journal of Cereal Science, 51, 50–56.

Bhat, R., Karim, A.A., 2009. Impact of Radiation Processing on Starch. Comprehensıve Reviews in Food Scıence and Food Safety, 8, 44-58.

Bilbao-Sáinz, C., Butler, M., Weaver, T., Bent, J., 2007. Wheat Starch Gelatinization under Microwave İrradiation and Conduction Heating. Carbohydrate Polymers, 69, 224–232.

Bleakley, S., 2018. Cereal Proteins: Potential Health Applications and Allergenicities. Hayes, M. (Ed.), Novel Proteins for Food, Pharmaceuticals and Agriculture: Sources, Applications and Advances (1th ed.) (77-100). John Wiley Sons Ltd, 329p. Hoboken.

Boita, E.R.F., Oro, T., Bressiani, J., Santetti, G.S., Bertolin, T.E., Gutkoski, L.C., 2016. Rheological Properties of Wheat Flour Dough and Pan Bread with Wheat Bran. Journal of Cereal Science, 71, 177-182.

Boyer, C.D., Hannah, C., 2001. Kernel Mutants of Corn. Haralampu, A.R (Ed.), Specialty Corns (2th ed.) (10-40). CRC Press, 469p. London.

Broyart, B., Trystram, G., Duquenoy, A., 1998. Predicting Colour Kinetics during Cracker Baking. Journal of Food Engineering, 35, 351-368.

Bustos, M.C., Perez, G.T., León, A.E., 2011. Sensory and Nutritional Attributes of Fibre-enriched Pasta. LWT-Food Science and Technology, 44, 1429-1434.

Cai, J., Man, J., Huang, J., Liu, Q., Wei, W., Wei, C., 2015. Relationship between Structure and Functional Properties of Normal Rice Starches with Different Amylose Contents. Carbohydrate Polymers, 125, 35–44.

Callejo, M.J., Benavente, E., Ezpeleta, J.I., Laguna, M.J., Carrillo, J.M., Rodríguez-Quijano, M., 2016. Influence of Teff Variety and Wheat Flour Strength on Breadmaking Properties of Healthier Teff-Based Breads. Journal of Cereal Science, 68, 38-45.

Cardoso, R.C.V., Fernandes, A., Heleno, S.A., Rodrigues, P., Gonzaléz-Paramás, A.M., Barros, L., Ferreira, I.C.R.F., 2019. Physicochemical Characterization and Microbiology of Wheat and Rye Flours. Food Chemistry, 280,123–129.

Cavella, S., Romano, A., Giancone, T., Masi, P., 2008. The Influence of Dietary Fibres on Bubble Development During Bread Making. Campbell, G.M., Scanlon, M.G., Pyle, D.L., (Eds.), Bubbles in Food 2 Novelty, Health and Luxury (1th ed.) (311-321). Eagen Press, Minnesota.

Chávez-Murillo, C.E., Méndez-Montealvo, G., Wang, Y.J., Bello-Pérez, L.A., 2012. Starch of Diverse Mexican Rice Cultivars: Physicochemical, Structural, and Nutritional Features. Starch/Stärke, 64, 745–756.

Chen, W.Z., Hosoney, R.C., 1995. Development of an Objective Method for Dough Stickiness. LWT- Food Science and Technology, 28, 467-473.

Chou, C., Li, M., 2018. A Research of Effect of Three Sweet Potato Varieties and Addition on Resistant Starch Content and Physical Characteristics of Steamed Rice Bowl Cake. Journal of Food and Nutrition Research, 6(9), 551-556.

Chung, H.J., Liu, Q., Hoover, R., 2009. Impact of Annealing and Heat-moisture Treatment on Rapidly Digestible, Slowly Digestible and Resistant Starch Levels in Native and Gelatinized Corn, Pea and Lentil Starches. Carbohydrate Polymers, 75, 436-447.

Codină, G.G., Mironeasa, S., Mironeasa, C., 2012. Variability and Relationship Among Mixolab and Falling Number Evaluation Based on İnfluence of Fungal α-Amylase Addition. Jounal of the Science of Food and Agriculture, 92, 2162-2170.

Collar, C., 2003. Significance of Viscosity Profile of Pasted and Gelled Formulated Wheat Doughs on Bread Staling. European Food Research and Technology, 216, 505-513.

Constantin, G., Voıcu, G., Ruśanescu, C.O., Ştefan, E.M., 2011. Researches on Rheological Characteristics of Dough of Wheat Flour and their Changes During Storage. Bulletin UASVM Agriculture, 68(2), 212-219.

Cozzolino, D., Allder, K., Roumeliotis, S., Eglinton, J., 2012. Feasibility Study on the Use of Multivariate Data Methods and Derivatives to Enhance İnformation From Barley Flour and Malt Samples Analysed Using the Rapid Visco Analyser. Journal of Cereal Science, 56, 610-614.

Çelik, İ., Kotancılar, H.G., Ergutay, Z., 1996. Doğu Anadoluda Yetiştirilen Buğdayların Fiziksel Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri ile Ekmeklik Kalitelerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(4), 562-575.

Deng, Y., Jin, Y., Luo, Y., Zhong, Y., Yue, J., Song, X., Zhao, Y., 2014. Impact of Continuous or Cycle High Hydrostatic Pressure on the Ultrastructure and Digestibility of Rice Starch Granules. Journal of Cereal Science, 60, 302-310.

Deka, D., Sit, N., 2016., Dual Modification of Taro Starch by Microwave and other Heat Moisture Treatments. International Journal of Biological Macromolecules, 92, 416-422.

Demirekin, A., Gül, H., 2016. Enzime Dirençli Nişasta ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(2), 71-78.

Demirkesen, H., 2015. Kara Nohut Nişastasından Enzimatik Yöntemle Elde Edilen Dirençli Nişastanın Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 71s, İstanbul.

Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T.M., Gellynck, X., 2008. Nutritional Value of Bread: Influence of Processing, Food Interaction and Consumer Perception. Journal of Cereal Science, 48, 243-257.

Dhital, S., Warren, F.J., Butterworth, P.J., Ellis, P.R., Gidley, M.J., 2017. Mechanisms of Starch Digestion by α-Amylase-Structural Basis for Kinetic Properties. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(5), 875-892.

Dirim, S.N., Ergün, K., Çalıskan, G., Özalp, H., Balkesen, N., 2014. Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Akademik Gıda, 12(4), 27-35.

Djurle, S., Andersson, A.A.M., Andersson, R., 2018. Effects of Baking on Dietary Fibre, with Emphasis on β-glucan and Resistant Starch, in Barley Breads. Journal of Cereal Science, 79, 449-455.

Dobraszczyk, B.J., Morgenstern, M.P., 2003. Rheology and the Bread Making Process. Journal of Cereal Science, 38, 229-245.

Doğan, İ.S., Yıldız, Ö., 2009. Ekmek Makinelerinde Kullanılan Farklı Bileşen Seviyelerinin Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. Gıda, 34(5), 295-301.

Dunnewınd, B., Slıwınskı, E.L., Grolle, K., Vlıet, T.V., 2004. The Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig-An Experimental Evaluation. Journal of Texture Studies, 34, 537-560.

Dündar, A.N., Göçmen, D., 2013. Effects of Autoclaving Temperature and Storing Time on Resistant Starch Formation and İts Functional and Physicochemical Properties. Carbohydrate Polymers, 97, 764–771.

Eerlingen, R.C., Delcour, J.A., 1995. Formation, Analysis, Structure and Properties of Type III Enzyme Resistant Starch. Journal of Cereal Science, 22, 129-138.

Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., Kotancılar, H.G., 2002. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, 245s, Erzurum.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., Attia, H., 2011. Dietary Fibre and Fibre-rich By-products of Food Processing: Characterisation, Technological, Functionality and Commercial Applications: A review. Food Chemistry, 124, 411–421.

Emilien, C.H., Hsu, W.H., Hollis, J.H., 2017. Effect of Resistant Wheat Starch on Subjective Appetite and Food İntake in Healthy Adults. Nutrition, 43-44, 69-74.

Englyst, H., Wiggins, H.S., Cummings, J.H., 1982. Determination of the Non-starch Polysaccharides in Plant Foods by Gas-Liquid Chromatography of Constituent Sugars as Alditol Acetates. Analyst, 107, 307-318.

Ertop, M.H., Etgü, H., Hayta, M., 2012. Dondurulmuş Ekmek Hamuru ve Son Ürün Kalitesinin İyileştirilmesinde Formül Bileşenlerinin Etkileri. Gıda, 37 (1), 55-62.

