

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HARDALIYE POSASININ EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE KALİTE
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal DURSUN

MAYIS - 2025

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HARDALIYE POSASININ EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE
KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal DURSUN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Harun URAN
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ

Mayıs-2025

“HARDALIYE POSASININ EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması adlı tez çalışması **Bilal DURSUN** tarafından hazırlanmış olup aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Harun URAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Eş Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ
Kırklareli Üniversitesi

.....

Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. İbrahim PALABIYIK
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Başak Ebru ÖZCAN
Kırklareli Üniversitesi

.....

Tez Savunma Tarihi: 23/05/2025

.....
Doç. Dr. Hasibe Hale KARAYER
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Kırkırelı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Proje Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Bilal DURSUN
23/05/2025

ÖZET

HARDALIYE POSASININ EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI VE KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Bilal DURSUN

Yüksek Lisans Tezi

Kırklareli Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman: Doç. Dr. Harun URAN

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Recep GÜNEŞ

Mayıs 2025, 115 sayfa

Bu çalışmada kırmızı üzümlerden üretilen geleneksel bir içecek olan hardaliye üretiminde açığa çıkan ve etkin bir şekilde değerlendirilemeyen posa konvektif sıcak hava işlemi ile kurutularak ekmek üretiminde değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında buğday ununa %2,5, %5 ve %7,5 oranında katkılanan hardaliye posası tozunun genel fizikokimyasal ve biyoaktif bileşen içeriğine dair çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Ardından, kontrol un örneği ile birlikte posa katkılı unların farinograf, ekstensograf, gluten indeks, sedimantasyon, nişasta zedelenmesi ve enzim aktivitesi özellikleri tespit edilmiş olup, bu unlardan elde hamurların reolojik davranışları frekans taraması ile incelenerek depo (G') ve kayıp modülleri (G'') kaydedilmiştir. Son olarak, kontrol un örneği ile posa katkılı unlardan üretilen ekmeklerde su aktivitesi, nem (%), pH, ham kül (%), enstrümantal renk ve tekstür analizleri, biyoaktif bileşen analizleri ve duyu analizi yapılarak, posa katkısının ekmeğin kalite kriterlerinde meydana getirdiği değişiklikler belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, hardaliye posası tozunun potansiyel bir biyoaktif bileşen kaynağı olduğu belirlenmiştir. Posa katkılı unlarla yapılan analizlerde ise özellikle %7,5 katkılı örneğin ekstensograf, gluten indeks analiz değerleri, sedimantasyon ve gecikmeli sedimantasyon sonuçları ile düşme sayısı kontrol örneğine kıyasla farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Hamurların frekans tarama test sonuçlarına göre posa katkılama işlemi örneklerin depo ve kayıp modüllerinde kontrol un örneğine kıyasla düşüşe neden olmuştur. Posa katkılı unlardan üretilen ekmeklerin katkı miktarına paralel olarak özellikle renk, tekstür, biyoaktif bileşen içeriğinde farklılıklar meydana geldiği belirlenmiş olup, duyu analizlerinde ise tüm katkılama oranlarının tüketicilerin beğenisi doğrultusunda skorlar aldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak yapılan bu çalışma ile hardaliye posası için alternatif bir kullanım alanı yaratılmış olup gelecekteki çalışmalara öncül olma niteliğindeki sonuçlar literatüre kazandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hardaliye posası, biyoaktif bileşenler, ekmek üretimi, kalite

ABSTRACT

THE USE OF HARDALIYE POMACE IN BREAD PRODUCTION AND DETERMINATION OF QUALITY PARAMETERS

Bilal DURSUN

MSc Thesis

Kirklareli University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Harun URAN

Co-supervisor: Asst. Prof. Recep GÜNEŞ

May 2025, 115 pages

In this study, the pomace formed in the production of hardaliye, which is a traditional beverage produced from red grapes, was dried by convective hot air process and utilized in bread production. In the first stage of the study, various analyses on the general physicochemical and bioactive component content of hardaliye pomace powder added to wheat flour at 2.5%, 5% and 7.5% were carried out. Then, the farinograph, extensograph, gluten index, sedimentation, starch damage and enzyme activity properties of the pomace-added flours were determined together with the control flour sample, and the rheological behavior of the doughs obtained from these flours were examined by frequency scanning and the storage (G') and loss modules (G'') were recorded. Finally, water activity, moisture (%), pH, crude ash (%), instrumental color and texture analyses, bioactive component analyses and sensory analyses were performed to determine the changes in the quality criteria of the bread produced from the control flour sample and the bread produced from flours with pomace additives. According to the results of the study, it was determined that hardaliye pomace powder is a potential source of bioactive components. In the analysis of the flours enriched with pomace, especially the extensograph analysis, gluten index value, sedimentation and delayed sedimentation results and the falling number value of the 7.5% added sample showed differences compared to the control sample ($p<0.05$). According to the frequency scanning test results of the dough samples, pomace addition caused a decrease in the storage and loss modules. It was determined that there were differences in the color, texture and bioactive component content of the breads produced from pomace-added flours in parallel with the amount of additive, and in sensory analysis, it was determined that all additive ratios received scores in line with the taste of consumers. As a result, an alternative usage area for hardaliye pomace was created with this study and the results, which are pioneering for future studies, were introduced to the literature.

Keywords: Hardaliye pomace, bioactive components, bread production, quality.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince sabırla beni destekleyen; Gıda Mühendisliği bölümüne başladığım ilk günden itibaren kendisinden çok şey öğrendiğim ve tezimin oluşumunda en büyük emeğe sahip olan saygıdeğer tez danışmanım Doç. Dr. Harun URAN ile değerli eş danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Recep GÜNEŞ'e, bu araştırmanın planlanması, düzenlenmesi, yürütülmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilip yorumlanmasında verdikleri kıymetli destekleri ve yol göstericilikleri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Daha önce Sosyal Bilimler alanındaki yüksek lisansımda danışmanlığımı üstlenen, hayata bakış açımı değiştiren ve beni cesaretlendiren Dr. Öğr. Üyesi Yasemin AKMAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Gıda Mühendisliği yüksek lisans eğitimim süresince laboratuvar çalışmalarımda her türlü materyale erişmemi sağlayan kıymetli hocam Prof. Dr. Hatice ŞANLIDERE ALOĞLU'na, analizlerimin hazırlanması ve gerçekleştirilmesinde değerli katkıları olan Dr. Öğretim Üyesi Başak Ebru ÖZCAN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Un numunelerinin temininde ve analiz sürecinde verdikleri değerli katkılardan dolayı Eflani UN Gıda San. ve Tic. A.Ş.'ye ve Laborant Ferdi EFE'ye; eğitimimi tamamlamam sürecinde iş yerinde gerekli kolaylıkları sağlayan TMO Kırklareli Başmüdürü Sayın Fahrettin AKSU'ya şükranlarımı sunarım.

Hayatım boyunca, iyi günde de kötü günde de daima yanımda olan; sevgileri, sabırları ve fedakârlıklarıyla bugünlere gelmemi sağlayan anneme, babama ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu süreçte desteğini, sevgisini ve anlayışını her daim hissettiren, en kıymetli zamanlarımızdan fedakârlık ederek bana güç veren canım eşime ve sabırlarıyla bu yolculuğun sessiz kahramanları olan sevgili çocuklarıma minnettarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Üzümün Tarihçesi, Türkiye’de ve Dünyada Üzüm Üretimi	3
2.2. Üzümün Bileşimi ve Beslenmedeki Önemi.....	8
2.3. Hardaliye Üretimi ve Üretiminde Kullanılan Maddeler.....	10
2.4. Ekmek Üretimi, Önemi ve Una Çeşitli Katkılarla Üretilen Ekmek ve Benzeri Ürünlerin Fonksiyonel Hale Getirilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM.....	21
3.1. Materyal.....	21
3.2. Yöntem	21
3.2.1. Hardaliye üretimi ve hardaliye posasının eldesi.....	21
3.2.2. Hardaliye posasının una katılması, hamur ve unda yapılan analizler	23
3.2.3. Hardaliye posası katkılı (HPK) ekmek üretimi	28
3.2.4. Hardaliye posası katkılı (HPK) ekmekte yapılan analizler	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	37
4.1. Ekmek Üretiminde Kullanılan Hardaliye Posasına Ait Analiz Sonuçları.....	37
4.2. Hardaliye Posasının İlavesiyle Hazırlanan Un ve Hamurlarda Yapılan Analiz Ait Sonuçları.....	42
4.2.1. Nem, protein ve kül analiz sonuçları	42
4.2.2. Farinograf analiz sonuçları.....	46
4.2.3. Ekstensograf analiz sonuçları.....	51
4.2.4. Gluten indeks analiz sonuçları	56
4.2.5. Sedimentasyon analizi ve nişasta zedelenmesi sonuçları	58

4.2.6. Enzim aktivitesi (düşme sayısı/falling number) analiz sonuçları.....	60
4.2.7. Reoloji analiz sonuçları.....	63
4.3. Ekmeklerde yapılan analiz sonuçları.....	66
4.3.1. Su aktivitesi, nem (%), pH ve ham kül (%) analiz sonuçları	66
4.3.2. Renk analiz sonuçları.....	70
4.3.3. Tekstür analiz sonuçları	74
4.3.4. Biyoaktif bileşen analiz sonuçları.....	81
4.3.5. Duyusal analiz sonuçları	87
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR.....	99
EKLER.....	111
ÖZGEÇMİŞ.....	115

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge 2.1. Üzüm üretimi yapılan (2022 yılı) ilk 10 ülke ve toplam üretime oranları....	4
Çizelge 2.2. Üzüm ihracatı yapan ilk 10 ülke ve toplam ihraç değeri (Ton/\$)	6
Çizelge 2.3. Üzüm ithalatı yapan ilk 10 ülke ve toplam ithal değeri (Ton/\$)	7
Çizelge 2.4. Üzümün besin öğeleri ve bileşenleri	9
Çizelge 3.1. Çalışma kapsamında üretilen ekmek formülasyonları (100 g için).....	28
Çizelge 4.1. Hardaliye posasına ait analiz sonuçları	38
Çizelge 4.2. Un örneklerinin nem, protein ve kül analiz sonuçları	43
Çizelge 4.3. Un örneklerinin farinograf analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4.4. Un örneklerinin ekstensograf analiz değerleri	52
Çizelge 4.5. Un örneklerinin gluten indeks analiz sonuçları.....	56
Çizelge 4.6. Un örneklerinin sedimantasyon ve nişasta zedelenmesi sonuçları.....	59
Çizelge 4.7. Un örneklerinin enzim aktivitesi analiz sonuçları.....	61
Çizelge 4.8. Ekmek örneklerinin su aktivitesi ve nem analiz sonuçları	67
Çizelge 4.9. Ekmek örneklerinin renk analiz sonuçları	71
Çizelge 4.10. Ekmek örneklerinin tekstür analiz değerleri	75
Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinin biyoaktif bileşen analiz değerleri.....	81
Çizelge 4.12. Ekmek örneklerinin duyu analizi skorları.....	88

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 2.1 Yetiştirilen üzümlerim kullanım amaçları	4
Şekil 2.2 Genel hatlarıyla hardaliye üretim akış şeması	12
Şekil 3.1 Gallik asit standardına ait kalibrasyon eğrisi	32
Şekil 3.2 Kateşin standardına ait kalibrasyon eğrisi	32
Şekil 3.3 Troloks eşdeğeri ABTS kalibrasyon kurvesi	34
Şekil 3.4 Troloks eşdeğeri FRAP kalibrasyon kurvesi	35
Şekil 4.1 Un örneklerinde nem, protein ve kül analiz sonuçları	44
Şekil 4.2 Farinograf analiz sonuçlarına ait grafikler	47
Şekil 4.3 Ekstensograf analiz sonuçlarına ait grafikler	52
Şekil 4.4 Gluten indeks analiz sonuçlarına ait grafikler	57
Şekil 4.5 Sedimentasyon analizi ve nişasta zedelenmesi analiz sonuçları	60
Şekil 4.6 Enzim aktivitesi analiz grafikleri	61
Şekil 4.7 Ekmek hamurlarının elastik (G') ve viskoz (G'') modüllerine ait sonuçlar	64
Şekil 4.8 Ekmeklerin su aktivitesi, nem (%), pH ve ham kül (%) analiz sonuçları	68
Şekil 4.9 Çalışma kapsamında üretimi yapılan örneklerin renk analiz sonuçları	71
Şekil 4.10. Tekstür analiz grafikleri	76
Şekil 4.11. Toplam antioksidan analiz grafiği	82
Şekil 4.12. Duyusal analiz grafiği	88

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim 3.1 Hardaliye tozu üretim akış şeması	22
Resim 3.2 Hardaliye posası ile zenginleştirilen un örnekleri	23
Resim 3.3 Farinograf ölçümü yapılan cihaz ve farinograf ölçümü yapılan örnekler	24
Resim 3.4 Ekstensograf ölçümü yapılan cihaz, ekstensograf için yuvarlama yapılan örnekler ve ekstensograf için silindir yapılan örnekler	24
Resim 3.5 Glutomatik sistem cihazı ile indeks cihazının görüntüsü ve test edilen analiz örnekleri	25
Resim 3.6 Sedimentasyon analiz örnekleri ve sedimentasyon analiz cihazı.....	26
Resim 3.7 Nişasta zedelenmesi analiz cihazı	27
Resim 3.8 Enzim aktivitesi için hazırlanan analiz örnekleri ve enzim aktivitesi cihazı ..	27
Resim 3.9 Reometre cihazı.....	28
Resim 3.10 Ekmek üretimine ait akış şeması	29
Resim 3.11 Tekstür cihazı.....	31

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde işareti
~	Yaklaşık oran
g	Gram
mg	Miligram
µg	Mikrogram
kcal	Kilokalori
°C	Santigrat derece
BU	Brabender Ünitesi
G'	Elastik (Depolama) modülü
G''	Viskoz (Kayıp) modülü
Hz	Hertz
d/d	Devir/dakika
a/a	Ağırlıkça/ağırlıkça oran (w/w)
µm	Mikrometre
mL	Mililitre
µL	Mikrolitre
nm	Nanometre
K _m	Michaelis-Menten sabiti
V _{mak}	Maksimum hız
ν (cm ⁻¹)	Gerilme titreşimi
dk	Dakika
ε	Molar Soğurma Katsayısı

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AACC	Amerikan Tahıl Kimyagerleri Birliği
ABTS	2,2'-azinobis (3-etil-bezotiazolin 6 sulfonat)
ANOVA	Varyans Analizi (Analysis of Variance)
AOAC	Resmi Analitik Kimyagerler Derneği
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
FRAP	Ferrik Redüktif Antioksidan Güç
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HPK	Hardaliye Posası Katkılı
ITC	Uluslararası Ticaret Merkezi
LAB	Laktik Asit Bakterileri (<i>Lactic Acid Bacteria</i>)
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein (<i>Low-Density Lipoprotein</i>)
Malv-3-gly	Malvidin-3-glukozit
OIV	Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü
spp.	Türler
TFM	Toplam Fenolik Madde
TFVM	Toplam Flavonoid Madde
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TMA	Toplam Monomerik Antosiyanin
TMO	Toprak Mahsulleri Ofisi
TPTZ	2,4,6-Tripiridil-s-triazin
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USDA	ABD Tarım Bakanlığı
UV-VIS	Ultraviyole-Görünür Bölge Spektrofotometrisi

1. GİRİŞ

Türkiye, dünya üzerindeki coğrafi konumu ve sahip olduğu ekolojik özellikleri nedeniyle bağıcılığa oldukça elverişlidir. Bu nedenle üzüm bol ve kolay elde edilebilir nitelikte bir meyve olup hem doğrudan hem de farklı yöntemler ile çeşitli ürünlere işlenerek tüketilebilmektedir. Hardaliye, bu ürünlerden biri olup, hammaddesi siyah yaş üzüm (Merlot, Papazkarası, Alfons, Öküzgözü, Cabernet Sauvignon) olan, içerisine bütün/öğütülmüş hardal tohumlarının (%0,2-2) ve vişne yapraklarının (~%0,1) eklenerek laktik asit fermentasyonuna tabi tutulması ile üretilen alkolsüz fermente bir içecektir. Türkiye’de özellikle Trakya Bölgesi’nde uzun yıllardır üretilmekte ve tüketilmektedir (Çoşkun ve Arıcı, 2011; Gucer vd., 2009; Aydoğdu vd., 2014; Gürbüz, 2018).