Escarpa, A., González, M.C., Mańas, E., García-Diz, L., Saura-Calixto, F., 1996. Resistant Starch Formation: Standardization of a High-Pressure Autoclave Process. Journal Agriculture and Food Chemistry, 44, 924-928.

Escarpa, A., Godlez, M.C., Morales, M.D., Saura-Calixto, F., 1997. An Approach to the influence of Nutrients and Other Food Constituents on Resistant Starch Formation. Food Chemistry, 60(4), 527-532.

Fan, D., Ma, S., Wang, L., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., 2012. Effect of Microwave Heating on Optical and Thermal Properties of Rice Starch. Starch/ Stärke, 64, 740–744.

Fan, D., Ma, W., Wang, L., Huang, J., Zhang, F., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., 2013. Determining the Effects of Microwave Heating on the Ordered Structures of Rice Starch by NMR. Carbohydrate Polymers, 92, 1395–1401.

FAO, 1998.Global Trends in Production and Consumption of Carbohydrate Foods. Erişim Tarihi: 18.02.2019. http://www.fao.org/3/W8079E/w8079e0g.htm#TopOfPage

FAO, 2018. Crop Prospects and Food Situation. Erişim Tarihi: 03.05.2019. http://www.fao.org/giews/reports/crop-prospects/en/

Flores-Silva, P.C., Roldan-Cruz, C.S., Chavez-Esquivel, G., Vernon-Carter, E.J., Bello-Perez, L.A., Alvarez-Ramirez, J., 2017. In vitro Digestibility of Ultrasound-Treated Corn Starch. Starch/Stärke, 69, 1-9.

Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., Brennan, C.S., 2013. The Effects of Dietary Fibre Addition on the Quality of Common Cereal. Products Journal of Cereal Science, 58, 216-227.

Fox, G., Visser, J., Skov, T., Meijering, I., Manley, M., 2014. Effect of Different Analysis Conditions on RapidVisco Analyser Malt Viscograms in Relation to Malt of Varying Fermentability. Journal of the Institute of Brewing, 120, 183–192.

Frakolaki, G., Giannou, V., Topakas, E., Tzia, C., 2018. Chemical Characterization and Breadmaking Potential of Spelt Versus Wheat Flour. Journal of Cereal Science, 79, 50-56.

Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M., Sánchez-Zapata, E., Pérez-Álvarez, J., 2010. Resistant Starch as Functional İngredient: A Review.Food Research International, 43, 931–942.

Gao, J., Wong, J.X., Lim, J.C.S., Henry, J., Zhou, W., 2015. Influence of Bread Structure on Human Oral Processing. Journal of Food Engineering, 167, 147-155.

Giuberti, G., Fortunati, P., Gallo, A., 2016. Can Different Types of Resistant Starch İnfluence the in Vitro Starch Digestion of Gluten Free Breads?. Journal of Cereal Science, 70, 253-255.

Gray, J.A., Bemiller, J.N., 2003. Bread Staling: Molecular Basis and Control. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2,1-21.

Greer, F.R., 2018. Use of Starch and Modified Starches in Infant Feeding: A Historical Perspective. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition, 66(3), 30-34.

Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A., Apesteguía, A., 2003. Effect of Dietary Fibre on Dough Rheology and Bread Quality. Euro Food Research Technology, 216, 51–56.

González-Soto, R.A., Mora-Escobedo, R., Hernández-Sa´nchez, H., Sánchez-Rivera, M., Bello-Pérez, L.A., 2007. The İnfluence of Time and Storage Temperature on Resistant Starch Formation from Autoclaved Debranched Banana Starch. Food Research International, 40, 304–310.

González, Z., Pérez, E., 2002. Evaluation of Lentil Starches Modified by Microwave İrradiation and Extrusion Cooking. Food Research International, 35, 415–420.

Grausgruber, H., Hatzenbichler, E., Ruckenbauer, P., 2003. Analysis of Repeated Stickiness Measures of Wheat Dough using a Texture Analyzer. Journal of Texture Studies, 34, 69-82.

Gül, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 257s, Adana.

Hagenimana, A., Ding X., Fang T., 2006. Evaluation of Rice Flour Modified by Extrusion Cooking. Journal of Cereal Science, 43, 38–46.

Hamer, H.M., Jonkers, D., Venema, K., Vanhoutvın, S., Troost, F.J., Brummer, R.J., 2008. Review Article: the Role of Butyrate on Colonic Function. Alimentary Pharmacology Therapeuties, 27, 104–119.

Hassan, E.G., Mustafa, A.M.I., Elfaki A.A., 2015. Effect of Different Starches on Dough Rheological Properties of Wheat Flour, Journal of Agri-food and Applied Sciences, 3(4), 110-117.

Haralampu, S.G., 2000. Resistant Starch -A Review of the Physical Properties and Biological Impact of RS3. Carbohydrate Polymers, 41, 285–292.

Herceg, I.J., Jambark, A.R., Subaric, D., Brncıc, M., Bencıc, S.R., Badanjak, M., Trıpalo, B., Jezek, D., Novotni, D., Herceg, Z., 2010. Texture and Pasting Properties of UltrasonicallyTreated Corn Starch.Czech Journal Food Science, 28(2), 83-93.

Homayouni, A.,Azizi, A., Ehsani, M.R., Yarmand, M.S., Razavi, S.H., 2008. Effect of Microencapsulation and Resistant Starch on the Probiotic Survival and Sensory Properties of Synbiotic İcecream. Food Chemistry, 111, 50-55.

Hrušková,M., Skodová, V., Blažek, J., 2004. Wheat Sedimentation Values and Falling Number. Czech Journal Food Science, 22, 51–57.

Huang, J., Schols, H.A., Van Soest, J.J.G., Jin, Z., Sulmann, E., Voragen, A.G.J., 2007. Physicochemical Properties and Amylopectin Chain Profiles of Cowpea, Chickpea and Yellow Pea Starches. Food Chemistry, 101, 1338-1345.

Huang, T.T., Zhou, D.N., Jin, Z.Y., Xu, X.M., Chen, H.Q., 2016. Effect of Repeated Heat-Moisture Treatments on Digestibility, Physicochemical and Structural Properties of Sweet Potato Starch. Food Hydrocolloids, 54, 202-210.

Hung, P.V., Morita, N., 2004. Dough Properties and Bread Quality of Flours Supplemented with Cross-linked Corn Starches. Food Research International, 37, 461–467.

Hung, P.V., Vien, N.L., Phi, N.T.L., 2016. Resistant Starch İmprovement of Rice Starches Under a Combination of Acid and Heat-moisture Treatments. Food Chemistry, 191, 67–73.

Iftikhar, S.A., Dutta, H., 2019. Status of Polymorphism, Physicochemical Properties and in Vitro Digestibility of Dual Retrogradation-annealing Modified Rice Starches. International Journal of Biological Macromolecules, 132, 330–339.

Inagaki, T., Seib, P.A., 1992. Firming of Bread Crumb with Cross-linked Waxy Barley Starch Substituted for Wheat Starch. Cereal Chemistry, 69(3), 321-325.

İşleroğlu, H., Dirim, S.N., Kaymak-Ertekin, F., 2009. Gluten İçermeyen, Hububat Esaslı Alternatif Ürün Formülasyonları ve Üretim Teknolojileri. Gıda, 34(1), 29-36.

Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., McPherson, A.E., Wong, K.S., Radosavljevic, M., Kasemsuwan, T., 1999. Effects of Amylopectin Branch Chain Length and Amylose Content on the Gelatinization and Pasting Properties of Starch. Cereal Chemistry, 76(5), 629–637.

Jayakody, L.,Hoover, R., 2008. Effect of Annealing on the Molecular Structure and Physicochemical Properties of Starches from Different Botanical Origins – A Review. Carbohydrate Polymers, 74, 691–703.

Ji, Z., Yu, L., Liu, H., Bao, X.,Wang, Y., Chen, L., 2017. Effect of Pressure with Shear Stress on Gelatinization of Starches with Different Amylose/Amylopectin Ratios. Food Hydrocolloids, 72, 331-337.

Jiranuntakul, W., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., Puncha-arnon, S., Uttapap, D., 2011. Microstructural and Physicochemical Properties of Heat-moisture Treated Waxy and Normal Starches. Journal of Food Engineering, 104, 246–258.

Johnston, K.L., Thomas, E.L., Bell, J.D., Frost, G.S., Robertson, M.D., 2010. Resistant Starch İmproves İnsulin Sensitivity in Metabolic Syndrome. Diabetic Medicine, 27, 391–397.

Kadan, R.S., Robinson, M.G., Thibodeaux, D.P., Pipperman, A.B., 2001. Texture and Other Physiochemical Properties of Whole Rice Bread. Journal of Food Science, 66, 940–944.