Hardaliye, laktik asit bakterileri (LAB) florasından dolayı süt kaynaklı olmayan probiyotik içecek olarak tanımlanmaktadır (Prado vd., 2008). Hardaliyenin doğal mikrobiyotası, *Lactobacillus paracasei* spp. *paracasei*, *Lactobacillus casei* spp. *pseudopantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus pontis*, *Lactobacillus acetotolerans*, *Lactobacillus sanfransisco*, *Lactobacillus vaccinostrercus* gibi laktik asit bakterilerinden oluşmaktadır (Pehlivanoğlu vd., 2015). Sektördeki diğer fermente içecekler ile karşılaştırıldığında alkollü ve süt kaynaklı olmaması ve düşük yağ ve tuz içeriği nedeniyle çocuklar, vejetaryenler, laktoz intoleransına, hipertansiyona ve yüksek kolesterol seviyelerine sahip olan bireyler de dahil olmak üzere geniş bir aralıktaki tüketici grubu tarafından tüketilebilmektedir (Gündüz vd., 2019). Bilindiği üzere üzüm bileşiminde yer alan fenolik bileşikler, LDL kolesterol oksidasyonunun inhibisyonu aracılığıyla arteriyoskleroz riskini azaltmakta ve kan basıncı ve kan glukozu üzerine düzenleyici etkiler sergilemektedir. Ayrıca hardaliye üretiminde kullanılan hardal tohumundaki uçucu yağların karsinogeneze karşı baskılayıcı etki gösterdiği bildirilmiştir (Aktaş vd., 2015). Hardaliyenin sahip olduğu fonksiyonel bileşiklerinden dolayı, insan vücudu için yüksek antioksidan etkiler sağlayarak oksidatif stresi önlediği, plazma lipid peroksidasyonu parametrelerini ve serum homosistein konsantrasyonlarını azalttığı ve sindirim sisteminin düzenlenmesine yardımcı olduğu ifade edilmiştir (Coşkun F., 2017).

Hardaliye yapımında kullanılan üzüm, fenolik bileşikler, flavonoidler ve antioksidanlar bakımından zengindir. Bu bileşikler, anti-inflamatuar ve antioksidan etkileriyle bilinmektedir. Hardaliyenin içerisinde bulunan bu değerli bileşikler, fermantasyon sonrası posada da önemli oranda kalmaktadır (Tosun ve Şahin, 2019). Hardaliye posası, özellikle fenolik bileşikler ve diyet lifleri açısından zengindir. Yapılan çalışmalar, posanın büyük ölçüde üzüm kabuğu ve çekirdeklerinden oluştuğunu, bu bileşenlerin antioksidan kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Kara vd., 2020).

Günümüzde çeşitli ham maddelerin gıda üretimi sonrası açığa çıkan çeşitli yan ve atık ürünlerin gıda ürünlerinde kullanılmasına yönelik artan ilgi özellikle çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanımlar açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu kapsamda, hardaliye üretimi esnasında oluşan ve henüz etkin bir şekilde değerlendirilemeyen posanın özellikle ekmek gibi günlük tüketilen ürünlerde kullanılması hem besinsel hem de ekonomik açıdan avantaj sağlayabilir. Nitekim, zeytin posası ve üzüm posası gibi benzer atıkların ekmek yapımında kullanımı üzerine yapılan çalışmalar, bu tip posaların ekmek kalitesini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir (Doğan ve Çelik, 2017).

Bu çalışmada, hardaliye üretimi sonunda ortaya çıkan ve atık niteliğinde olan posasının ekmek yapımında değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Bu kapsamda, farklı miktarlarda una katkılanmak suretiyle hem ekmeğin fonksiyonel özelliklerinin artırılması hem de atık yönetimi açısından katkılar sağlanması hedeflenmiştir. Bununla birlikte, besin değeri açısından çok değerli olan posanın ekmek üretiminde kullanılması sonucunda ekmeğin kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özelliklerini nasıl etkilediği de yapılan detaylı analizler ile ortaya konmuştur.

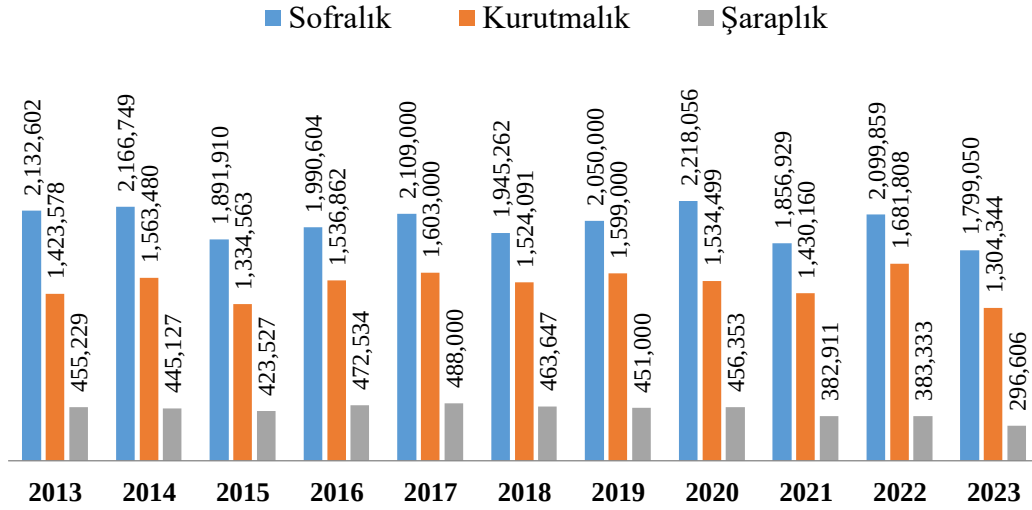
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Üzümün Tarihçesi, Türkiye’de ve Dünyada Üzüm Üretimi

Üzüm, dünyanın en eski tarımsal ürünlerinden biridir. Tarihi yaklaşık 8000 yıl öncesine kadar uzanır ve ilk olarak Doğu Anadolu, Güney Kafkasya ve Orta Asya'da yetiştirildiği düşünülmektedir. Üzüm, antik dönemlerde yalnızca bir meyve değil, aynı zamanda dini ritüellerde ve şarap yapımında önemli bir rol oynamıştır (McGovern, 2003). Üzümün eski toplumlar için vazgeçilmez bir besin kaynağı, aranan bir ürün ve bazı inançlarda insanlığa verilen kutsal bir armağan olduğu bilinmektedir. Eski Yunan mitolojisinde üzüm ve şarap için ayrı bir tanrının bile kurgulandığı görülmektedir. Anavatanı olarak kabul edilen Ortadoğu ve çevresinde yaşayan birçok medeniyet için önemli bir meyve olan üzüm, eski Arap kültüründe de önemli bir role sahiptir (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

Üzüm, çeşitli değerlendirme yöntemlerinin oluşu, iklim ve toprak istekleri yönünden çok seçici olmayışı, çok yıllık olması ve çoğalma yöntemlerinin kolay oluşu gibi nedenlerle dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan bitkilerden biridir. Dünyada bağcılık, genel olarak kuzey yarımkürede 20°-50°, güney yarımkürede ise 20°-40° enlemleri arasında yapılmaktadır. Sıcaklık, bağcılığın kuzeye doğru yayılmasını engelleyen en önemli faktördür (İKA, 2019). Üzüm yetiştiriciliği için en uygun iklim koşulları Akdeniz iklimidir. Üzüm bağlarının sağlıklı gelişimi için sıcak, kuru yazlar ve ılıman kışlar idealdir. Ayrıca toprak yapısının geçirgen ve mineral bakımından zengin olması, verimli bir üretim için gereklidir (Jackson, 2014).

Türkiye'deki üzüm üretimi özellikle Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Bu bölgeler hem sofralık üzüm hem de kurutmalık üzüm üretiminde liderdir (Bashimov, 2017). Bu kapsamda TÜİK verilerine göre ‘‘Meyveler, içecek ve baharat bitkileri’’ içerisinde 2022 yılında payı 4.165.000 ton, oranı %15,50 iken 2023 yılında ki payı 3.400.000 ton, oranı ise %12,40 olmuştur. 2023 yılında verim olarak 2022 yılına göre %18,40 azalış olmuştur. Yıllara göre kullanım amacına baktığımızda ise üzümün sofralık kullanımı daha yoğunlukta olduğu görülmektedir Şekil 2.1’de kullanım amaçlarına göre dağılımı gösterilmiştir (TÜİK, 2023).



Şekil 2.1 Yetiştirilen üzümün kullanım amaçları

Üzüm üretimi, küresel gıda ve içecek endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. En büyük üzüm üreticileri arasında Çin, İtalya, ABD ve Fransa yer alır. Çin, sofralık üzüm üretiminde dünya lideridir, İtalya ise şaraplık üzüm üretiminde üst sıralarda yer almaktadır (OIV, 2022). 2022 yılında dünyada toplam 75.015.469 ton üzüm üretimi gerçekleşmiştir. Türkiye, dünya üzüm üretiminde 4.165.000 ton üretimle altıncı sırada yer almıştır. Çizelge 2.1’de 2022 yılında dünyada üzüm üretiminde ilk on sırada olan ülkeler ve üretimlerinin toplam üretim içindeki payı gösterilmiştir (FAO, 2022).

Çizelge 2.1. Üzüm üretimi yapılan (2022 yılı) ilk 10 ülke ve toplam üretime oranları

Ülke	Toplam Üretim (Ton)	Toplam Üretim Payı (%)
Çin	12.672.896,00	%16,89
İtalya	8.437.970,00	%11,25
Fransa	6.199.950,00	%8,26
İspanya	5.902.040,00	%7,87
Amerika Birleşik Devletleri	5.372.800,00	%7,16
Türkiye	4.165.000,00	%5,55
Hindistan	3.401.000,00	%4,53
Şili	2.402.686,00	%3,20
Güney Afrika	2.064.742,00	%2,75
Arjantin	1.936.803,00	%2,58
Diğer Ülkeler	22.459.582,00	%29,94

Dünya üzüm üretimi ve ticaretinde önemli eğilimler gözlemlenmektedir. Özellikle çekirdeksiz kuru üzüm üretimi ve ihracatı belirli ülkelerde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte dünya kuru üzüm üretiminin büyük bir kısmının Türkiye ve ABD tarafından gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Ünal ve Soltekin, 2018). Türkiye, dünya çekirdeksiz kuru üzüm ihracatında lider konumda olup, onu ABD ve İran takip etmektedir. Uluslararası çekirdeksiz kuru üzüm ticaretinin büyük bir bölümü Avrupa ülkelerine yönelmektedir. Türkiye'nin toplam ihracatının yaklaşık %85'i Avrupa'ya yapılırken, ABD'nin %50'si ve İran'ın %35'i bu kıtaya ihraç edilmektedir (TMO, 2021).

Son yıllarda küresel üzüm ticaretinde dalgalanmalar yaşanmaktadır. Dünyada üzüm ihracat miktarı 2019 yılına kıyasla 2023 yılında %8,94 oranında azalırken, ithalat miktarı %0,73 oranında gerilemiştir. Ancak ihracat değeri aynı dönemde %5,91 oranında artış göstermiş, ithalat değeri ise %11,65 yükselmiştir. Üzüm ticaretinde bu değişimler, küresel pazar dinamiklerinin ve tüketici eğilimlerinin zaman içinde nasıl farklılaştığını göstermektedir. İhracat ve ithalat durumlarına göre ilk on ülkeyi gösterir tablolar Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'de gösterilmiştir (ITC-Trade Map, 2024).

Üzüm, küresel ölçekte ticareti yapılan en önemli tarımsal ürünlerden biri olup, şarap endüstrisi başta olmak üzere pek çok sektörde değerlendirilmektedir. Şarap endüstrisinde üzüm ticareti her yıl milyar dolarlarla ifade edilmektedir (FAO, 2020). Akdeniz Bölgesi'nde ise üzüm, tarih boyunca şarap yapımı amacıyla önemli bir ticaret ürünü olmuştur. Siyah üzümler endüstriyel kullanım için ihraç edilerek şarap üretiminde değerlendirilmiş ve Fransa pazarında "raisins à boisson" (içecek üzümleri) olarak adlandırılmıştır (Frangakis-Syrett, 2017).

Üzüm bitkisinin yalnızca meyvesi değil, aynı zamanda yaprakları da ekonomik değere sahiptir. Özellikle Türk mutfağında yaygın olarak kullanılan üzüm yaprakları, geleneksel yemeklerde değerlendirilerek üzüm bağlarından elde edilen gelirlerin çeşitlenmesine katkı sağlamaktadır (MÜSİAD, 2020). Ayrıca üzüm ve türevleri, gıda sanayisinden kozmetiğe, sağlık sektöründen geleneksel mutfağa kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu çok yönlü kullanım, üzümün ekonomik değerini artırmakta ve tarımsal üretimde sürdürülebilirliği desteklemektedir.

Çizelge 2.2. Üzüm ihracatı yapan ilk 10 ülke ve toplam ihraç değeri (Ton/\$)

Ülkeler	2019		2020		2021		2022		2023	
	İhraç Edilen Miktar (Ton)	İhraç Edilen Değer (\$)	İhraç Edilen Miktar (Ton)	İhraç Edilen Değer (\$)	İhraç Edilen Miktar (Ton)	İhraç Edilen Değer (\$)	İhraç Edilen Miktar (Ton)	İhraç Edilen Değer (\$)	İhraç Edilen Miktar (Ton)	İhraç Edilen Değer (\$)
Peru	349.948	813.160,00	416.212	992.118,00	491.524	1.197.333,00	557.257	1.352.207,00	653.023	1.752.563,00
Şili	722.842	1.108.233,00	669.482	1.057.757,00	588.615	954.270,00	669.960	1.861.705,00	574.930	954.111,00
Çin	406.681	1.061.395,00	456.305	1.267.291,00	370.841	798.156,00	394.423	763.158,00	522.989	883.086,00
Türkiye	473.218	724.265,00	471.346	671.913,00	521.679	683.787,00	502.006	654.788,00	423.534	647.497,00
İtalya	429.771	726.117,00	475.441	842.188,00	473.729	894.105,00	449.226	774.226,00	387.302	894.200,00
Güney Afrika	368.906	639.870,00	390.456	644.969,00	432.330	828.890,00	471.676	874.711,00	375.358	714.394,00
Hindistan	239.095	345.677,00	204.894	315.720,00	289.017	349.740,00	302.550	338.969,00	326.283	383.865,00
Hollanda	318.368	761.375,00	311.765	831.421,00	352.688	953.252,00	298.140	776.799,00	307.694	942.484,00
ABD	455.172	1.112.606,00	434.498	1.048.728,00	385.668	1.001.485,00	360.109	987.889,00	289.311	943.067,00
Afganistan	178.008	130.207,00	131.211	188.603,00	219.797	207.733,00	164.569	163.892,00	195.702	164.468,00
Diğer Ülkeler	1.686.837	3.014.432,00	1.665.30	3.232.684,00	2.167.627	3.495.209,00	1.666.793	2.982.423,00	1.069.587	2.774.56,00
TOPLAM	5.628.846	10.437.337,00	5.626.916	11.093.392,00	6.293.515	11.363.960,00	5.836.709	11.530.767,00	5.125.713	11.054.297,00

Çizelge 2.3. Üzüm ithalatı yapan ilk 10 ülke ve toplam ithal değeri (Ton/\$)

Ülkeler	2019		2020		2021		2022		2023	
	İthal Edilen Miktar (Ton)	İthal Edilen Değer (\$)	İthal Edilen Miktar (Ton)	İthal Edilen Değer (\$)	İthal Edilen Miktar (Ton)	İthal Edilen Değer (\$)	İthal Edilen Miktar (Ton)	İthal Edilen Değer (\$)	İthal Edilen Miktar (Ton)	İthal Edilen Değer (\$)
ABD	668.897	1.848.267,00	679.065	1.918.481,00	673.757	2.017.497,00	792.789	2.492.183,00	842.156	2.771.884,00
Almanya	394.442	851.169,00	428.648	976.502,00	412.831	959.135,00	423.551	939.562,00	415.844	1.087.007,00
Hollanda	386.135	915.374,00	371.919	907.526,00	419.152	1.024.583,00	437.660	862.985,00	395.345	891.225,00
Birleşik Krallık	377.827	886.452,00	374.817	892.425,00	355.616	852.156,00	356.808	821.259,00	340.242	813.588,00
Kanada	210.323	499.506,00	212.412	512.129,00	209.943	533.859,00	210.733	559.359,00	196.431	613.062,00
Çin	292.978	702.324,00	272.751	676.266,00	219.928	579.999,00	203.278	574.425,00	184.787	518.140,00
Endonezya	119.527	382.513,00	85.136	277.973,00	100.690	320.003,00	106.068	338.375,00	120.249	407.163,00
Meksika	0	195.119,00	93.533	212.522,00	0	207.804,00	0	286.511,00	0	348.596,00
Fransa	144.510	251.207,00	158.164	280.734,00	160.983	311.892,00	173.317	298.572,00	151.533	329.976,00
Vietnam	51.739	116.833,00	45.000	104.709,00	48.407	111.303,00	79.788	191.125,00	149.084	319.512,00
Diğer Ülkeler	2.850.146	4.912.262,00	2.810.143	4.978.222,00	3.276.358	5.280.286,00	3.036.071	5.043.200,00	2.660.815	4.808.189,00
TOPLAM	5.496.524	11.561.026,00	5.531.588	11.737.489,00	5.877.665	12.198.517,00	5.820.063	12.407.556,00	5.456.486	12.908.342,00

2.2. Üzümün Bileşimi ve Beslenmedeki Önemi

Üzüm, yaz mevsiminde sıklıkla taze olarak tüketilmesinin yanı sıra kurutulularak ya da çeşitli şekillerde de tüketilebilen değerli bir meyvedir. Taze üzümün 100 gramında yaklaşık 71 kcal enerji, 81,3 gr su, temelde glikoz ve fruktoz olmak üzere 15,6 gr karbonhidrat, 0,7 gr protein, 0,3 gr yağ ve 0,8 gr posa bulunmaktadır. Bunların yanı sıra üzüm iyi bir vitamin, mineral ve antioksidan kaynağıdır. Örneğin; 100 gr taze üzüm, 190 mg potasyum, 18 mg kalsiyum, 0,5 mg demir ve 4 mg C vitamini içermektedir (Özel ve Aydın, 2019).

Üzüm, özellikle fenolik bileşikler açısından zengin bir yapıya sahiptir. Bu bileşikler, antioksidan aktiviteleri ile insan sağlığı üzerinde önemli faydalar sağlamaktadır. Fenolik bileşiklerin, oksidatif stresin önlenmesine yardımcı olarak kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve nörodejeneratif hastalıkların riskini azaltabileceği ifade edilmektedir. Ayrıca üzümdeki flavonoidler ve resveratrol gibi bileşiklerin LDL kolesterol oksidasyonunu engelleyerek arteriyoskleroz riskini azalttığı ve kan basıncı ile glikoz seviyelerini düzenlediği bilimsel olarak ortaya konmuştur (Cosme vd., 2018; da Silva Nogueira vd., 2024).

Fenolik bileşikler, üzüm tanelerinin kabuğunda ve çekirdeğinde etinden daha bol miktarda bulunmaktadır. Üzümdeki polifenollerin ana kaynağı özellikle kabuktur ve konsantrasyonları çeşit, olgunluk, toprak, iklim, coğrafi köken, çevresel koşullar, yetiştirme ve hastalıklara maruz kalmaya bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, işleme koşulları, teknikler, ısıtma işlemleri ve enzim kullanımı gibi faktörler de bu bileşiklerin konsantrasyonunu ve bileşimini etkileyebilmektedir (Güler A., 2023).

Üzüm, yüksek şeker içeriği nedeniyle kalori değeri yüksek bir meyve olup, bu yönüyle enerji sağlayıcı bir besin kaynağı olarak da bilinmektedir. Ayrıca, üzüm, kalsiyum, potasyum, sodyum ve demir gibi mineral maddeler bakımından zengin bir kaynaktır ve A, B₁, B₂, Niasin ve C vitamini gibi bazı önemli vitaminleri de içermektedir. Üzümün bileşimi üzerinde, başta üzüm çeşidi olmak üzere toprak ve iklim koşulları, uygulanan teknik ve kültürel işlemler ile özellikle olgunluk derecesi gibi birçok faktör etkili olmaktadır. Genellikle üzümlerin bileşiminde su, şekerler, organik asitler, fenol bileşikleri, pektik maddeler, aroma maddeleri, azotlu maddeler, enzimler, vitaminler ve mineraller bulunmaktadır (Cabaroğlu ve Yılmaztekin, 2006). Üzümün beslenmedeki rolü tarihsel olarak önemli olup, farklı değerlendirme yöntemleri üzüm ürünlerinin besin

değerlerini çeşitlendirmektedir. Bu nedenle üzüm bileşiminin analizi, sağlık üzerindeki etkilerini ve farklı tüketim biçimlerinin besin değerleri üzerindeki etkilerini anlamaya yardımcı olmaktadır. Kırmızı ve siyah üzümler, antosiyaninler ve resveratrol gibi güçlü antioksidanlar bakımından zenginken, yeşil üzümler ise kateşin açısından daha yoğundur. Üzümün besin öğeleri Çizelge 2.4’de gösterilmiştir (USDA, 2024).

Çizelge 2.4. Üzümün besin öğeleri ve bileşenleri

Besin öğeleri (100 g)	Miktar	Birim
Değerler:		
Su	78,2	g
Enerji	86	kalori
Azot	0,15	g
Protein	0,91	g
Toplam lipid (yağ)	0,16	g
Kül	0,54	g
Karbonhidratlar:		
Karbonhidrat, farka göre	20,2	g
Şekerler, Toplam	17,3	g
Sakaroz	<0,25	g
Glikoz	8,17	g
Fruktoz	9,17	g
Laktoz	<0,25	g
Maltoz	<0,25	g
Galaktoz	<0,1	g
Mineraller:		
Kalsiyum, (Ca)	10	mg
Demir, (Fe)	0,16	mg
Magnezyum, (Mg)	8,6	mg
Fosfor, (P)	25	mg
Potasyum, (K)	229	mg
Sodyum, (Na)	7	mg
Çinko, (Zn)	0,04	mg
Bakır, (Cu)	0,081	mg
Manganez, (Mn)	0,098	mg
Vitaminler ve Diğer Bileşenler:		
C vitamini, toplam askorbik asit	3,3	mg
Biyotin	<3,7	µg

2.3. Hardaliye Üretimi ve Üretiminde Kullanılan Maddeler

Hardaliye, geleneksel üretim yöntemleriyle hazırlanan fermente içecek olup, yüksek antioksidan içeriği ve probiyotik özellikleri sayesinde insan sağlığına olumlu katkıları olduğu bilinmektedir (Arslan, 2018). Hardaliye, hardal tohumu ve vişne yaprağı ilavesiyle üretilen, laktik asit fermantasyonunu başlatan, alkolsüz üzüm bazlı fermente bir içecektir. Üzüm kabuklarında polifenolik bileşiklerin varlığı, antioksidan özelliklerine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Prado vd., 2008).

Hardaliyenin rengi üzümün orijinal rengini yansıtır ve üzüm hardaliyeye karakteristik bir aroma kazandırır (Aydoğdu vd., 2014). Hardaliye üretiminde de ağırlıklı olarak şaraplık üzüm çeşitlerinin kullanımı tercih edilmektedir. Bunlar arasında da Cabernet sauvignon, Merlot ve Syrah gibi çeşitler ön plana çıkmaktadır. Dünyada en çok bilinen şaraplık üzüm çeşitlerinden biri olan Cabernet sauvignon, sıcak iklimde yetişen, koyu yakut kırmızısı renge sahip, Bordoux kökenli bir cinstir (Robinson ve Harding, 2015). Hardaliye üretiminde ön plana çıkan Cabernet sauvignon cinsi üzümün özelliklerini belirlemek üzere çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Trakya Bölgesi'nde organik şaraplık üzüm yetiştiriciliği ile ilgili bir çalışmada Cabernet sauvignon üzüm çeşidinin toplam asit miktarının 10,35 g/L ve suda çözünabilir kuru madde miktarının %21,90 olduğu gözlemlenmiştir (Boz vd., 2005).

Kara vd. (2003), Tekirdağ koşullarında yetiştirilen Cabernet sauvignon ve Merlot üzüm çeşitlerinde çeşitli biyoaktif bileşenlerin değişimini incelemiş ve çeşitlere göre tanen miktarının Cabernet sauvignon üzüm çeşidi için 4.631-5.637 mg/L ve Merlot üzüm çeşidinde ise 4.518-5.428 mg/L olduğunu tespit etmişlerdir. Yine (Orak, 2007) de farklı üzüm çeşitlerinin çeşitli özelliklerini incelediği çalışmasında, en yüksek antosiyanin içeriğinin 990,8 mg/kg ile Cabernet sauvignon cinsi üzümde gözlemlendiğini bildirmiştir.

Hardaliye üretimine hardal tohumu (*Brassica juncea*) eklenmesi sadece içeceğin lezzetini arttırmakla kalmaz, aynı zamanda antimikrobiyal ve antikanser özelliklere sahip biyoaktif bileşikler de ortaya çıkarmaktadır. Bu eşsiz bileşen, hardaliyeyi diğer geleneksel fermente içeceklerden ayırmaktadır (Pehlivanoğlu vd., 2015).

Hardalın koruyucu etkisi uçucu yağlarından ileri gelmektedir. Hardal tohumlarındaki uçucu yağlar, tohum türlerine göre değişiklik göstermektedir. Tohum halindeki hardalda izotiyosiyanatlar bulunmamaktadır. Bu maddeler glukozinolatların enzimatik hidrolizleri

neticesinde öğütme ile açığa çıkmaktadırlar. Uçucu yağların en etkili maddesi allil izotiyosiyanattır. Allil izotiyosiyanattan dolayı siyah hardal uçucu yağları çok güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Coşkun ve Arıcı, 2011).

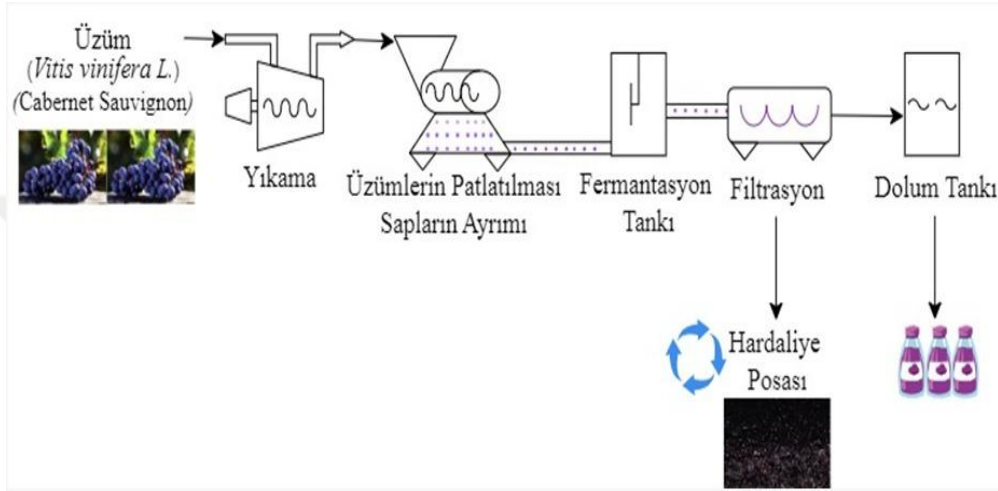
Hardal tohumu, içerdığı glikozitler, sinabin, araşidik asit, ligoserik asit, erusik asit, linamaraz vb. bileşiklerden dolayı eczacılık ve kozmetik endüstrisinde de kullanılmaktadır (Amirnia vd., 2012).

Hardaliye üretim teknolojisinde küçük ölçekli yerel teknolojiler halen etkin bir şekilde kullanıldığından, literatür incelendiğinde geleneksel üretim tekniklerinin yanı sıra mevcut teknolojiyi geliştirmeyi amaçlayan farklı yöntemlerin kullanıldığı da görölmektedir. Bu amaçla farklı üzüm çeşitleri, farklı konsantrasyonlarda hardal tohumu ve kimyasallar kullanılarak, vişne ağacı yaprakları, karanfil ve zencefil gibi çeşitli katkı maddeleri ve starter kültür katkıları ile desteklenmiş çeşitli hardaliye türlerinin üretimi üzerine çalışmalar yürütölmektedir (Aydoğdu vd., 2014).

Geleneksel hardaliye imalatında; meşeden yapılmış fiçılar içerisine, sırası ile yıkanarak sap ve yabancı maddelerinden ayrılıp hafifçe çatlatılmış üzüm taneleri, siyah hardal tohumu ve vişne yaprağı olacak şekilde kat kat döşenmektedir. Yüzeyde küf oluşumunu engellemek için fiçının alt musluğundan alınan şıra, yeniden fiçı üzerine dökölerek içeriğın karışması sağlanmaktadır. Fiçılardaki hardaliye 20-25 °C’de yaklaşık 1 ay boyunca fermentasyona tabi tutulmaktadır. Fermentasyonu tamamlanan hardaliyenin soğuk ortamda depolanması gerekmektedir. Geleneksel olarak üretilen hardaliyenin raf ömrü serin ortamda en fazla 3 ay olmaktadır (Şahin, 2013).