Kahraman, K., Köksel H., 2006. Yüksek Amilozlu Nişastadan Enzime Dirençli Nişasta Üretimi ve Karakterizasyonu, Türkiye 9. Gıda Mühendisliği Kongresi, 24-26 Mayıs, Bolu, 915-918.

Kapusniak, K., Nebesny, E., 2017. Enzyme-resistant Dextrins from Potato Starch for Potential Application in the Beverage İndustry. Carbohyradete Polymers, 172, 152-158.

Karaduman, Y., 2008. Mumsu Buğday Özellikleri. Ankara Üniversitesi, Doktora Semineri, 24s, Ankara.

Kaur, B., Ariffin, F., Bhat, R., Karim, A.A., 2012. Progress in Starch Modification in The Last Decade. Food Hydrocolloids, 26, 398-404.

Kaur, H., Gill, B.S, 2019. Effect of High-intensity Ultrasound Treatment on Nutritional, Rheological and Structural Properties of Starches Obtained from Different Cereals. International Journal of Biological Macromolecules, 126, 367-375.

Kawai, K., Fukami, K., Yamamoto, K., 2012. Effect of Temperature on Gelatinization and Retrogradation in High Hydrostatic Pressure Treatment of Potato Starch–Water Mixtures. Carbohydrate Polymers, 87, 314-321.

Khatoon, N., Prakash, J., 2006. Nutritional Quality of Microwave and Pressure Cooked Rice (Oryza sativa) Varieties. Food Science and Technology International, 12(4), 297–305.

Khunae, P., Tran, T., Sirivongpaisal, P., 2007. Effect of Heat-moisture Treatment on Structural and Thermal Properties of Rice Starches Differing in Amylose Content. Starch/Stärke, 59, 593–599.

Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M.H., Graveland, A., 1998. Correlations of the Bread-Making Performance of Wheat Flour with Rheological Measurements on a Micro-Scale. Journal of Cereal Science, 27, 53–60.

Kim, N.H., Kim, J.H., Lee, S., Lee, H., Yoon, J.W., Wang, R., Yoo, S.H., 2010. Combined Effect of Autoclaving-Cooling and Crosslinking Treatments of Normal Corn Starch on theResistant Starch Formation and Physicochemical Properties. Starch/Stärke, 62, 358–363.

Kiumarsi, M., Shahbazi, M., Yeganehzad, S., Majchrzak, D., Lieleg, O., Winkeljann, B., 2019. Relation between Structural, Mechanical and Sensory Properties of Gluten Free Bread as Affected by Modified Dietary Fibers. Food Chemistry, 277, 664–673.

Knorr, D., Heinz, V., Buckow, R., 2006. High Pressure Application for Food Biopolymers. Biochimica et Biophysica Acta, 1764, 619–631.

Komlenić, D.K., Ugarčić-Hardi, Ž., Jukić, M., Planinić, M., Bucić-Kojić, A., Strelec I., 2010. Wheat Dough Rheology and Bread Quality Effected by Lactobacillus brevis Preferment, Dry Sourdough and Lactic Acid Addition. International Journal of Food Science and Technology, 45, 1417–1425.

Kong, X., Qiu, D., Ye, X., Bao, J., Sui, Z., Fan, J., Xiang, W., 2015. Physicochemical and Crystalline Properties of Heat–Moisture-Treated Rice Starch: Combined Effects of Moisture and Duration of Heating. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95, 2874-2879.

Korus, J.,Witczak, M., Ziobro, R., Juszczak, L., 2009. The Impact of Resistant Starch on Characteristics of Gluten-Free Dough and Bread. Food Hydrocolloids, 23, 988–995.

Krishnakumar, T., Sajeev, M.S., 2018. Effect of Ultrasound Treatment on Physicochemical and Functional Properties of Cassava Starch. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(10), 3122-3135.

Laguna, L., Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S.M., 2011. Performance of a Resistant Starch Rich İngredient in the Baking and Eating Quality of Short-dough Biscuits. LWT-Food and Science Technology, 44, 737-746.

Lara, E., Cortés, P., Briones, V., Perez, M., 2011. Structural and Physical Modifications of Corn Biscuits during Baking Process. LWT-Food Science and Technology, 44, 622-630.

Larroque, O., Gianibelli, M.C., MacRitchie, F., 1999. Protein Composition for Pairs of Wheat Lines with Contrasting Dough Extensibility. Journal of Cereal Science, 29, 27–31..

Lee, J.S., Ee, M., Chung, K., Othman, Z., 2013. Formation of Resistant Corn Starches İnduced by Gamma-irradiation. Carbohydrate Polymers, 97, 614–617.

Leong, Y.L., Karim, A.A., Norziah, M.H., 2007. Effect of Pullulanase Debranching of Sago (Metroxylon sagu) Starch at Subgelatinization Temperature on the Yield of Resistant Starch. Starch/Stärke, 59, 21–32.

Lewandowicz, G., Jankowski, T., Fornal, J., 2000. Effect of Microwave Radiation on Physico-chemical Properties and Structure of Cereal Starches. Carbohydrate Polymers, 42(2), 193–199.

Li, S.L., Gao, Q.Y., 2010. Effect of Heat-moisture Treatment on theFormation and Properties of Resistant StarchesFrom Mung Bean (Phaseolus radiatus) Starches. International Journal of Nutrition and Food Engineering, 4(12), 907-914.

Li, C., Li, Y., Sun, P., Yang, C., 2013. Pickering Emulsions Stabilized by Native Starch Granules. Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects, 431, 142–149.

Li, J., Han, W., Xu, J., Xiong, S., Zhao, S., 2014. Comparison of Morphological Changes and in Vitro Starch Digestibility of Rice Cooked by Microwave and Conductive Heating. Starch/Stärke, 66, 549–557.

Li, J., Han, W., Zhang, B., Zhao, S., Hongying, D., 2018a. Structure and Physicochemical Properties of Resistant Starch Prepared by Autoclaving-microwave. Starch/Stärke, 70, 1101-1107.

Li, Y.D., Xu, T.C., Xiao, J.X., Zong, A.Z., Qiu, B., Jia, M., Liu, L.N., Liu, W., 2018b. Efficacy of Potato Resistant Starch Prepared by Microwave–toughening Treatment. Carbohydrate Polymers, 192, 299–307.

Lii, C.Y., Tsai, M.L., Tseng, K.H., 1996. Effect of Amylose Content on the Rheological Property of Rice Starch. Cereal Chemistry, 73(4), 415-420.

Linlaud, N.E., Puppo, M.C., Ferrero, C., 2009. Effect of Hydrocolloids on Water Absorption of Wheat Flour and Farinograph and Textural Characteristics of Dough. Cereal Chemistry, 86(4), 376–382.

Linsberger-Martin, G., Lukasch, B., Berghofer, E., 2012. Effects of High Hydrostatic Pressure on the RS Content of Amaranth, Quinoa and Wheat Starch. Starch/Stärke, 64, 157–65.

Liu, C., Li, L., Hong, J., Zheng, X., Bian, K., Sun, Y., Zhang, J., 2014. Effect of Mechanically Damaged Starch on Wheat Flour, Noodle and Steamed Bread Making Quality. International Journal of Food Science and Technology, 49, 253–260.

Liu, X.,Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., Fauconnier, M.L., 2018. Influence of Different Hydrocolloids on Dough Thermo-mechanical Properties and in Vitro Starch Digestibility of Gluten-free Steamed Bread Based on Potato Flour. Food Chemistry, 239, 1064–1074.

Liu, C., Yan, X., Xu, X., Guo, B., Yang, R., Chen, J., Zhong, Y., Luo, S., Xu, J., Wu, J., 2019a. Changes in Granular Swelling and Rheological Properties of Food Crop Starches Modified by Superheated Steam. Starch/Stärke,71, 343-351.

Liu, X., Lu, K., Yu, J., Copeland, L., Wang, S., Wang, S., 2019b. Effect of Purple Yam Flour Substitution for Wheat Flour on in Vitro Starch Digestibility of Wheat Bread. Food Chemistry, 284, 118-124.

Lockyer, S., Nugent, A.P., 2017. Health Effects of Resistant Starch. Nutrition Bulletin, 42, 10–41.

Masatcioglu, T.M., Sumer, Z., Koksel, H., 2017. An Innovative Approach for Significantly Increasing Enzyme Resistant Starch Type 3 Content in High Amylose Starches by Using Extrusion Cooking. Journal of Cereal Science, 74, 95-102.

Menon, R., Padmaja, G., Sajeev, M.S., 2015. Cooking Behavior and Starch Digestibility of NUTRIOSE (Resistant Starch) Enriched Noodles from Sweet Potato Flour and Starch. Food Chemistry, 182, 217–223.

Mirić, K.V., Pejin, D.J., 2008. Effects of Mill Stream Flours Technological Quality on Fermentative Activity of Baker's Yeast Saccharomyces cerevisiae. Erişim Tarihi:04.03.2019. https://core.ac.uk/download/pdf/26739686.pdf

Mironeasa, S., Codină, G.G., 2017. The Mıxolab Rheological Properties and Dough Microstructure Of Defatted Mustard Seed–Wheat Composite Flours. Journal of Food Processing and Preservation, 41, 1-13.

Mitchell, C.R., 2009. Rice Starches: Production and Properties. BeMiller, J., Whistler, R. (Ed.), Starch, Chemistry and Technology (3th ed.) (569-578). A Press Media, Newyork.

Moriano, M.E., Cappa, C., Alamprese, C., 2018. Reduced-fat Soft-dough Biscuits: Multivariate Effects of Polydextrose and Resistant Starch on Dough Rheology and Biscuit Quality. Journal of Cereal Science, 81, 171-178.

Muñoz, L.A., Pedreschi, F., Leiva, A., Aguilera, J.M., 2015. Loss of Birefringence and Swelling Behavior in Native Starch Granules:Microstructural and Thermal Properties. Journal of Food Engineering,152, 65–71.

Murphy, M.M., Douglass, J.S., Bırkett, A., 2008. Resistant Starch Intakes in the United States. Journal American Dietetic Association, 108, 67-78.

Naruenartwongsakul, S., Chinnan, M.S., Bhumiratana,S., Yoovidhya, T., 2004. Pasting Characteristics of Wheat Flour-Based Batters Containing Cellulose Ethers. LWT-Food Science and Technology, 37, 489–495.

Nasrin, T.A.A., Anal, A.K., 2014. Resistant Starch III from Culled Banana and its Functional Properties in Fish Oil Emulsion. Food Hydrocolloids, 35, 403-409.

Niba, L.L., 2005. Volume- 4. Hui Y. H. (Ed.), Carbohydrates: Starch in Handbook of Food Science, Technology and Engineering (1-17). CRC Press, 14p, USA.

Olu-Owolabi, B.I., Afolabi, T.A., Adebowale, K.O., 2011. Pasting, Thermal, Hydration and Functional Properties of Annealed and Heat-moisture Treated Starch of Sword Bean (Canavalia Gladiata). International Journal of Food Properties, 14, 157-174.

Onyango, C., Bley, T., Jacob, A., Henle, T., Rohm, H., 2006. Influence of Incubation Temperature and Time on Resistant Starch Type III Formation from Autoclaved and Acid-Hydrolysed Cassava Starch. Carbohydrate Polymers, 66, 494–499.

Orlowska, M., Utzig, E., Randzio, S.L., 2010. Thermogravimetric Study of Water State in Wheat Starch Gels Obtained under High Pressures. Annals Of The New York Academy Of Scıences,1189, 55–61.

Oyeyinka, S.A., Umaru, E., Olatunde, S.J., Joseph, J.K., 2019. Effect of Short Microwave Heating Time on Physicochemical and Functional Properties of Bambara Groundnut Starch. Food Bioscience, 28, 36–41.

Ötles, S., Özgöz, S., 2014. Health Effects of Dietary Fiber.Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria, 13(2), 191-202.

Öztürk, S., 2008.Farklı Nişasta Kaynaklarından Enzime Dirençli Nişasta Üretimi ve Karakterizasyonu. Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, 117s, Ankara.

Pachuau, L., Dutta, R.S., Roy, P.K., Kalita, P., Lalhlenmawi, H., 2017. Physicochemical and Disintegrant Properties of Glutinous Rice Starch of Mizoram, India. International Journal of Biological Macromolecules, 95, 1298–1304.

Parchure, A.A., Kulkarni, P.R., 1997. Effect of Food Processing Treatments on Generation of Resistant Starch. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 48, 257-260.

Parker, R., Ring, S.G., 2001. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. Journal of Cereal Science, 34, 1-17.

Pejcz, E., Mularczyk, A., Gıl, Z., 2015. Technological Characteristics of Wheat and Non-cereal Flour Blends and their Applicability in Bread Making. Journal of Food and Nutrition Research, 54(1), 69-78.

Perera, A., Meda, V., Tyler R.T., 2010. Resistant Starch: A Review of Analytical Protocols for Determining Resistant Starch and of Factors Affecting the Resistant Starch Content of Foods. Food Research International, 43, 1959-1974.

Peressini, D., Sensidoni, A., 2009. Effect of Soluble Dietary Fibre Addition on Rheological and Breadmaking Properties of Wheat Doughs. Journal of Cereal Science, 49, 190–201.

Polesi, L.F., Sarmento, S.B.S., Canniati-Brazaca, S.G., 2018. Starch Digestibility and Functional Properties of Rice Starch Subjected to Gamma Radiation. Rice Science, 25, 42-51.

Pomeranz, Y., Shogren, M.D., Finney, K.F., Becthel, D.B., 1977. Fiber in Bread Making-Effects on Functional Properties. Cereal Chemistry, 54(1), 25-41.

Pongjanta, J., Utaipattanaceep, A., Naivikul, O., Piyachomkwan, K., 2009. Debranching Enzyme Concentration Effected on Physicochemical Properties and α-Amylase Hydrolysis Rate of Resistant Starch Type III from Amylose Rice Starch. Carbohydrate Polymers, 78, 5-9.

Poutanen, K., Sozer, N., Della Valle, G., 2014. How Can Technology Help to Deliver More of Grain in Cereal Foods for a Healthy Diet?. Journal of Cereal Science, 59, 327-336.

Pratiwi, M., Faridah, D.N., Lioe, H.N., 2018. Structural Changes to Starch after Acid Hydrolysis, Debranching, Autoclaving-cooling Cycles, and Heat Moisture Treatment (HMT): A Review. Starch/Stärke, 70, 155-167.

Precha-Atsawanan, S., Puncha-arnon, S., Wandee, Y., Uttapap, D., Puttanlek, C., Rungsardthong, V., 2018. Physicochemical Properties of Partially Debranched Waxy Rice Starch. Food Hydrocolloids, 79, 71-80.

Pu, H., Chen, L., Li, L., Li, X., 2013. Multi-scale Structural and Digestion Resistibility Changes of High-amylose Corn Starch After Hydrothermal-pressure Treatment at Different Gelatinizing Temperatures. Food Research International, 53, 456-463.

Rahman, S., Bird, A., Regina, A., Li, Z., Ral, J.P., McMaugh, S., Topping, D., Morell, M., 2007. Resistant Starch in Cereals: Exploiting Genetic Engineering and Genetic Variation. Journal of Cereal Science, 46(3), 251-260.

Raigond, P., Ezekiel, R., Raigond, B., 2015. Resistant Starch in Food: A Review, Journal of the Science of Food and Agriculture, 2015; 95, 1968–1978.

Reddy, C.K., Suriya, M., Haripriya, S., 2013. Physicochemical and Functional Properties of Resistant Starch Prepared from Red Kidney Beans (Phaseolus vulgaris L.) Starch by Enzymatic Method. Carbohydrate Polymers, 95, 220-226.

Richardson, G., Langthon, M., Bark, A., Hermansson, A.M., 2003. Wheat Starch Gelatinization–the Effects of Sucrose, Emulsifier and the Physical State of the Emulsifier. Starch/Stärke, 55, 150–161.

Rojas, J.A., Rosell, C.M., Benedito de Barber, C., 1999. Pasting Properties of Diferent Wheat Flour-Hydrocolloid Systems. Food Hydrocolloids, 13, 27-33.

Rosell, C.M., Rojas, J.A., Benedito de Barber, C., 2001. Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality. Food Hydrocolloids, 15, 75-81.

Rosell, C.M., Santos, E., 2010. Impact of Fibers on Physical Characteristics of Fresh and Staled Bake Off Bread. Journal of Food Engineering, 98, 273–281.

Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C., 2009. Effect of Dietary Fibre Enrichment on Selected Properties of Gluten-free Bread. LWT-Food Science and Technology, 42, 1380–1389.

Sahari, M.A., Gavlighi, H.A., Tabrizzad, M.H.A., 2006. Classification of Protein Content and Technological Properties of Eighteen Wheat Varieties Grown in Iran. International Journal of Food Science and Technology, 41(2), 6–11.

Sajilata, M.G., Singhal, R.S., 2005. Specialty Starches for Snack Foods. Carbohydrate Polymers, 59, 131–151.