Geleneksel hardaliye üretiminde maya faaliyetini önlemek amacıyla hardal tohumu ilave edilmesine rağmen, fermentasyon sırasında üründe arzu edilmeyen etanol üretimi meydana gelebilmekte ve bu durum mevsim sıcaklıklarının değişimine de bağılı olarak standart kalitede ürün üretiminde temel problem olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle günümüzde geleneksel hardaliye üretiminden farklı olarak, şıradaki maya fermentasyonunu engellemek amacıyla, kimyasal koruyucular da (K-Sorbat ve Na Benzoat) alkolsüz fermente içecekler için yasal olarak izin verilen limitlerde şıraya katılmaktadır. Koruyucu kullanıldığında buzdolabı koşullarında (4 °C) hardaliyenin raf ömrü 4-6 aya kadar çıkabilmektedir (Gürbüz Ö., 2018). Hardaliye, üretiminden sonra 3-4 ay boyunca soğuk ortamda (+4 °C) saklandığında kalitesini iyi düzeyde

koruyabilmektedir. Ancak, düşük sıcaklıkta muhafaza edilse bile bir yılın sonunda bileşenlerinde belirli oranda değişimler gözlenebilmektedir. Yapılan farklı çalışmalarda fermentasyon öncesinde uygulanan pastörizasyon işleminin ve kullanılan starter kültürlerin, geleneksel yöntemle üretilen hardaliyeye kıyasla ürünün özelliklerinde belirgin farklılıklara yol açtığı, özellikle duyu kalite üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bildirilmektedir (Coşkun F. vd., 2012). Günümüzde geleneksel yöntemle üretilen hardaliyeye ilişkin akım şeması Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Genel hatlarıyla hardaliye üretim akış şeması

2.4. Ekmek Üretimi, Önemi ve Una Çeşitli Katkılarla Üretilen Ekmek ve Benzeri Ürünlerin Fonksiyonel Hale Getirilmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Genel bir tanımlama ile ekmek üretimi, buğday unu ve maya kullanılarak fermentasyon yoluyla gerçekleştirilmektedir. Fermantasyon işlemi ekmeğin kabarmasını sağlayarak hacim kazandırmakta ve ekmeğin besin değerini artırmaktadır. Ekmeğin yapısında karbonhidrat, protein, lifler, vitaminler ve mineraller bulunur, nitekim beyaz ekmek üretiminde kepek ve rüşeymin uzaklaştırılması nedeniyle tam buğday ekmeğine göre daha düşük besin değeri içermektedir (Güler ve Aydın, 2015). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ise ekmek, buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürün olarak tanımlanmaktadır (Türk Gıda Kodeksi, 2012).

Ekmek, karbonhidrat, protein, vitamin ve mineral kaynağı olarak dünya genelinde önemli bir gıda maddesidir. Özellikle buğday unundan yapılan ekmek, vitamin B grubu, demir ve magnezyum gibi önemli besin öğelerini içermektedir. Ekmek, geniş kitlelere enerji ve temel besin öğelerini sağlamaktadır. Ancak, rafine buğday ununun fazla tüketilmesi, tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi sağlık sorunlarıyla ilişkilendirilmektedir. Bu nedenle, buğday ekmeğinin besleyici değerini artırmak için gıda endüstrisi yan ürünlerinin eklenmesi önem kazanmaktadır (Zarzycki vd., 2024). Ek olarak, buğday ekmeğinin içerdiği gluten, hamurun elastikiyetini ve stabilitesini sağlayarak tüketici tercihini etkilemektedir (Smith vd., 2024). Bu çerçevede, günümüzde ekmek üretim teknolojileri, besin değerini artırmaya yönelik farklılaştırmalar ve yeni katkı maddeleri kullanılarak geliştirilmektedir (Smith vd., 2018; Demirci ve Karaman, 2020). Bu kapsamda üretim teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, lif ve mineral içeriğini artıran, halk sağlığının iyileştirilmesine katkıda bulunan fonksiyonel nitelikte ekmek türlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır (Smith vd., 2018).

Dünya genelinde sürdürülebilir gıda üretimi ve atık yönetimi, gıda güvenliğini sağlama ve çevresel etkileri azaltma amacıyla giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Gıda üretim süreçlerinde ortaya çıkan atıklar ve yan ürünler, doğru yöntemlerle değerlendirildiğinde gıda zincirine yeniden kazandırılabilir ve bu süreç ekonomik faydalar sağlayabilir. Özellikle meyve ve sebze işleme endüstrilerinde büyük miktarlarda posa ve kabuk gibi yan ürün ve atık ürünler oluşmaktadır. Zarzycki vd. (2024) farklı gıda endüstrisi yan ürünlerinin (örneğin, elma posası, zeytin posası, keten tohumu atığı) ekmek üretiminde kullanılabileceğini bildirmiştir. Bu katkıların, ekmeğin diyet lifi içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırarak daha besleyici ürünler elde edilmesini sağlayabileceği, ancak, kullanılan yan ürünlerin hamurun yapısı ve duysal özellikler üzerindeki etkilerine dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu yan ve/veya atık ürünlerin etkin bir şekilde değerlendirilerek ekmek formülasyonuna eklenmesinin ürün kalitesinin geliştirilmesine yönelik önemli bir potansiyel ihtiva ettiği sonucuna varılmıştır.

Yağlı tohumlar, baklagiller ve bitki özleri de ekmek üretiminde kullanılan diğer önemli fonksiyonel bileşenlerdir. Örneğin, keten tohumu, rezene tohumu ve yeşil kahve çekirdeği gibi tohumlar, ekmeğin fenolik ve flavonoid içeriğini artırmakta ve antioksidan özelliklerini iyileştirmektedir. Gluten içermeyen ekmeklerin besin değerini artırmak amacıyla, keten tohumu unu ve chia tohumu gibi çeşitli fonksiyonel katkıları eklenerek yapılan çalışmalarda, bu katkıların ekmeğin omega-3 yağ asitleri ve diyet lifi içeriğini

artırdığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, duyuşal özelliklerde herhangi bir bozulma olmaksızın, ekmeğın besleyici profilinde kayda değeri bir iyileşme gözlemlenmiştir (Demirkese vd., 2019).

Khan vd. (2015) buğday ununa %1 ile %10 arasında değışen oranlarla ısıpanak tozu ilave ederek chapati (yassı ekmek) üretmişler ve üretilen ekmeklerin çeşitli fiziksel, kimyasal, reolojik, besinsel ve duyuşal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada katılan ısıpanak tozu miktarı arttıkça, ekmeklerde su tutma kapasitesinin ve bozulma viskozitesinin önemli ölçüde azaldığı, stabilitesinin ve dayanıklılığın arttığı gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda buğday ununa %5 oranında ısıpanak tozu ilavesinin chapati üretmek için en uygun oran olduğu tespit edilmiştir.

Sudha vd. (2007) yaptıkları çalışmada ince öğütölmüş elma posasını %5, %10 ve %15 oranlarında buğday ununa ekleyerek elde ettikleri ekmek hamurunun reolojik özelliklerini incelemiştir. İlave edilen elma posası miktarı %0'dan %15'e çıkarıldığında unun su absorpsiyonu %60,1'den %70,6'ya yükselmiş, hamurun stabilitesi ise azalmıştır. Bu sonucun hamurun zayıfladığına işaret ettiği bildirilmiştir. Hamurun uzama direnci değeri lerinin 336 BU seviyesinden 742 BU seviyesine arttığı, uzayabilirlik değeri lerinin ise 127 mm'den 51 mm'ye düştüğü gözlenmiştir.

Miş vd. (2012) keçi boynuzu lifi (%1-%5) ve yulaf kepeğı (%5-%25) ilavesinin, hamurun su absorpsiyonunu neredeyse aynı aralıklarda (%56-%59) artırdığını belirlemişlerdir. Keçi boynuzu lifi ilavesiyle yapılan zenginleştirmenin, yulaf kepekli hamura kıyasla karıştırma sırasında hamuru reolojik olarak daha kararlı hale getirdiğı gözlenmiştir. Wang vd. (2002), keçi boynuzu lifi, inülin ve bezelye lifini %3 oranında buğday ununa kattıkları çalışmalarında, ilgili katkıların unun su absorpsiyonu %53,5'ten %59,9'a kadar yükselttiğini, yumuşama derecesini 90 BU'dan 50 BU'ya kadar düşürdüğünü, uzama direnci değeri lerini ise 110 BU'dan 90 BU'ya düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar ilave edilen liflerin hamurun elastikiyetini düşürdüğünü ve hamura sert bir yapı kazandırdığını ortaya koymuştur.

Ktenioudaki vd (2013) yaptıkları çalışmada, ekmek üretiminde meyve suyu üretiminde yan ürün olarak oluşan elma posasının ve bira fabrikasının kullanılmış tahıllarının, özellikle lif içeriğini artırıp ekmeğın besin profilini geliştirmek için etkili bir şekilde kullanılabileceğini gözlemlemişlerdir. %15 ve 25 oranında kullanılan bu ürünler unun su absorpsiyonunu kontrol örneğine göre %62,3; %35 oranlarında kullanılan ürünler ise

%73,5 düzeyinde arttırmıştır. %35 posa ve tahıl katkısı nişastanın jelleşme oranını baskılayarak nişasta zedelenmesini önemli ölçüde (1289'dan 499'a) azaltmıştır. Bu sonuçlar göre lif ilavesi, nişastanın su bağlama kapasitesini azaltarak hamurun son kıvamını etkilemiştir. Bu durumun özellikle kek ve ekmek yapımında hamurun kıvamının farklılaşmasına neden olabileceği belirtilmiştir.

Siddique vd. (2024), darı unu ilavesinin (%0 ile %50 oranlarında) buğday unu hamurunun reolojik, tekstürel ve su tutma özellikleri ile bu undan yapılan chapati (mayasız pide) kalitesi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, una katılan darı unu miktarının artmasına paralel olarak hamurun yumuşama derecesinin yükseldiği; buna karşın su tutma kapasitesi, stabilite süresi, gelişme süresi, uzamaya karşı direnç, uzayabilirlik ve enerji değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Tekstürel analizlerde, numuneler arasında yapışkanlık, koheziflik ve esneklik açısından anlamlı bir fark bulunmazken ($p < 0.05$), %30 darı unu ilavesinin hamurun sertliğini ve sakızimsılığını artırdığı, bununla birlikte %50 oranında yapılan ilavenin hamurda en düşük çiğnenebilirlik değerine neden olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, %30'a kadar darı unu ilavesiyle üretilen ekmeklerin yüksek skorlar aldığı ve bu miktarların kabul edilebilir kalite sağladığı görülmüştür.

Struck vd. (2018), buğday ununun kurutulmuş siyah frenk üzümü posası ile %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilmesinin, hamurun reolojik özellikleri üzerinde önemli değişiklikler yarattığını belirlemişlerdir. Çalışmada, posanın ilavesiyle hamurun su emiliminin ve gelişim süresinin arttığı, aynı zamanda hamur sertliğinin belirgin şekilde yükseldiği tespit edilmiştir (örneğin, 1 Hz'de G' değeri referans hamur için 8,2 kPa iken, %30 posa içeren hamurda 49,7 kPa olarak ölçülmüştür). Bununla birlikte, siyah frenk üzümü posasının unun gluten yapısının gelişimini engelleyerek hamurun daha zayıf bir gluten ağı oluşturmaya neden olduğu görülmüştür. Bu durum, hamurun yapışkanlığının azalmasına, direncinin düşmesine ve uzayabilirliğinin sınırlandırılmasına yol açarak işleme özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir.

Mironeasa vd. (2019), üzüm kabuğu unu eklenmiş beyaz buğday unu hamurunun reolojik davranışındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada farklı partikül boyutlarında ve oranlarında (%1 ile %9 arasında) üzüm kabuğu unu eklenmiş hamurların viskoelastik özellikleri, veriler ve gözlemler kullanılarak reolojik ölçümlerle değerlendirilmiştir. Sonuçlar, daha küçük partikül boyutuna sahip üzüm kabuğu katkısı ile hazırlanmış

hamurların, katılan üzüm kabuğu unu miktarının artmasıyla daha yüksek viskozite ve elastikiyet gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle %5 oranında üzüm kabuğu unu eklenen hamurlarda daha yüksek elastikiyet ve geri kazanılabilirlik gözlemlenmiş ($p<0.05$), su tutma ve jelleşme kapasitesinin, hamurun reolojik özellikleri üzerinde birbirini destekleyici veya zıt etkiler yarattığı belirlenmiştir. Bu bulgular, üzüm kabuğu ununun partikül boyutunun ve eklenme seviyesinin optimize edilerek daha iyi ekmek formülasyonları geliştirilebileceğini göstermektedir.

Şporin vd. (2017), iki üzüm çeşidi olan Merlot ve Zelen üzümünden elde edilen kurutulmuş ve öğütülmüş üzüm posası unu (%6, %10 ve %15 oranlarında) ile zenginleştirilmiş buğday unu ve ekmeğin özelliklerini incelemişlerdir. Üzüm posası unu, hamurun reolojik, ekmeğin tekstürel, duysal ve antioksidan özelliklerini etkilemiştir. Merlot üzüm posası unu eklendiğinde, hamurun gelişme süresi ve stabilitesi daha uzun olmuştur. Üzüm posası unu eklemesi, ekmeğin hacmini, sertliğini ve renk özelliklerini değiştirmiştir. Ancak, ekmek içi dokusu daha yapışkan ve daha az yaylı hale gelmiş, bazı olumsuz duysal özellikler (tat yoğunluğu ve kum hissi) de görülmüştür. Ekmeklerde antioksidan aktivite ve fenolik içerik, üzüm posası unu ilavesi ile artmıştır. Merlot çeşidi katkılı ekmekler, en yüksek fenolik madde içeriği (5,92 mg GAE/g) ve antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Sonuçlara göre, Zelen çeşidi katkılı ekmekler duysal özellikler açısından daha uygun bulunmuş ve üretimde bu çeşit önerilmiştir.

Meral ve Doğan (2013), üzüm çekirdeği tozu ilavesinin ekmeğin reolojik davranışı, antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada buğday unu, %2,5, %5 ve %7,5 oranlarında üzüm çekirdeği unu ile değiştirilmiştir. Sonuçlara göre, yalnızca %5 seviyesinde üzüm çekirdeği tozu ilavesinin hamurun gelişim süresini uzattığını, diğer seviyelerde herhangi bir değişim yaratmadığını gözlenmiştir. Hamur stabilitesi ise eklenen toz miktarının artmasıyla birlikte belirgin şekilde yükselmiş ve 6,4 dk'dan 12,3 dk'ya çıkmıştır. Bunun yanı sıra, karıştırma tolerans indeksi de düşmüştür. Çekirdek unu içeren hamurlar, kontrol hamurundan daha fazla uzayabilme özelliği göstermiştir. Ekmeğin antioksidan aktivitesi, eklenen çekirdek unu miktarının artışıyla orantılı olarak önemli ölçüde artmış, aynı zamanda galik asit ve kateşin içeriği de yükselmiştir. Çalışmanın sonunda, ekmeğin besin değerini ve fonksiyonel özelliklerini artırmak amacıyla üzüm çekirdeği ununun formüllere dahil edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Taglieri vd. (2021) çalışmalarında, ekmek formülasyonunda mor patates tozu (%15) ve narenciye kabuğunun altında kalan beyaz (*Citrus albedo*) kısmın (%1) ilavesiyle endüstriyel ve ekşi maya kullanarak ekmek üretmişler ve üretilen ürünler arasındaki farkları karşılaştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre zenginleştirilmiş ekmeklerde fenolik bileşiklerin, antioksidan kapasitenin ve raf ömrünün arttığı; ekşi mayalı ekmeklerde ise ekmeğin asitliği ve antimikrobiyal etkisinden dolayı bu özelliklerin daha da geliştiği gözlenmiştir. Ancak *Citrus albedo* ilavesi, ekmeklerde fenolik içeriği artırmasına rağmen tat ve acılık algısını yükseltmiştir. Sonuç olarak, mor patates ve *Citrus albedo*'nun uygun formülasyonlarla kullanımının, sağlık açısından daha değerli ve raf ömrü uzun ekmekler üretmek için etkili bir yöntem olabileceği tespit edilmiştir.

Stanciu vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada; deniz iğdesi posası (*Hippophae rhamnoides L.*) kurutulup toz haline getirilerek %6, %8 ve %10 oranlarında buğday ununa eklenmiş ve bu undan üretilen ekmekler çeşitli özellikleri açısından incelenmiştir. İğde posasının, yüksek lif ve antioksidan içeriğiyle besin değerini arttırdığı belirlenirken, ekmeğin hacim ve doku özelliklerinde bir miktar azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. İğde posasının %8 oranında ilavesi, hem besleyici değer hem de tüketici beğenisi açısından en uygun miktar olarak belirlenmiştir. Çalışma, deniz iğdesi posasının sürdürülebilir ve işlevsel bir gıda bileşeni olarak ekmek üretiminde başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Kohajdová vd. (2011) buğday unundan azaltma yapmak suretiyle %0, %5, %10 ve %15 oranlarında elma lifi tozu ilave ederek üretilen kurabiyelerin fiziksel ve duysal özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen verilere göre elma lifi ilavesi, kurabiyelerin hacmini ve boyutlarını azaltmış, hafifliğini düşürmüş ve rengini koyulaştırmıştır. Duyusal açıdan ise ürünlerde meyvemsi tat ve koku artarken, yapı daha sıkı hale gelmiştir. %10'a kadar elma lifi eklenmesiyle besin değeri artmış ve duysal açıdan kabul edilebilir kurabiyeler üretilmiştir. Sonuç olarak elma lifi tozunun, kurabiyelerin lif içeriğini artırmak için uygun bir katkı maddesi olduğu tespit edilmiştir.

Bandyopadhyay vd. (2014); kurabiye formülasyonlarında farklı oranlarda (%20, %30 ve %50) mango kabuğu ve çekirdeği tozlarının kullanımı değerlendirmişlerdir. Kabuk tozunun, çekirdek tozuna göre ürünlerin daha yüksek kül ile lif miktarına ve ayrıca daha yüksek su ve yağ tutma kapasitesine sahip olmalarına neden olduğu belirlenmiştir. %30 oranında kabuk tozu ve çekirdek tozu ilavesinin kurabiyelerin fenolik madde içeriğini

önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenmiştir. Araştırma, mango işleme atıklarının unlu mamullerin besin değerini artırdığını, tekstür ve duyu kaliteyi bozmadan %30'a kadar un yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Ajila vd. (2008) mango kabuğu tozunu farklı oranlarda (%5, %7,5, %10, %15 ve %20) ekleyerek bisküvi üretmişler ve böylece üretilen ürünlerin tedavi edici özelliklerinin iyileştirilmesini amaçlayarak sağlık üzerine etkilerini incelemişlerdir. Mango kabuğunun yüksek miktarda diyet lifi, polifenol ve karotenoid içermesi nedeniyle, toz ilavesiyle yapılan bisküvilerde de, toplam diyet lifi içeriğinin %6,5'ten %20,7'ye, polifenol içeriğinin 0,54 mg/g'dan 4,50 mg/g'a, karotenoid içeriğinin ise 17 µg/g'dan 247 µg/g'a yükseldiği anlaşılmıştır. Bisküviler gelişmiş antioksidan özellikler sergilemiş ve %10 kabuk tozu ilavesiyle mango aromalı kabul edilebilir ürünler elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, mango kabuğunun bisküvilerin besin değerini arttırdığı ve ürünlere önemli düzeyde antioksidan özellik kazandırdığı anlaşılmıştır.

Muñoz-Bernal vd. (2024) yaptıkları çalışmada, üzüm posası ununu, buğday ununu %8-%25 arasında değişen oranlarda ikame edecek şekilde ekmek formülasyonlarında kullanmışlardır. Elde edilen veriler, %8 üzüm posası unu ilavesiyle üretilen ekmeğin en iyi sonuçları verdiği; posa ilavesi ununun ekmeklerin protein, toplam diyet lifi ve fenolik içeriğinde artış sağladığını ortaya koymuştur. Posa unu ilavesi ekmeklerin rengini koyulaştırmış, ancak kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında ekmeklerin tekstür ve duyu kalitesinde anlamlı fark oluşturmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, ekmeklerde fenolik bileşiklerin in vitro biyoerişilebilirliği açısından da fark gözlenmemiştir. Sonuç olarak, %8 oranında posa unu kullanımının, ekmeklerin duyu özellikleri bozmadan besin değerini artırmak için uygun bir yöntem olduğu ifade edilmiştir.

Mildner-Szkudlarz vd. (2011) çalışmalarında, üzüm posası ununun %4–%10 oranlarında eklenmesinin ekşi mayalı çavdar ekmeğinde besin içeriği, diyet lifi, fenolik bileşikler, antioksidan kapasite ve duyu özellikler üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. %10 posa ilavesiyle ekmeklerde çözünür ve çözünmez lif miktarlarında önemli artış gözlemlenmiştir. Ürünlerde antioksidan aktivite önemli düzeyde yükselmiş, fenolik bileşenler açısından ise prosiyanidin B1-B2, kateşin, epikateşin gibi bileşiklerde belirgin yükselmeler gözlenmiştir. Posa unu oranı arttıkça ekmek sertliği ve sakızimsılığı da artmıştır. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, tüketici açısından en uygun posa unu oranının %6 olduğu belirlenmiştir.

Hayta vd. (2014) %2, %5 ve %10 oranlarında üzüm posası tozu ekleyerek ürettikleri ekmeklerin fenolik içeriklerini, antioksidan aktivitelerini, fiziksel, tekstürel ve duyusal özelliklerini incelemişlerdir. Ekmeklerde üzüm posası miktarı arttıkça anti-radikal aktivite ve toplam fenolik içerik anlamlı şekilde yükselmiştir. Renk değerlerinde de belirgin değişiklikler gözlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre %2 ve %5 posa içeren ekmekler tüketiciler tarafından kabul edilebilir bulunmuş; %10 düzeyinde posa içeren ürünlerde ise bazı özelliklerde olumsuz etkiler gözlemlenmiştir. Çalışmada genel olarak üzüm posası ilavesinin ekmeğin fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde geliştirdiği bildirilmiştir.

Walker vd. (2014) çalışmalarında şaraplık üzüm posasını antioksidan ve diyet lifi kaynağı olarak ekmek, kek ve muffin gibi unlu mamullerde kullanmışlardır. Formülasyonlarda buğday ununun yerine olacak şekilde ekmek için %5, %10 ve %15; kek için %10, %15, %20 ve %25 ve muffin için %5, %10, %15 ve %20 posa unu kullanılmıştır. Posa ilavesiyle hazırlanan ürünlerin fenolik içerik (TPC), antioksidan aktivite (RSA) ve diyet lifi (DF) değerlerinin kontrol grubuna oranla önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir. Özellikle %15 posa içeren ürünlerde en yüksek TPC, RSA ve DF değerleri elde edilmiştir. Duyusal değerlendirmelerde ise %5–%10 posalı ekmek ve kekler ile %15–%20 posalı muffinlerin kontrol ürünleriyle benzer beğeniye sahip oldukları tespit edilmiştir. Sonuç olarak, üzüm posasının unlu mamullerde besin değerini artıran ve duyusal kaliteyi koruyan fonksiyonel bir bileşen olarak öne çıkabileceği anlaşılmıştır.



3. MATERYAL VE DENEYSEL YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmamızda, Kırklareli merkeze bağlı Ahmetçe Köyü'nden (41.791199 enlem, 27.237581 boylam) temin edilen Cabernet Sauvignon cinsi üzüm (*Vitis vinifera* L.) kullanılarak, Kırklareli Üniversitesi Gıda Ar-Ge İnovasyon ve Girişimcilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı pilot tesis bünyesinde üretilen hardaliyenin üretim sonrası oluşan atık niteliğindeki posası kullanılmıştır. Ekmek üretiminde kullanılan un Trakya Bölgesi'nde yetiştirilen ekmeklik buğdaylardan üretilmiş ve Kırklareli/Lüleburgaz'da faaliyet gösteren bir un fabrikasından temin edilmiştir. Ekmek üretiminde aktif kuru maya (Pakmaya, Türkiye) kullanılmıştır. Kimyasal analizlerde kullanılan metanol, Folin Ciocalteu reaktifi, sodyum karbonat (Na_2CO_3), asetik asit (glacial), Laktik asit, Borik asit, Potasyum klorür, Sodyum asetat, Potasyum persülfat, hidroklorik asit (HCl), sodyum nitrit, alüminyum klorür, sodyum hidroksit, sodyum asetat trihidrat, etil alkol, fenolftalein çözeltisi, bromfenol mavisi, potasyum hidroksit, potasyum iodyür, sodyum tiyosülfat, gallik asit standardı, kateşin standardı ve troloks standardı Merck'ten (Almanya); ABTS ((2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))) radikali Sigma'dan (Almanya) ve Iron (III) chloride reaktifi ile 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) reaktifi AFG'den (ABD) temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Hardaliye üretimi ve hardaliye posasının eldesi

Hardaliye, geleneksel olarak Trakya bölgesinde yapılan, fermente bir üzüm içeceğidir. Fermantasyon süresi boyunca kullanılan hardal tohumu ve aroma katması için kullanılan vişne yaprağı ile ürünün alkolsüz kalması sağlanarak, probiyotik özellikler kazandırılmaktadır (Gültaş, 2017). Ekmek üretiminde hardaliye üretim proses sonrasında atık ürün olarak açığa çıkan posa eldesi için Kırklareli Üniversitesi Gıda Ar-Ge İnovasyon ve Girişimcilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne bağlı pilot tesis bünyesinde hardaliye üretimi gerçekleştirilmiştir. Buna yönelik olarak üretim prosesinde gerçekleştirilen tüm aşamaların yer aldığı kareler Resim 3.1'de bir bütün olarak verilmiştir. Üretimde önce yıkama teknelerine alınan üzümler, birkaç kez sudan geçirilerek temizlenmiş ve sonra

bekletme teknesine alınarak suyunun süzülmesi için bekletilmiştir. Süzülen üzümler patlatma makinesine alınarak patlatılmış ve sapları ayrılmıştır. Patlatılmış üzümler makinenin alt kısmından alınarak tartıldıktan sonra fermentasyon tanklarına aktarılmıştır. Patlatılmış üzümlerin üzerine %1 oranında öğütülmüş hardal tohumu (*Brassica nigra*), %0,1 oranında koruyucu (sodyum benzoat) ve %0,02 oranında da yıkanıp temizlenmiş vişne yaprağı konularak kazanın üzerinde yer alan karıştırma mekanizması yardımıyla karıştırılmıştır. Kapakları kapatılan kazanlar $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 30 gün süreyle fermentasyona bırakılmıştır. Fermentasyon aşaması tamamlanan ürünler filtre edilerek şişelenmiş ve üretim sonrası fermentasyon tankının alt kısmında kalarak açığa çıkan ve değerli biyoaktif bileşenler açısından zengin bir atık ürün olan hardaliye posası tanklardan alınarak etüvde (Nüve, FN 055/120, Türkiye) 60°C 'de 50 dakika kurutulmuş ve öğütülerek (Beko, BKK, 2104, Türkiye) 0,5 mm elekten geçirilmiştir. Son olarak elde edilen hardaliye posası ekmek üretiminde kullanılıncaya kadar vakum altında paketlenerek soğuk hava deposunda -18°C 'de muhafaza altına alınmıştır. Bu aşamadan sonra çalışma kapsamında yapılan tüm analizler Ek 1'de tablo halinde özetlenmiş ve aşağıdaki alt başlıklarda açıklanmıştır.



Resim 3.1 Hardaliye tozu üretim akış şeması

a: Üzümlerin yıkanması, b: Üzümlerin patlatılması, c: Hardal tohumu eklenmesi, d: Vişne yaprağı ilavesi, e: Hardaliye üretiminde kullanılan paslanmaz çelik tankların görüntüsü, f: Fermentasyon sonrası şişelemede kullanılan filtre, g: Şişeleme sonrasında tank dibinde kalan posa, h: Posanın kurutuculara alınması ve kurutma işlemi, i: Kurutma işlemi sonrası öğütme, j: Öğütme işlemi sonrası eleme, k: Vakum paketlenmiş hardaliye posası örneği.

3.2.2. Hardaliye posasının una katılması, hamur ve unda yapılan analizler

Çalışma kapsamında elde edilen toz formdaki hardaliye posası ekmeklik una 3 farklı oranda (%2,5, %5 ve %7,5) katılarak toplamda 100'er g posa ilaveli örnek grubu hazırlanmıştır. Resim 3.2'de hazırlanan karışımların yüzeysel görselleri verilmiştir. Ekmek üretmek üzere hazırlanan un ve hamur örneklerinde yapılan analizler aşağıdaki başlıklarda detaylı olarak açıklanmıştır.