Salmerón, J., Jenkins, D.J., Ascherıo, A., Stampfer, M.J., Rımm, E.B., Wing, A.L., Coldıtz, G.A., Wıllett, W.C., Spıegelman, D., 1997. Dietary Fiber, Glycemic Load, and Risk of NIDDM in Men. Dıabetes Care, 20(4), 545-550.

Sankhon, A., Amadou, I., Yao, W.R., 2013. Application of Resistant Starch in Bread: Processing, Proximate Composition and Sensory Quality of Functional Bread Products from Wheat Flour and African Locust Bean (Parkia biglobosa) Flour. Agricultural Sciences, 4, 122-129.

Sanz, T., Salvador, A., Fiszman, S.M., 2008. Resistant Starch (RS) in Battered Fried Products: Functionality and High-fibre Benefit. Food Hydrocolloids, 22, 543–549.

Sanz-Penella, J.M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Collar, C., Haros, M., 2010. Impact of the Addition of Resistant Starch from Modified Pea Starch on Dough and Bread Performance. Europan Food Research Technology, 231, 499–508.

Sarawong, C., Schoenlechner, R., Sekiguchi, K., Berghofer, E., Ng, P.K.W., 2014. Effect of Extrusion Cooking on The Physicochemical Properties, Resistant Starch, Phenolic Content and Antioxidant Capacities of Green Banana Flour. Food Chemistry, 143, 33–39.

Schaafsma, G., Kok, F., 2005. Nutritional Aspects of Food Innovations: A Focus on Functional Foods. Jongen, W.M.F., Meulenberg, M.T.G. (Eds.), Innovation in Agri-food Systems: Product Quality and Consumer Acceptance (1th ed.) (207-220). Wageningen Academic Publishers, 399.The Netherlands.

Sciarini, L.S., Bustos, M.C., Vignola, M.B., Paesani, C., Salinas, C.N., Pérez, G.T., 2017. A Study on Fibre Addition to Gluten Free Bread: İts Effects on Bread Quality and in Vitro Digestibility. Journal Food Science and Technolgy, 54(1), 244–252.

Seguchi, M., Tabara, A., Fukawa, I., Ono, H., Kumashıro, C., Yoshıno, Y., Kusunose, C., Yamane, C., 2007. Effects of Size of Cellulose Granules on Dough Rheology, Microscopy, and Breadmaking Properties. Journal of Food Scıence, 72(2), 79-84.

Sievert, D., Pomeranz, Y., 1989. Enzyme-resistant Starch. I.Characterization and Evaluation by Enzymatic, Thermo Analytical and Microscopic Methods. Cereal Chemıstry, 66(4), 342-347.

Siliveru, K., Ambrose, R.P.K., Vadlani, P.V., 2017. Significance of Composition and Particle Size on the Shear Flow Properties of Wheat Flour. Journal Science Food Agriculture, 97, 2300–2306.

Singh, N., Smith, A.C., 1997. A Comparison of Wheat Starch, Whole Wheat Meal and Oat Flour in the Extrusion Cooking Process. Journal of Food Engineering, 34, 15-32.

Singh, N., Singh, J., Kaur, L., Sodhi, N.S., Gill, B.S., 2003. Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources. Food Chemistry, 81, 219–231.

Singh, J., Kaur, L., McCarthy, O. J., 2007. Factors Influencing the Physico-chemical, Morphological, Thermal and Rheological Properties of Some Chemically Modified Starches for Food Applications–A Review. Food Hydrocolloids, 21, 1–22.

Sittipod, S., Shi, Y.C., 2016. Changes in Physicochemical Properties of Rice Starch during Steeping in the Parboiling Process. Journal of Cereal Science, 69, 398-405.

Shu, X., Xu J., Wang, Y., Rasmussen, S., Wu, D., 2013. Effects of Gamma İrradiation on Starch Digestibility of Rice with Different Resistant Starch Content. International Journal of Food Science and Technology, 48, 35–43.

Shuey, W. C., Tipples, K. H., 1980. Amylograph Handbook, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.

Shumoy, H., Van Bockstaele, F., Devecioglu, D., Raes, K., 2018. Effect of Sourdough Addition and Storage Time on in Vitro Starch Digestibility and Estimated Glycemic İndex of Tef Bread. Food Chemistry, 264, 34-40.

Sobczyk, A., Pycia, K., Stankowski, S., Jaworska, G., Kuźniar, P., 2017. Evaluation of the Rheological Properties of Dough and Quality of Bread Made with the Flour Obtained from Old Cultivars and Modern Breeding Lines of Spelt (Triticum aestivum ssp. spelta). Journal of Cereal Science, 77, 35-41.

Sodhi, N.S., Singh, S., 2003. Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches Separated From Rice Cultivars Grown in India. Food Chemistry, 80, 99–108.

Sofi, S.A., Ayoub, A., Jan, A., 2017. Resistant Starch as Functional Ingredient: A Review. International Journal of Food Science and Nutrition, 2(6), 195-199.

Song, J.Y., Park, J.H., Shin, M., 2011. The Effects of Annealing and Acid Hydrolysis on Resistant Starch Level and the Properties of Cross-linked RS4 Rice Starch. Starch/Stärke, 63, 147–153.

Song, X., Pei, Y., Qiao, M., Ma, F., Ren, H., Zhao, Q., 2015. Preparation and Characterizations of Pickering Emulsions Stabilized by Hydrophobic Starch Particles. Food Hydrocolloids, 45, 256-263.

Sorndech, W., Rodtong, S., Blennow, A.,Tongta, S., 2019. Impact of Resistant Maltodextrins and Resistant Starch on Human Gut Microbiota and Organic Acids Production. Starch/Stärke, 71, 588-595.

Sosulski, F.W., Wu, K.K., 1988. High-fiber Breads Containing Field Pea Hulls, Wheat, Corn, and Wild Oat Brans. Cereal Chemistry, 65(3), 186-191.

Šporin, M., Avbelj, M., Kovač, B., Možina, S.S., 2017. Quality Characteristics of Wheat Flour Dough and Bread Containing Grape Pomace Flour. Food Science and Technology International, 24(3), 251-263.

Stojceska, V., Butler, F., Gallagher, E., Keehan, D., 2007. A Comparison of the Ability of Several Small and Large Deformation Rheological Measurements of Wheat Dough to Predict Baking Behaviour. Journal of Food Engineering, 83, 475–482.

Stute, R., Klingler, R.W., Boguslawski, S., Eshtiaghi, M.N., Knorr, D., 1996. Effects of High Pressures Treatment on Starches. Starch/Stärke, 48(11-12), 399–408.

Sugiura, F., Ito, S., Arai, E., 2017. Effect of Pregelatinized Starch Paste on the Ease of Swallowing High-moisture Content Bread. Journal of Food Engineering, 214, 209-217.

Sullivan, J.W., Johnson, J.A., 1964. Measurement of Strach Geletinization by Enzyme Susceptibility. Cereal Chemistry, 41, 73-79.

Szczesniak, A.S. 1998. Sensory Texture Profiling Historical and Scientific Perspectives. Food Technology, 52(8), 54-57.

Tacer-Caba, Z., Nilüfer-Erdil, D., 2019. Resistant Starch. Smithers, G.W. (Ed.), Referans Module in Food Science-Encyclopedia of Food Chemistry, 571-575.

Tan, X., Li, X., Chen, L., Xie, F., Li, L., Huang, J., 2017. Effect of Heat-moisture Treatment on Multi-scale Structures and Physicochemical Properties of Breadfruit Starch. Carbohydrate Polymers, 161, 286–294.

Taş, A.A., El, S.N., 2000. Determination of Nutritionally İmportant Starch Fractions of Some Turkish Breads. Food Chemistry, 70, 493-497.

Tayyar, Ş., 2005. Biga Koşullarında Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday (Triticum Aestivum L.) Çeşit ve Hatlarının Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Saptanması, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(3), 405-409.

Tester, R.F., Karkalas, J., 1996. Swelling and Gelatinization of Oat Starches. Cereal Chemistry, 73(2), 271-277.

Tester, R.F., Karkalas, J., QI, X., 2004. Starch Structure and Digestibility Enzyme-substrate Relationship. World's Poultry Science Journal, 60, 186-195.

Topping, D.L., Morell, M.K., King, R.A., Li, Z., Bird, A.R., Noakes, M., 2003. Resistant Starch and Health–Himalaya 292, a Novel Barley Cultivar to Deliver Benefits to Consumers. Starch/Stärke, 55, 539–545.

Trinh, L., Campbell, G.M., Martin, P.J., 2016. Scaling Down Bread Production for Quality Assessment Using a Breadmaker: Are Results from a Breadmaker Representative of other Breadmaking Methods?. Food and Bioproducts Processing, 100, 54–60.

Tupa, M.V., Arroyo, S., Herrera, M.L., Foresti, M.L., 2018. Production of Esterified Starches with Increased Resistant Starch Content by an α-HydroxyAcid-Catalyzed Route. Starch/Stärke,70, 551-559.

Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V., 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.

Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), 2018. Bitkisel Üretim İstatistikleri. Erişim Tarihi: 04.05.2019. http ://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001.

United States Department of Agriculture (USDA), 2018. National Nutrient Database for Standard Reference. Erişim Tarihi: 11.03.2019. https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/20481?fgcd=&manu=&format=&count=&max=25&offset=&sort=default&order=asc&qlookup=20481&ds=&qt=&qp=&qa=&qn=&q=&ing

Ünal, S.S., 2009. Hububat Teknolojisi. Yücebaş Makine ve Analitik Cihazlar Sanayi Yayınları, 65s. İzmir.

Varavinit, S., Shobsngob, S., Varanyanond, W., Chinachoti, P., Naivikul, O., 2003. Effect of Amylose Content on Gelatinization, Retrogradation and Pasting Properties of Flours from Different Cultivars of Thai Rice. Starch/Stärke, 55, 410–415.

Vernon-Carter, E.J., Alvarez-Ramirez, J., Bello-Perez, L.A., Reyes, I., Hernandez-Jaimes, C., 2019. Inhibition of the Amylolytic Hydrolysis of Starch by Ethanol, Food Hydrocolloids, 90, 285-290.

Villanueva, M., De Lamo, B., Harasym, J., Ronda,F., 2018. Microwave Radiation and Protein Addition Modulate Hydration, Pasting and Gel Rheological Characteristics of Rice and Potato Starches. Carbohydrate Polymers, 201, 374–381.

Viturawong, Y., Achayuthakan, P., Suphantharika, M., 2008. Gelatinization and Rheological Properties of Rice Starch/Xanthan Mixtures: Effects of Molecular Weight of Xanthan and Different Salts. Food Chemistry, 111, 106–114.

Waigh, T.A., Gidley, M.J., Komanshek, B.U., Donald, A.M., 2000. The Phase Transformations in Starch During Gelatinisation: A Liquid Crystalline Approach. Carbohydrate Research, 328, 165–176.

Wang, J., Rosell, C.M., Benedito de Barber, C., 2002. Effect of the Addition of Different Fibres on Wheat Dough Performance and Bread Quality. Food Chemistry, 79, 221–226.

Wang, L., Zhang, C., Chen, Z., Wang, X., Wang, K., Li, Y., Wang, R., Luo, X., Lia, Y., Li, J., 2018. Effect of Annealing on the Physico-chemical Properties of Rice Starch and the Quality of Rice Noodles. Journal of Cereal Science, 84, 125–131.

Wang, P., Jin, Z., Xu, X., 2015. Physicochemical Alterations of Wheat Gluten Proteins upon Dough Formation and Frozen Storage- A Review from Gluten, Glutenin and Gliadin Perspectives. Trends in Food Science Technology, 46, 189-198.

Wang, H., Pang, G., 2017. Effect of Resistant and Digestible Rice Starches on Human Cytokine and Lactate Metabolic Networks in Serum. Cytokine, 93, 57-65.

White, P.J., 2001. Properties of Corn Starch, Kernel Mutants of Corn. Haralampu, A.R (Ed.), Specialty Corns (2th ed.) (41-70). CRC Press, 469p. London.

Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., Delcour, J.A., 2013. Ingredient Functionality in Batter Type Cake Making. Trends in Food Science Technology, 30, 6-15.

Xie, X., Liu, Q., 2004. Development and Physicochemical Characterization of New Resistant Citrate Starch from Different Corn Starches. Starch/Stärke, 56, 364–370.

Xue, Q., Newman, R.K., Newman, C.W., 1996. Effects of Heat Treatment of Barley Starches on in Vitro Digestibility Band Glucose Responses in Rats. Cereal Chemistry, 73(5), 588-592.

Yam, K.L., Papadakis, S.E., 2004. A Simple Digital İmaging Method for Measuring and Analyzing Color of Food Surfaces. Journal of Food Engineering, 61, 137–142.

Yamamoto, K., Kawai, K., Fukami, K., Koseki, S., 2009. Pressure Gelatinization on Pototo Starch. Food, 3, 57-66.

Yang, C.Z., Shu, X.L., Zhang, L.L., Wang, X.Y., Zhao, H.J., Ma, C.X., Wu, D.X., 2006. Starch Properties of Mutant Rice High in Resistant Starch. Journal of Agricultural Food Chemistry, 54, 523-528.

Yang, Z., Chaib, S., Gu, Q., Hemar, Y., 2017. Impact of Pressure on Physicochemical Properties of Starch Dispersions. Food Hydrocolloids, 68, 164-177.

Yeh, A.I., Yeh, S.L., 1993. Some Characteristics of Hydroxypropylated and Cross-linked Rice Starch. Cereal Chemistry, 70, 596-601.

Yıldız, O., Sahin, H., Kara, M., Aliyazıcıoğlu, R., Tarhan, Ö., Kolaylı, S., 2010. Maillard Reaksiyonları ve Reaksiyon Ürünlerinin Gıdalardaki Önemi. Akademik Gıda, 8(6), 44-51.

Yu, Y., Patch, C.,Weston-Green, K., Zhou,Y., Zheng, K., Huang, X.F., 2018. Dietary Galacto-Oligosaccharides and Resistant Starch Protect Against Altered CB1 and 5-HT1A and 2A Receptor Densities in Rat Brain: Implications for Preventing Cognitive and Appetite Dysfunction During a High-Fat Diet. Molekuler Nutrition Food Research,62, 1-9.

Zakaria, Z., Mohamod, N.F., Mohd Noor, S.N., Hussin, N., Shahidan, N.,2018. Development and Physicochemical properties of Breadfruit (Artocarpus altilis) Resistant Starch Bread. Journal of Agribiotechnology, 9(15), 182-193.

Zavareze, E.R., Dias, A.R.G., 2011. Impact of Heat-moisture Treatment and Annealing in Starches: A Review. Carbohydrate Polymers, 83, 317–328.

Zavareze E.R., El Halal S., Santos D., Helbig E., Pereira J., Dias A.R.G., 2012. Resistant Starch and Thermal, Morphological and Textural Properties of Heat-moisture Treated Rice Starches with High-, Medium- and Low-Amylose Content. Starch/Stärke, 64, 44-54.

Zeng, S., Wua, X., Lin, S., Zeng, H., Lua, X., Zhang, Y., Zheng, B., 2015. Structural Characteristics and Physicochemical Properties of Lotus Seed Resistant Starch Prepared by Different Methods. Food Chemistry, 186, 213–222.

Zhang, G., Sofyan, M., Hamaker, B.R., 2008. Slowly Digestible State of Starch: Mechanism of Slow Digestion Property of Gelatinized Maize Starch. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 4695-4702.

Zhang, J., Wang, Z.W., Shi, X.M., 2009. Effect of Microwave Heat/moisture Treatment on Physicochemical Properties of Canna edulis Ker Starch. Journal of the Science of Food and Agriculture, 89, 653–664.

Zhang, J., Chen, F., Liu, F., Wang, Z., 2010. Study on Structural Changes of Microwave Heat-moisture Treated Resistant Canna Edulis Ker Starch During Digestion in Vitro. Food Hydrocolloids, 24, 27-3.

Zheng, B., Wang, H., Shang, W., Xie, F., Li, X., Chen, L., Zhou, Z., 2018. Understanding the Digestibility and Nutritional Functions of Rice Starch Subjected to Heat-moisture Treatment. Journal of Fonctional Foods, 45, 165-172.

Zhu, L.J., Liu, Q.Q., Wilson, J.D., Gu, M.H., Shi, Y.C., 2011. Digestibility and Physicochemical Properties of Rice (Oryzasativa L.) Flours and Starches Differing in Amylose Content. Carbohydrate Polymers, 86,1751-1759.

Zhu, F., 2015. Impact of Ultrasound on Structure, Physicochemical Properties, Modifications, and Applications of Starch. Trends Food Science Technology,43, 1-17.

Zhu, D., Zhang, H., Guo, B., Xu, K., Dai, Q., Wei, C., Zhou, G., Huo, Z., 2017. Physicochemical Properties of Indica-Japonica Hybrid Rice Starch from Chinese Varieties. Food Hydrocolloids, 63, 356-363.