Resim 3.2 Hardaliye posası ile zenginleştirilen un örnekleri

3.2.2.1. Un örneklerinde nem, protein ve kül analizi

Un örneklerinde nem, protein ve kül analizlerinin ölçümü Perten marka 9520 model cihaz ile yapılmıştır. Sonuçlar % olarak verilmiştir. Tüm analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.2.2. Un örneklerinde farinograf analizi

Un örneklerinde farinograf özellikleri AACC Metot No: 54-21 (AACC, 2000) kullanılmıştır. Bu yöntemde rutubet miktarına göre (ör: %14 rutubet için 100 gr) tartımı yapılan numuneler Egger marka A-8812 St. Blasen 23 model farinograf cihazın paletli karıştırma haznesine 2 g tuz ilave edilerek aktarılmıştır. Ardından, 30°C'ye gelen una, cihazın konsistens çizgisinde bulunan ibre 500'e gelinceye kadar aynı sıcaklıkta su 2 dakika içerisinde ilave edilmiş ve 5 dakika sonrasında işlemin sonlandırılmıştır. Daha sonra numune karıştırıcıdan alınmış ve % kaç gr su ilavesi yapıldığına bakılarak 2 g tuz

ilave edildikten sonra % olarak su kaldırma değeri belirlenmiştir. Resim 3.3'te farinograf ölçümü yapılan cihazın görüntüsüne ve analiz yapılan örneklerle yer verilmiştir. Ölçümler 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.3 Farinograf ölçümü yapılan cihaz ve farinograf ölçümü yapılan örnekler

3.2.2.3. Un örneklerinde ekstensograf analizi

Un örneklerinde ekstensograf özellikleri için AACC Metot (AACC, 2000) kullanılmıştır. Farinografıta su kaldırma değeri belirlenen hamurdan 150 gr tartımı yapılmış ve Resim 3.4'te görseli verilen Egger marka A-8812 St. Blasen 23 model cihazın yuvarlaklaştırma haznesine konularak 20 d/d'da şekil verilip, ardından silindir şekli veren haznesine yerleştirilmiştir. Resim 3.4'te görüldüğü gibi şekil alan hamur özel kaplara alınarak her 45 dakikada bir çizim yaptırılacak şekilde 3 defa işlem görmüştür. Analizin sonucunda; hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç, uzama kabiliyeti ve enerji değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.4 Ekstensograf ölçümü yapılan cihaz, ekstensograf için yuvarlama yapılan örnekler ve ekstensograf için silindir yapılan örnekler

3.2.2.4. Un örneklerinde gluten indeks analizi

Un örneklerinde gluten indeks analizi AACC Metot No:38-12 (AACC, 2000) göre yapılmıştır. Gluten analizi Bastak marka 6000-R1 model cihazla (Resim 3.5), indeks ise Perten marka 993114 model cihaz ile yapılmıştır. Analizde 10 gr numune hazırlanarak cihazın ipek elekli aparatlarına aktarılmıştır. Ardından, %2'lik tuz çözeltisinden 5 ml alınarak undan nişasta ayrımı yapılmış ve geriye kalan numune indeks cihazına verilmiştir. Daha sonra 3000 d/d' da santrifüj edilerek su uzaklaştırılmıştır. İşlem sonrası eleği geçen gluten elekten sıyrılıp tartılmıştır. Toplam gramaj % gluten değerini vermekte olup elde edilen sonucun toplam gramaja bölümü ise % indeks değerini vermektedir. Ölçümler 3 tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

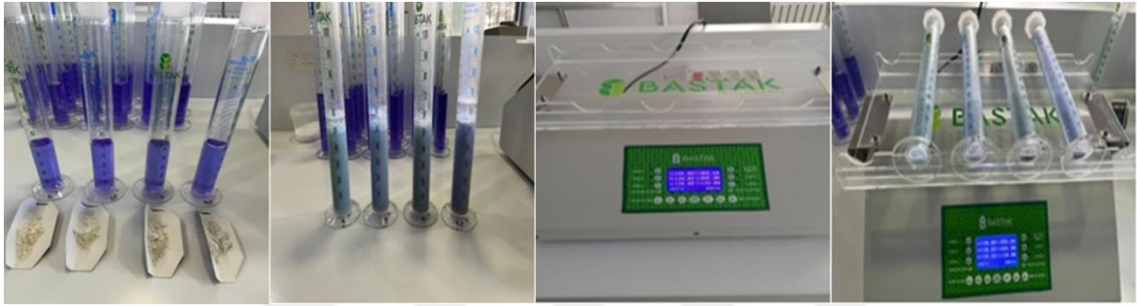


Resim 3.5 Glutomatik sistem cihazı ile indeks cihazının görüntüsü ve test edilen analiz örnekleri

3.2.2.5. Un örneklerinde sedimentasyon analizi

Un örneklerinde sedimentasyon analizi AACC metot No:56-60A' ya (AACC, 2000) uygun olarak gerçekleştirilen analizlerle yapılmıştır. Öncelikle 3,2 g olacak şekilde hazırlanan örnekler daha önceden içerisinde 50 ml brom fenol çözeltisi olan sedimentasyon tüplerine ilave edilmiştir (Resim 3.6). Sedimentasyon tüplerinin ağızları kapatılarak elle çalkalanıp Bastak marka 3100 model cihazın tablasına yerleştirilmiş ve 40 dakika işleme tabi tutulmuştur. 5 dakika süreyle çalkalanan tüplerden ilki tabladan

alınarak gecikmeli sedimantasyon analizine tabi tutulmak üzere 2 saat kenarda bekletilmiştir. Diğer tüpün içerisine 25 ml laktik asit çözeltisi ilave edilerek tekrar 5 dakika daha çalkalanmak üzere cihazın tablasına yerleştirilmiştir. İkinci 5 dakikanın tamamlanmasından sonra tüpler aletten alınıp düz bir zeminde 5 dakika bekletildikten sonra oluşan tortu seviyeleri okunmuştur. Bu sonuç ilk sedimantasyon sonucunu vermektedir. Gecikmeli sedimantasyon için kenarda bekletilen diğer tüpün içerisine saat sonra 25 ml laktik asit ilavesi yapılmış ve ilk analiz gibi 5 dakika olacak şekilde cihazın tablasında çalkalanıp 5 dakika daha bekletilerek oluşan tortu miktarı okunmuştur. Çıkan sonuç gecikmeli sedimantasyon sonucunu vermektedir.



Resim 3.6 Sedimantasyon analiz örnekleri ve sedimantasyon analiz cihazı

3.2.2.6. Un örneklerinde nişasta zedelenmesi analizi

Un örneklerinde nişasta zedelenmesi analizi AACC 76-30A yöntemi (AACC, 2000) kullanılarak hesaplanmıştır. Öncelikle 3 g borik asit ve 3 g potasyum iyodür karışımı bulunan şişenin içerisine 120 ml saf su ilave edilip çalkalanmıştır. Hazırlanan numunenin üzerine 1 damla sodyum tiyasülfat eklenerek Resim 3.7'de görseli verilen Chopin marka 18105 model cihazın numune haznesinde bulunan rutubet ve protein değeri bilinen 1 gr un numunesinin üzerine dökülmüştür. Cihaz 7-8 dakika çalıştırıldıktan sonra ekranda yazan UCDC değeri nişasta zedelenmesi olarak tespit edilmiştir.

3.2.2.7. Un örneklerinde enzim aktivitesi (düşme sayısı, falling number) analizi

Düşme sayısını (Falling Number (FN)) belirlemek amacıyla yapılan analizler AACC (2000) Metot No:56-81B' ye göre gerçekleştirilmiştir. Viskozimetre tüplerine (%14 rutubetli olan undan) 7 g numune ve 25 ml saf su konduktan sonra ağızları kauçuk tapanlarla kapatılarak 7-8 saniye kuvvetlice çalkalanmıştır. Daha sonra tıplar çıkarılarak tüplerin ağız kısmında kalan un zerrecikleri karıştırma çubuğunun yuvarlak kısmıyla tüpün içerisine doğru verilmiştir.



Resim 3.7 Nişasta zedelenmesi analiz cihazı

Tüpler, Resim 3.8.'de görseli verilen Bastak marka 5000 model cihaza yerleştirilmiş ve analiz sonucunda ekranda görünen değer FN değeri olarak kaydedilmiştir.



Resim 3.8 Enzim aktivitesi için hazırlanan analiz örnekleri ve enzim aktivitesi cihazı

3.2.2.8. Reolojik analizler

Ekmek hamurunun dinamik reolojik özellikleri, Upadhyay vd. (2012) tarafından bildirilen yöntem modifiye edilerek belirlenmiştir. Bu amaçla, küçük genlikli salınımlı kayma ölçümleri, kayma/gerinim kontrollü bir reometre (Anton Paar MCR 102e, GmbH, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Resim 3.9). Bir Peltier sistem kullanılarak ölçüm sıcaklığı 25°C'de tutulmuştur. Cihaz 25 mm çapa sahip bir paralel plaka ile donatılmış ve ölçüm boşluğu 1 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçüm için ekmek hamurunun merkezinden bir numune alınmış ve plakaya konulduktan sonra numune yükleme sırasında meydana gelecek herhangi bir normal stresi engellemek amacıyla 600 saniye

bekletilmiştir. İlk olarak, 10 rad/s frekans sabit tutularak bir genlik tarama testi (%0,01-100) gerçekleştirilmiş ve gerinim %0,05 olarak belirlenmiştir. Ardından, gerinim hızı %0,05'te sabit tutularak 0,1 ile 100 rad/s aralığında salınım frekansının bir fonksiyonu olarak elastik (depo, (G')) ve viskoz (kayıp, (G'')) modülleri tespit edilmiştir.



Resim 3.9 Reometre cihazı

3.2.3. Hardaliye posası katkılı (HPK) ekmek üretimi

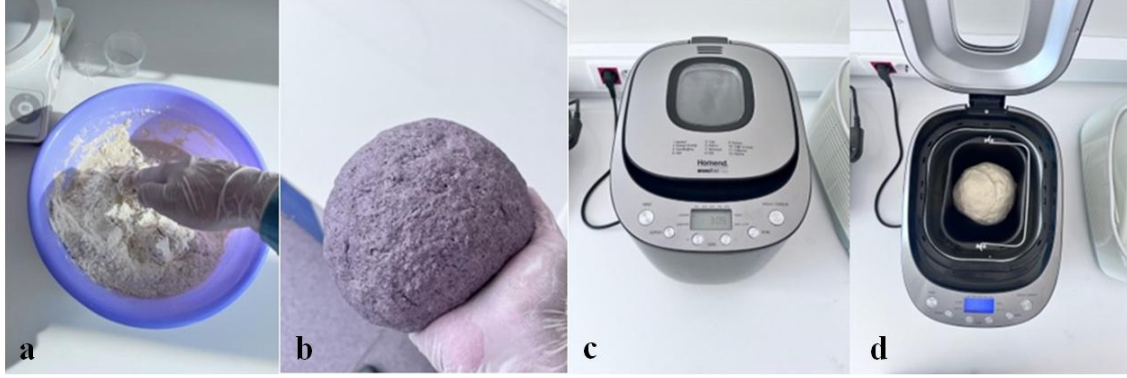
Kurutularak su içeriğinin uzaklaştırılmasıyla elde edilen hardaliye posası katkılı (HPK) ekmek üretiminde %2,5, %5 ve %7,5 (w/w) olacak şekilde kullanılmıştır. Üretimde yer alan ekmeklerin formülasyon oranları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Üretimde kullanılan hardaliye posasının miktarı, yapılan ön denemeler neticesinde elde edilen ekmeklerin tekstür ve lezzetine göre belirlenmiştir. Posa miktarı değiştikçe su tutma kapasitesi değişebileceği için bu aşamada su miktarı dikkatli bir şekilde hesaplanarak ayarlanmıştır.

Çizelge 3.5. Çalışma kapsamında üretilen ekmek formülasyonları (100 g için)

Bileşen (%)	Ekmek Örnekleri			
	Kontrol	%2,5 HPK	%5 HPK	%7,5 HPK
Buğday unu	100 g	97,5 g	95 g	92,5 g
HPK	-	2,5 g	5 g	7,5 g
Su	60 ml (% 60)	60 ml	60 ml	60 ml
Maya	2,5 g (% 2,5)	2,5 g	2,5 g	2,5 g
Tuz	2 g (% 2)	2 g	2 g	2 g

HPK: Hardaliye posası katkılı

Çizelge 3.1'de görüldüğü üzere geleneksel ekmek üretimine bağlı kalarak kuru ağırlığa göre, buğday unu %100 (a/a) olacak şekilde belirlenmiş ve buna karşılık gelen su (a/a %60), tuz (a/a %2) ve maya (a/a %2,5) gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra ilave edilip ekmek üretimi yapılmıştır (Wang vd., 2024). Buğday unundan eksiltmek suretiyle ilave edilen posalar için de toplamda 100 gram ürün baz alınmış ve undan eksiltilecek miktar kadar posa ilave edilerek 100 grama tamamlanmıştır. Üretimde ön yoğurma işlemi öncesi ilave edilecek su miktarının içine eklenecek olan posa karıştırılarak bir ön homojenizasyon sağlanmıştır. Ardından ekmek hamurları Resim 3.10'da görülen Homend Breadfast 1503h model (Türkiye) ekmek pişirme makinesi kullanılarak üretilmiştir. Cihaza ait ekmek üretimi aşamaları sırasıyla; 10 dk ilk karıştırma, 20 dk ilk mayalama, 15 dk ikinci karıştırma, 25 dk ikinci mayalama, 40 dk üçüncü mayalama, 80 dk pişirme ve pişirme sonrası 60 dk sıcak olarak tutmaktadır.



Resim 3.10 Ekmek üretimine ait akış şeması

a: Bileşenlerin karıştırılması ve yoğrulması, b: Yoğurma işlemi sonrası ekmek hamurunun görüntüsü, c: Ekmek pişirme makinesi, d: Ekmek pişirme makinesinin haznesine ekmek hamurunun yerleştirilmesi ve pişirme işlemi.

3.2.4. Hardaliye posası katkılı (HPK) ekmekte yapılan analizler

3.2.4.1. Nem tayini

Hardaliye posasının ve çalışma kapsamında üretilen tüm ekmek örneklerinin nem içeriği, (AOAC 930.15) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, öncesinde darası alınmış kurutma kaplarına posadan ve ekmek örneklerinin için kısmından ayrı olacak şekilde 3'er g alınmış ve bir etüv (FN 055/120, NÜVE, Ankara, Türkiye) yardımıyla $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur.

3.2.4.2. Su aktivitesi analizi

Hardaliye posasının ve çalışma kapsamında üretilen tüm ekmek örneklerinin su aktivitesi değerleri, bir su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina LabSwift, Switzerland) kullanılarak 25 °C’de tespit edilmiştir.

3.2.4.3. pH ve ham kül miktarı analizleri

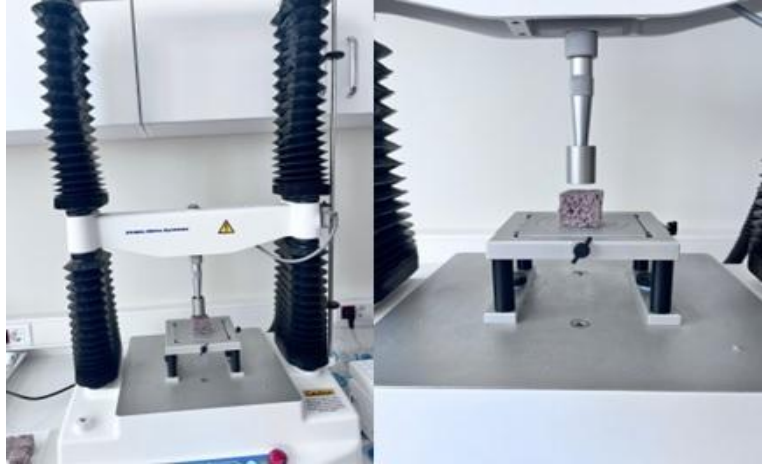
Hardaliye posasının pH değeri damıtılmış sudaki %25’lik (w/v) süspansiyonun filtre edilmesiyle elde edilen filtrattan tespit edilmiştir (Petkovic vd., 2019). Bu aşamada, pH metre (Hanna, HI-2211, Romanya) öncelikle pH 4 ve pH 7 tampon çözeltileri ile kalibre edilmiş ardından oda sıcaklığında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Toplam kül içeriği ise, toz posa örneğinden gri-beyaz kül elde edilene kadar numunenin 550°C’de kül fırınında yakılmasıyla ölçülmüş, sonuçlar g/100 g posa olarak ifade edilmiştir (AOAC, 2010). Tüm analizler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.4.4. Renk analizi

Hardaliye posasının ve çalışma kapsamında üretilen tüm ekmek örneklerinin renk parametreleri Konica Minolta marka, CR-400 model renk cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Ekmeklerin iç kısmından 3 cm³ olacak şekilde hazırlanan numunelerde analiz ölçümü yapılmıştır. Analiz sonucunda örnekler için L* (100: beyaz, 0: siyah), a* (+: kırmızı, -: yeşil) ve b* (+: sarı, -: mavi) değerleri belirlenmiştir. Analiz her örnek için 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır.