EKLER

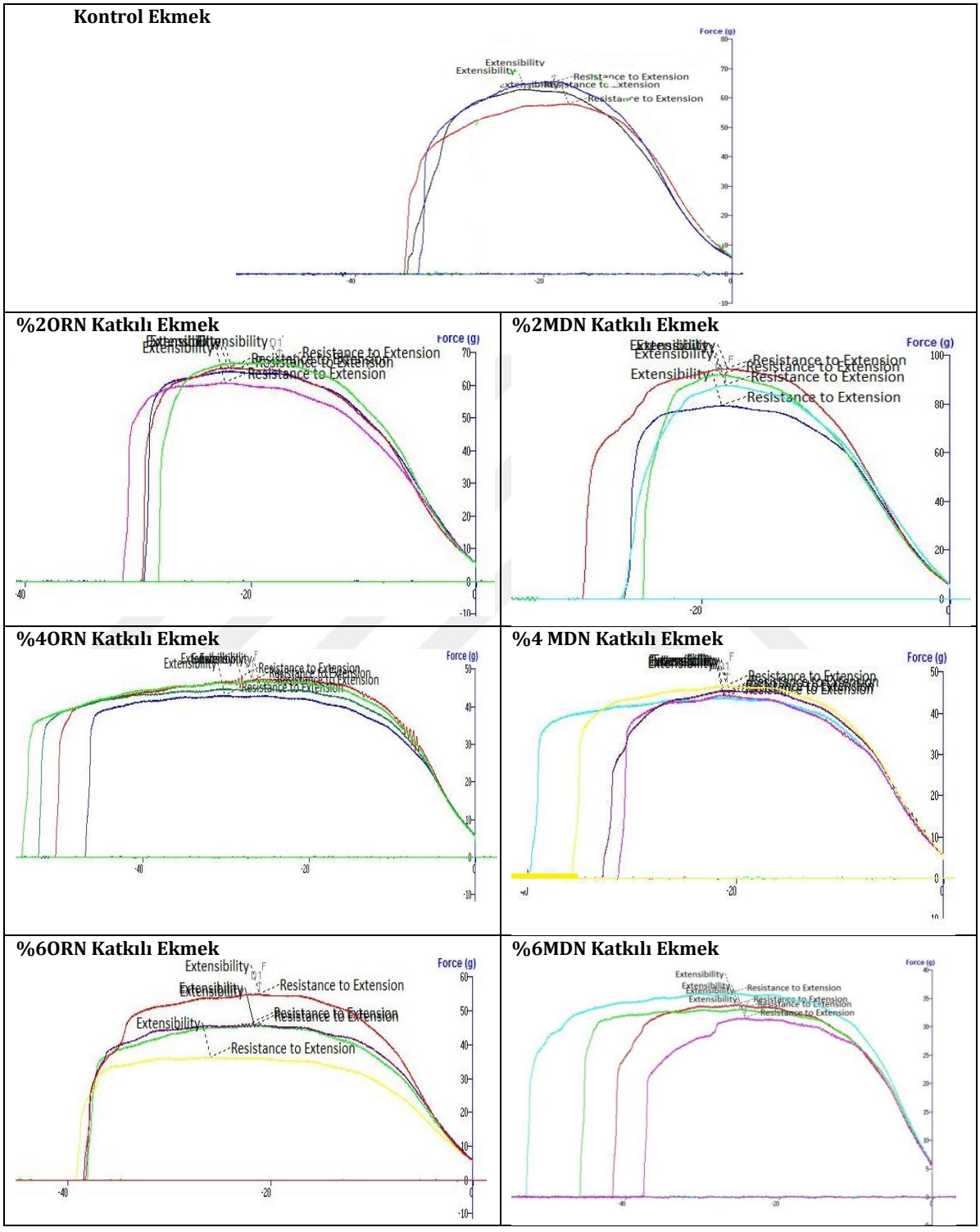
EK A. Katkısız ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri

EK B. Katkısız ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların yapışkanlık testi sonucundan elde edilen grafikleri

EK C. Ekmek içi TPA grafikleri

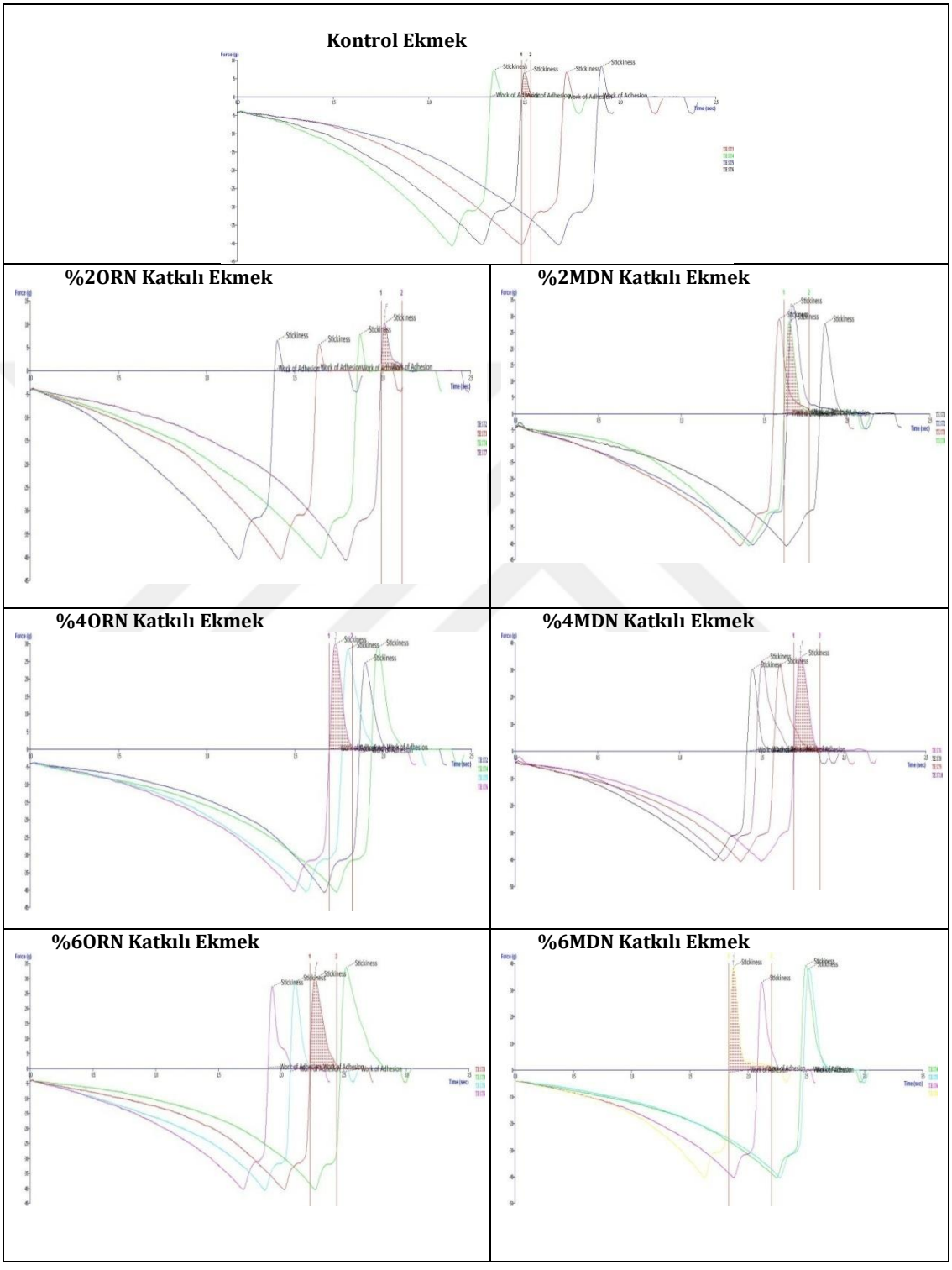
EK D. Ekmek örneklerine ait fotoğraf örnekleri

EK A. Katkısızekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik testi sonucundan elde edilen grafikleri



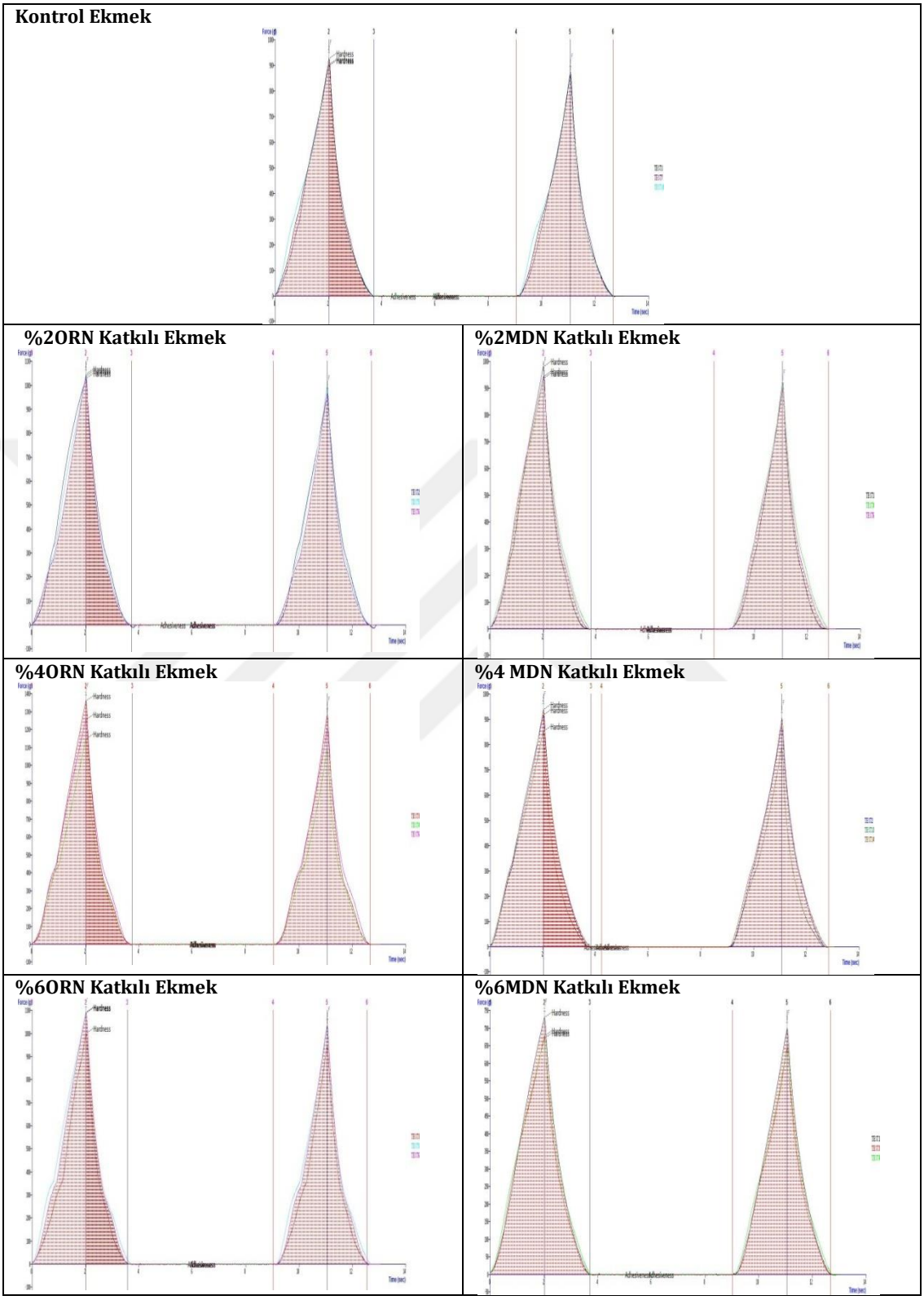
Şekil A.1. SMS/Kieffer grafikleri

EK B. Katkısız ekmeklik buğday unu ve bu una farklı oranlarda ORN ve MDN ilave edilerek hazırlanan hamurların yapışkanlık testi sonucundan elde edilen grafikleri



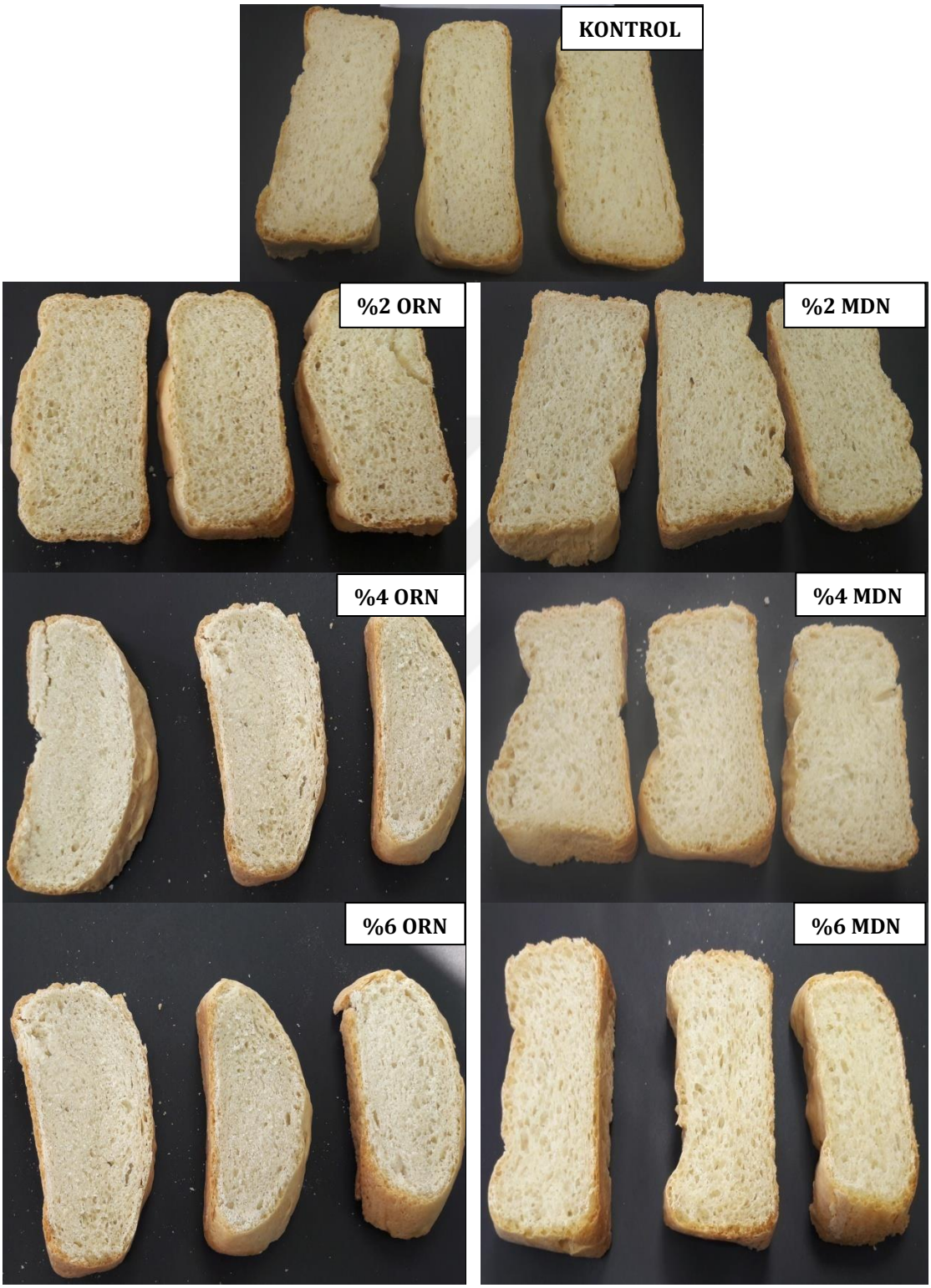
Şekil B.1. Yapışkanlık grafikleri

EK C. Ekmek içi TPA grafikleri



Şekil C.1.TPA grafikleri

EK D. Ekmek örneklerine ait fotoğraf örnekleri



Şekil D.1. Ekmek örnekleri kesit görünüşü

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Ayşe DEMİREKİN

Doğum Yeri ve Yılı : Isparta, 1991

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : ayse.demirekin@tarimorman.gov.tr

Eğitim Durumu

Lise : Isparta Mürşide Ermumcu Anadolu Öğretmen Lisesi, 2009

Lisans : İTÜ, Gıda Mühendisliği, 2014

Mesleki Deneyim

Kağıthane İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü 2017-(halen)

Yayınlar

Demirekin, A., Gül, H., 2016. Enzime Dirençli Nişasta ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30(2), 71-78.

Demirekin, A., Gül, H., 2019. Effects of Enzyme-resistant Starch Obtained from Rice Starch by Various Methods on the Rheological Properties of Bread Dough, 3. International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences ICAFOP, 15-17 Nisan, Trabzon, 302-311.

Demirekin, A., Gül, H., 2019. The Influence of Enzyme-resistant Starch on Physical and Texturel Properties of Bread. 3. International Conference on Agriculture, Food, Veterinary and Pharmacy Sciences ICAFOP, 15-17Nisan, Trabzon, 1344-1353.