3.2.4.5. Tekstür analizi

Çalışma kapsamında üretilen tüm ekmek örneklerinin tekstür profil analizi, Resim 3.11’de görseli verilen tekstür profil cihazı (Model TA.HDplusC, Stable Microsystems Ltd, Surrey, UK) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Analizde ekmek numuneleri (yaklaşık 30 mm çap ve 30 mm yükseklik) bir silindirik prob (P/25, paslanmaz çelik, Stable Microsystem Ltd, Surrey, UK) kullanılarak; ilk algılama kuvveti (trigger force) 5 g, 1 mm/s ön test ve test hızı ve 2 mm/s post test hızı koşulları altında iki kez orijinal yüksekliğinin %50’sine kadar sıkıştırılmıştır. İki sıkıştırma arası süre 5 saniye olarak ayarlanmıştır. Tekstürel ölçümler 25°C’de gerçekleştirilmiştir. Analizde ekmek örneklerine ait sertlik (g), elastikiyet (mm), koheziflik (birimsiz), sakızımsılık (g), çiğnenebilirlik (g.mm) ve esneklik (birimsiz) parametreleri belirlenmiştir (Ertaş ve Doğruer, 2010).



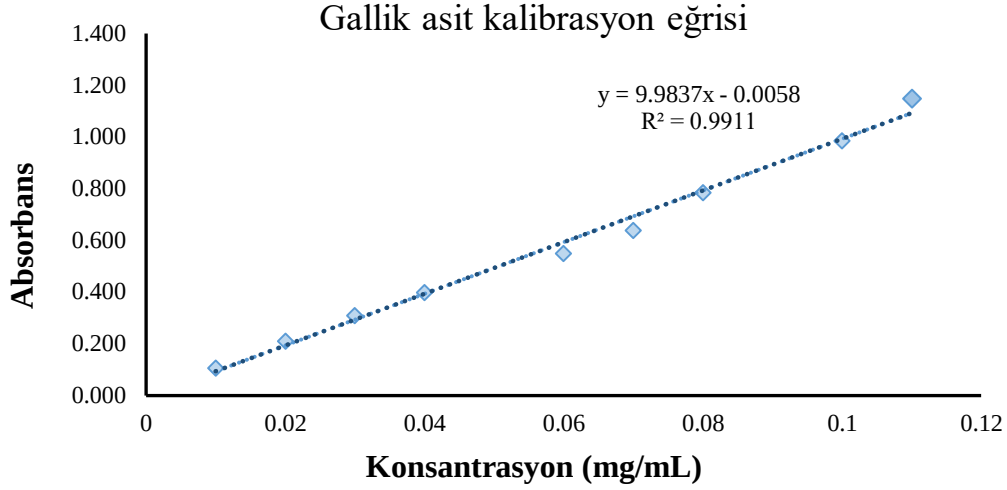
Resim 3.11 Tekstür cihazı

3.2.4.6. Hardaliye posasında ve ekmek örneklerinde ekstraksiyon işlemi

Hardaliye posasında ve HPK ekmeklerde çeşitli biyoaktif bileşen analizleri için öncelikle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Özcan vd. (2023) tarafından kullanılan metottan yararlanılmıştır. Öncelikle 1 g örneğe, asetik asitle asitlendirilmiş 4 mL ekstraksiyon çözgeni (80:20, metanol:su, h:h, pH 3) eklenmiş ve karışım 45 °C’de 45 dk ultrases destekli ekstraksiyona (ultrasonik banyo-180 W, 40 kHz) maruz bırakılmıştır. Süre sonunda tüm örnekler filtre kâğıdı yardımıyla süzölmüştür. Filtrat 2576×g’de 4 °C’de 10 dk santrifüj edildikten sonra üst faz (ekstrakt) ayrılmıştır. Üst faz, analizler gerçekleştirilene kadar -18 °C’de amber renkli cam şişelerde depolanmıştır.

3.2.4.7. Toplam fenolik madde miktarı

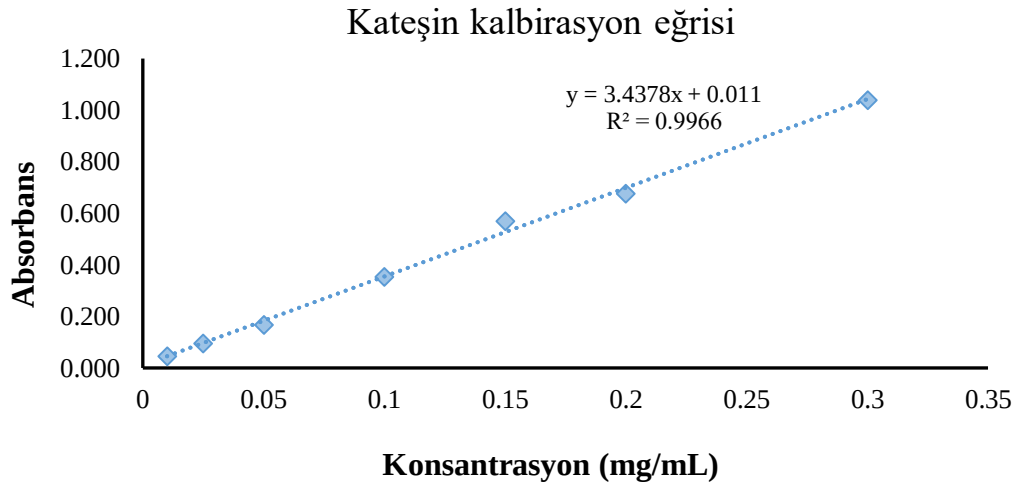
Ekstraktların toplam fenolik madde (TFM) miktarı Singleton ve Rossi tarafından geliştirilen metot ile hesaplanmıştır (Singleton vd., 1999). İstenilen oranda seyreltilmiş ekstraktan 0,5 mL alınmış ve üzerine 2,5 mL 0,2 N Folin- Ciocelteau fenol çözeltisi ilave edilmiştir. %7,5 oranına denk gelen 2 mL Na₂CO₃ çözeltisi 3 dakika sonra ilave edilmiştir. Deney tüpleri 25 °C’ olan oda sıcaklığında, 30 dk süresince karanlıkta bekletildikten sonra örneklerin absorbanları Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre cihazı ile 760 nm’de UV/VIS ölçölmüştür. TFM Şekil 3.1’de verilen gallik asit standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru posa ve mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g ekmek olarak verilmiştir.



Şekil 3.1 Gallik asit standardına ait kalibrasyon eğrisi

3.2.4.8. Toplam flavonoid madde miktarı

Ekstraktların toplam flavonoid madde miktarı (TFVM) Zhishen vd. (1999) tarafından önerilen metot kullanılarak hesaplanmıştır. Analizde, belirli oranda seyreltilmiş ekstraktlardan 1 mL alınmış, üzerine 4 mL saf su ve 0,3 mL %5'lik NaNO_2 çözeltisi ilave edilerek 5 dk bekletilmiş, süre sonunda 0,3 mL %10'luk AlCl_3 çözeltisi daha ilave edilerek karıştırılıp hazır hale getirilmiştir. Ardından 6 dk sonra ise 2 mL 1M NaOH çözeltisi eklenip 10 mL olacak şekilde saf su ilavesi yapılmıştır. Örneğin absorbans değeri Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre ile 510 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Standardına ait kalibrasyon eğrisi Şekil 3.2'de verilmiş olup sonuçlar mg kateşin eşdeğeri/g kuru posa ve mg kateşin eşdeğeri/100 g ekmek olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.2 Kateşin standardına ait kalibrasyon eğrisi

3.2.4.9. Toplam monomerik antosiyanin miktarı

Ekstraktların toplam monomerik antosiyanin miktarı (TMA) pH diferansiyel metoduna göre tespit edilmiştir (Giusti ve Wrolstad, 2001). Yöntem olarak monomerik antosiyaninlerin pH 1’de ve pH 4,5’ de sırasıyla renkli oksonyum formu ile renksiz hemiketal formundan daha baskın gelmesiyle ifade edilmektedir. Saf su ile 0,025 M potasyum klorür çözeltisi (KCl) (pH 1) ve 0,4 M sodyum asetat ($\text{CH}_3\text{COONa}_3\text{H}_2\text{O}$) çözeltisi (pH 4,5) hazırlanmıştır. Çözeltilerin pH’ının istenilen değer olan 1 ve 4,5’a göre ayarlanması için %37’lik HCl çözeltisi kullanılmıştır. Deney tüpleri 25 °C’ olan oda sıcaklığında, 30 dk süresince karanlıkta bekletildikten sonra absorbansları Shimadzu marka UV-1800 model spektrofotometre ile 520 ve 700 nm’de ölçülmüştür. Aşağıda verilen eşitlikler (3.1 ve 3.2) kullanılarak TAM verileri hesaplanmıştır:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5} \quad (3.1)$$

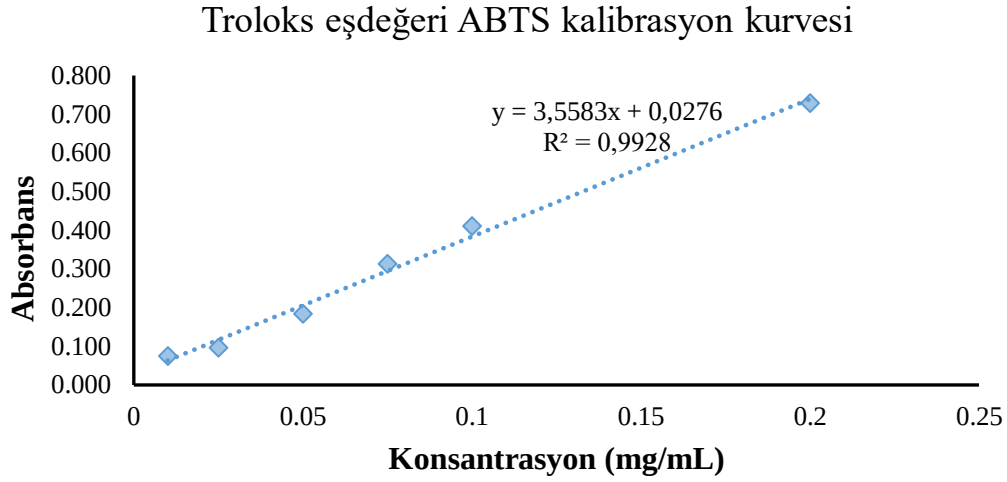
$$\text{TAM} = (A \times MA \times sf \times 1000) / (\epsilon \times L) \quad (3.2)$$

Burada, A: absorbansı, $A_{520\text{nm}}$: örneğin 520 nm’deki absorbansını, $A_{700\text{nm}}$: örneğin 700 nm’deki absorbansını, MA: malvidin 3-glikozit’in molekül ağırlığını (463,3 g/mol Mlv-3-gly), sf: seyreltme faktörünü, ϵ : molar soğurma katsayısını (28000), L: küvet optik yolu uzunluğunu (1 cm) ifade etmektedir. Sonuçlar mg malvidin 3-glukozit (MLv-3-gly) eşdeğeri/g kuru posa ve mg malvidin 3-glukozit (MLv-3-gly) eşdeğeri/100 g ekmek şeklinde verilmiştir.

3.2.4.10. Antioksidan aktivite tayin yöntemleri

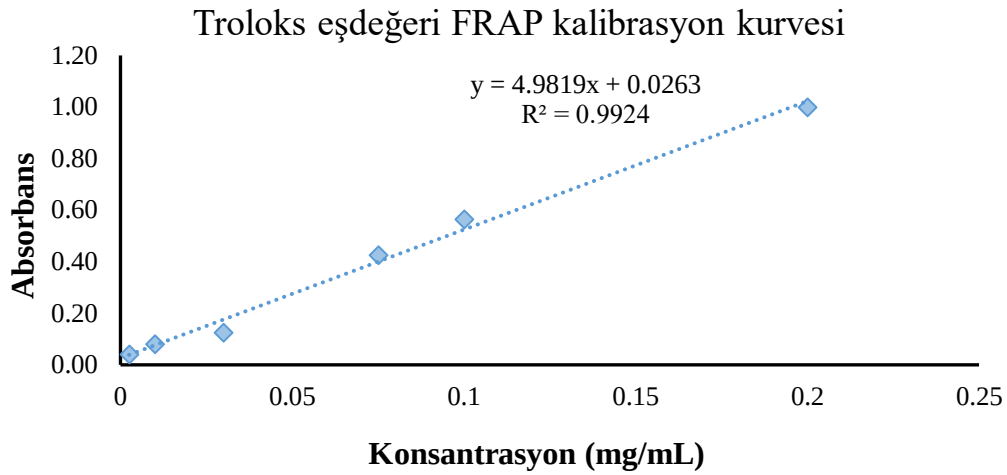
Tüm ekstraktların antioksidan aktivite tayin yöntemleri ABTS radikal temizleme yöntemi ve demir (III) indirgeme (FRAP) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ABTS radikali temizleme yönteminde Re vd. (1999) tarafından önerilen metot kullanılmıştır. Yöntem, ABTS (2,2’-azinobis-(3-etilbenzothiazolin-6-sülfonik asit)) standardı ile potasyum persülfatın ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) reaksiyonu sonucu oluşturulan ABTS radikali kationunun ($\text{ABTS}^{\bullet+}$), ortama ilave edilen antioksidan maddelerle inhibisyonuna dayanmaktadır. Bu kapsamda ekstraktlardan 100 μL alınmış ve üzerine 2 mL ABTS çalışma solventi (0,700 Abs) ilave edilerek 6 dk 30 °C’de inkübe edilmiştir. UV-Vis spektrofotometre ile örneğin absorbans değerleri 734 nm’de ölçülmüştür. Sonuçların hesaplanmasında Şekil 3.3’te

verilen troloks standart kalibrasyon eğrisi kullanılmış ve sonuçlar mg troloks/g kuru posa ve mg troloks/100 g ekmek olarak verilmiştir.



Şekil 3.3 Troloks eşdeğeri ABTS kalibrasyon kurvesi

Demir (III) indirgeme antioksidan yönteminde (FRAP) ise Benzie ve Strain (1996) tarafından geliştirilen metot kullanılmıştır. FRAP reaktifi kullanılmadan önce 10:1:1 (h:h:h) oranında 300 mM Asetat tamponu (pH 3,6), 10 mM 2, 4, 6-tripiridil-s-triazin (TPTZ) çözeltisi ve 20 mM $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ karıştırılarak hazırlanmıştır. Daha sonra 300 mM asetat tamponu, 0,31 g sodyum asetat trihidrat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 1,6 ml asetik asit ile karıştırılıp son hacim 100 mL'ye gelinceye kadar saf su ile seyreltilerek elde edilmiştir. TPTZ çözeltisi, 40 mM HCl içerisinde 10 mM TPTZ'nin çözündürülmesiyle hazırlanmıştır. Ardından 100 μL örnek, sırasıyla 900 μL saf su ve 2 mL FRAP reaktifi ile karıştırılıp oda sıcaklığında ve karanlıkta 30 dk inkübe edildikten sonra 593 nm'de UV-VIS spektrofotometre ile absorbansı ölçülmüştür. FRAP yöntemi için Şekil 3.4'te verilen kalibrasyon eğrisi kullanılmış ve sonuçlar mg troloks/g kuru posa ve mg troloks/100 g ekmek olarak verilmiştir.



Şekil 3.4 Troloks eşdeğeri FRAP kalibrasyon kurvesi

3.2.4.11. Duyusal analiz

Çalışma kapsamında üretilen ekmeklerin renk, iç görünüm, tat ve genel beğeni özellikleri bakımından değerlendirilebilmeleri için üretim sonrası duyusal analiz yapılmıştır. Analizde Kırklareli Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencileri ve öğretim elemanları arasından oluşan 40 kişilik (20 kadın, 20 erkek, 20-45 yaş aralığı) bir panelist grubu yer almıştır. Duyusal özelliklerin (renk, iç görünüm, tat ve genel beğeni) belirlenmesinde 1 (Aşırı kötü) – 9 (Mükemmel) arası değerlerden oluşan 9 puanlı hedonik skala kullanılmıştır.

3.2.4.12. İstatistiksel analizler

Analizlerden elde edilen veriler istatistiksel olarak varyans analizi (ANOVA) ve ortalamalardaki farklılıkları belirlemek için Tukey testi kullanılarak %95 güven düzeyinde ($p \leq 0,05$), SPSS yazılımı (22.0; SPSS Statistics/IBM, Armonk, NY) kullanılarak değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Ekmek Üretiminde Kullanılan Hardaliye Posasına Ait Analiz Sonuçları

Hardaliye üretimi sonrasında elde edilen ve 60°C'de 50 dakika kurutularak öğütülen (0,5 mm) posanın fizikokimyasal ve biyoaktif bileşen analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hardaliye posasının nem (%) ve su aktivitesi değerleri sırasıyla %13,268 ve 0,453 olarak belirlenmiştir. Bilindiği üzere, ürün yapısında bulunan serbest su, nem içeriğiyle ilişkili olarak ürünün kalite özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır. Noor Aziah ve Komathi (2009), nitekim nem içeriği ve su aktivitesi değeri, raf ömrü, depolama kararlılığı, mikrobiyal kararlılık, enzimatik olmayan esmerleşme, lipid oksidasyonu ve depolama sırasında enzimatik reaksiyonlar açısından gıda ürünleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Prachayawarakorn vd., 2008). Toz formdaki ürünler ve unlar referans alındığında %14'ten yüksek nem içeriği istenmeyen mikrobiyal ve kimyasal değişikliklere yol açarak ürünün kaybına neden olmaktadır (Noor Aziah ve Komathi, 2009). Diğer yandan, mikrobiyal gelişme için 0,60 su aktivitesi değeri alt sınır (Tapia vd., 2020) kabul edilmekle birlikte 0,70 su aktivitesi değerine kadar kurutulmuş gıdalar/ürünler uzun süre bozulmadan muhafaza edilebilmektedir (Karuppuachamy vd., 2024). Bununla birlikte, su aktivitesi 0,80'in altına düştüğünde çoğu enzimin aktivitesinin de inhibe edildiği rapor edilmiştir (Zhao ve Song, 2021). Bu çerçevede, çalışmada elde edilen sonuçların nem (%13,268) ve su aktivitesi (0,453) açısından belirtilen kriterlerle uyum sağladığı belirtilebilir. Posanın pH ve ham kül (%) içeriği ise sırasıyla 3,030 ve %2,993 olarak tespit edilmiştir. Enstrümantal renk analiz sonuçlarına bakıldığında toz örneğin L*, a* ve b* değerlerinin sırasıyla 24,348, 9,256 ve -0,651 olduğu kaydedilmiştir. Hardaliye posası tozunun biyoaktif bileşen kapasitesine yönelik yapılan analiz sonuçlarına göre, toplam fenolik madde (TFM) ve toplam flavonoid madde (TFVM) ve toplam monomerik antosiyanin (TAM) miktarının sırasıyla 46,083 mg galik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru posa, 19,360 mg kateşin eşdeğeri/g kuru posa ve 0,589 mg malvidin 3-glukozit (Mlv-3-gly) eşdeğeri/g kuru posa olduğu kaydedilmiştir. Son olarak, örneğe ait ABTS ve FRAP antioksidan aktivite sonuçları ise 86,598 mg

troloks eşdeğeri/g kuru posa ve 66,327 mg troloks eşdeğeri/g kuru posa olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Hardaliye posasına ait analiz sonuçları

Analizler	Ortalama Değer (n=3)	Standart Sapma (±)
Nem (%)	13,268	0,089
Su aktivitesi	0,453	0,006
pH	3,030	0,020
Kül (%)	2,993	0,130
L*	24,348	0,088
a*	9,256	0,492
b*	-0,651	0,171
Toplam Fenolik Madde	46,083	0,095
Toplam Flavonoid Madde	19,360	0,058
Toplam Monomerik Antosiyanin	0,589	0,020
ABTS	86,598	0,558
FRAP	66,327	0,452

Toplam fenolik madde mg galik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru posa, toplam flavonoid madde mg kateşin eşdeğeri/g kuru posa, toplam monomerik antosiyanin miktarı ise mg malvidin 3-glukozit (Mlv-3-gly) eşdeğeri/g kuru posa olarak hesaplanmıştır. ABTS analizi ile FRAP analiz sonuçları mg troloks eşdeğeri/g kuru posa olarak belirlenmiştir.

Literatürde farklı çalışmalarda çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılan ve değişik sektörlerden elde edilen üzüm posaları üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, Tseng ve Zhao (2012) tarafından yapılan çalışmada, iki farklı üzüm (*Vitis vinifera* L.) çeşidinden (Pinot Noir ve Merlot) elde edilen ve sadece üzüm kabuğu içeren posa (i) ile üzüm kabuğu ve çekirdeğini bir arada içeren posa (ii) 4 farklı kurutma tekniği ile kurutulmuş ve elde edilen üzüm posası tozlarının karakterizasyonu incelenmiştir. Yapılan çalışmada farklı bileşime sahip üzüm posalarına, 40°C'de normal fırın kurutma (i), 40°C'de vakumlu (27 Pa) etüvde kurutma (ii), oda sıcaklığında (25°C) kurutma (iii) ve -55°C'de 17,33 Pa vakum altında dondurarak kurutma (iv) ile farklı dehidrasyon işlemleri uygulanmış ve elde edilen örnekler 0,85 mm partikül boyutuna getirilmiştir. Kurutma işlemlerinden 40°C'deki normal fırın kurutma ile vakumlu kurutma işlemlerinin yaklaşık

48 saat, oda sıcaklığında ve dondurarak kurutma işlemlerinin ise sırasıyla 72 ve 60 saat sürdüğü belirtilmiştir. Bu kapsamda, normal fırın kurutma, vakum kurutma, oda sıcaklığında kurutma ve dondurarak kurutma işlemlerinde elde edilen tozların fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan analizlerde örneklerin nem (%) sonuçlarının sırasıyla %5,24–5,94, %4,93–6,26, %5,10–6,75, %4,40–6,10 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Aynı sırayla, örneklere ait L* değerlerinin "29,63–37,52", "29,80–40,21", "27,22–39,80" ile "32,80–46,64" arasında, a* değerlerinin "7,53–10,17", "8,17–10,21", "8,42–9,58" ile "10,94–12,49" arasında, b* değerlerinin ise "1,66–7,87", "1,29–10,10", "1,38–9,47" ile "1,56–10,20" arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Pedroza vd. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada farklı üzüm çeşitlerine ait posalardan çekirdeklerin ve sapların ayrılmasıyla elde edilen atık üzüm kabuklarının sabit nem oranına ulaşana kadar farklı işlemlerle kurutulması ve 1 mm partikül boyutuna öğütülmesi ile elde toz örneklerde yapılan analizlerde; 60°C, 90°C ve 100°C'de etüvde kurutma işlemleri sonucunda numunelerin nem değerlerinin sırasıyla 14,55–17,36 g/100 g kuru madde, 6,74–9,09 g/100 g kuru madde ve 1,51–2,12 g/100 g kuru madde arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada, şarap üretiminde açığa çıkan kırmızı üzüm posası liyofilizasyon işlemi ile yaklaşık olarak %2-4 nem içeriğine kadar kurutulmuş, ardından elek yardımıyla çekirdeklerden ayrılan kabukların öğütülerek ince toz haline getirilmesi ile elde edilen posanın % kül içeriği $6,40 \pm 0,09$ olarak belirlenmiştir (Mildner-Szkudlarz vd., 2011). Iora vd. (2015) tarafından yapılan bir diğer çalışmada 3 farklı kırmızı üzüm çeşidine ait posanın 50°C'de 12 saat boyunca hava sirkülasyonlu bir fırında kurutulmasıyla elde edilen örneklerin nem değerlerinin %3,46–9,35 arasında, pH değerlerinin ise 3,59–3,77 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Šporin vd. (2017), tarafından yapılan farklı bir çalışmada, 80°C'de 3 saat kurutulan ve 250 µm'lik elekten geçirilerek elde edilen kırmızı üzüm (Merlot) posasının nem ve kül içeriği sırasıyla % 3,9 ve % 4,20 olarak tespit edilmiştir. Şarap, üzüm suyu ve üzüm pekmezi üretiminde açığa çıkan posaların biyoaktif bileşiklerinin araştırıldığı farklı bir çalışmada 70°C'de sabit tartıma ulaşana kadar kurutulan örneklerin nem içeriği sırasıyla %4,44, %4,85 ve %6,7 olarak belirlenirken, su aktivitesi değerleri ise sırasıyla $0,48 \pm 0,02$, $0,49 \pm 0,03$ ve $0,42 \pm 0,02$ olarak kaydedilmiştir (Gülcü vd., 2019). Yeler ve Nas (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, üzüm (Öküzgözü) posasından kabuk ve çekirdeklerin ayrılarak açık havada (ortalama 15°C sıcaklık, %59 bağıl nem ve 11 km/saat rüzgar hızı) gölgede 3 gün boyunca kurutulması ile elde edilen örneğin nem (%) ve pH değerleri sırasıyla, %7,8 ve 3,54 olarak tespit edilmiştir. Bursa vd. (2022) tarafından yapılan bir

diğer çalışmada, 60°C'de %4,2 nem içeriğine kadar kurutulan kırmızı üzüm (Cabernet Sauvignon) posasının kül içeriği $3,03 \pm 0,02$ olarak tespit edilmiştir.

Literatürde değişik sektörlerden elde edilen üzüm posaları üzerine yapılan çalışmalarda biyoaktif içeriğin karakterizasyonuna dair elde edilen verilere bakıldığında, Rockenbach vd. (2011) farklı kırmızı üzüm çeşitlerine ait posalardan elde edilen üzüm kabuklarının dondurarak kurutulması ile toplam fenolik madde içeriklerinin 6,60–18,39 mg kateşin/g örnek aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Tseng ve Zhao (2013) farklı sıcaklıklarda kurutma işlemi sonucu elde ettikleri farklı bileşime sahip kırmızı üzüm posalarının toplam fenolik madde içeriğinin 15,72–44,74 mg GAE/g posa arasında değişiklik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Iora vd. (2015) tarafından yapılan bir diğer çalışmada 3 farklı kırmızı üzüm çeşidine ait posanın 50°C'de 12 saat boyunca hava sirkülasyonlu bir fırında kurutulmasıyla elde edilen örneklerin toplam fenolik madde içeriklerinin 30,145–52,018 mg GAE/g posa arasında değişiklik gösterdiği kaydedilmiştir

Carmona-Jiménez vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada 40°C'de %10 nem içeriğine kadar kurutulan beş farklı kırmızı üzüm çeşidine ait posa örneklerinin toplam fenolik madde içeriklerinin 43,85–49,70 mg GAE/g posa arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Şarap, üzüm suyu ve üzüm pekmezi üretiminde açığa çıkan posaların biyoaktif bileşiklerinin araştırıldığı farklı bir çalışmada 70°C'de sabit tartıma ulaşana kadar kurutulan örneklerin toplam fenolik madde içeriği sırasıyla $58,97 \pm 1,42$ mg GAE/g posa, $59,6 \pm 16,37$ mg GAE/g posa ve $37,6 \pm 5,09$ mg GAE/g posa olarak kaydedilmiştir (Gülcü vd., 2019). Yeler ve Nas (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, üzüm posasından kabuk ve çekirdeklerin ayrılarak açık havada gölgede 3 gün boyunca kurutulması ile elde edilen örneğin farklı sıcaklık, süre ve çözücü ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak toplam fenolik madde içeriğinin 3,605–15,985 mg GAE/ g örnek arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Bursa vd. (2022) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, 60°C'de kurutulan kırmızı üzüm (Cabernet Sauvignon) posasının (%4,2 nem) toplam fenolik madde içeriği $54,507 \pm 0,321$ mg GAE/g posa olarak tespit edilmiştir.

Toplam flavonoid açısından, Iora vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada 3 farklı kırmızı üzüm çeşidine ait posanın 50°C'de 12 saat boyunca hava sirkülasyonlu bir fırında kurutulmasıyla elde edilen örneklerin toplam flavonoid içeriğinin 16,482–29,839 mg kateşin/g posa arasında değişiklik gösterdiği kaydedilmiştir. Şarap, üzüm suyu ve üzüm pekmezi üretiminde açığa çıkan posaların biyoaktif bileşiklerinin araştırıldığı farklı bir

çalışmada 70°C'de sabit tartıma ulaşana kadar kurutulan örneklerin toplam flavonoid içeriği sırasıyla 26,93±1,76 mg kateşin/g posa, 20,5±1,55 mg kateşin/g posa ve 15,43±0,67 mg kateşin/g posa olarak belirlenmiştir (Gülcü vd., 2019). Munoz-Bernal vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada 9 farklı kırmızı üzüm çeşidinden elde edilen posaların 55°C'de 48 saat boyunca sıcak hava kurutma tekniği ile kurutulması ile elde edilen örneklerin toplam flavonoid içeriklerinin 53,22-86,47 mg kateşin/g posa arasında değişiklik gösterdiği kaydedilmiştir.

Mendoza vd. (2012) yaptıkları araştırmada farklı kırmızı üzüm çeşitlerine ait dondurarak kurutulmuş posaların (0,5 mm) antosiyanin değerlerinin 0,21–0,71 mg malvidin 3-glukozit (mlv-3-gly) eşdeğeri/g örnek arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Carmona-Jiménez vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada 40°C'de %10 nem içeriğine kadar kurutulan beş farklı kırmızı üzüm çeşidine ait posa örneklerinin toplam antosiyanin miktarının 1,72-6,57 mg malvidin eşdeğeri/g posa arasında değiştiği belirlenmiştir. Gülcü vd. (2019) tarafından bir çalışmada şarap, üzüm suyu ve üzüm pekmezi üretiminde açığa çıkan posaların 70°C'de sabit tartıma ulaşana kadar kurutulması sonucunda toplam antosiyanin miktarlarının sırasıyla 1,30±0,10 mg malvidin eşdeğeri/g posa, 0,53±0,06 mg malvidin eşdeğeri/g posa ve 1,47±0,06 mg malvidin eşdeğeri/g posa olduğu tespit edilmiştir. Yeler ve Nas (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, üzüm posasından kabuk ve çekirdeklerin ayrılarak açık havada gölgede 3 gün boyunca kurutulması ile elde edilen örneğin farklı sıcaklık, süre ve çözücü ekstraksiyon koşullarına bağlı olarak toplam monomerik antosiyanin içeriğinin 7,307–18,503 mg malvidin 3-glukozit (mlv-3-gly) eşdeğeri/g örnek arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Munoz-Bernal vd. (2021) tarafından yapılan araştırmada 9 farklı kırmızı üzüm çeşidinden elde edilen posaların 55°C'de 48 saat boyunca sıcak hava kurutma tekniği ile kurutulması ile elde edilen örneklerin toplam antosiyanin içeriğinin 0,51-1,72 mg malvidin 3-glukozit (mlv-3-gly) eşdeğeri/g örnek arasında değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. Pires vd. (2022) tarafından başka bir çalışmada ise, 60°C'de 24 saat boyunca hava sirkülasyonlu bir fırında kurutulan kırmızı üzüm posasının toplam antisoyanin içeriği 0,89±0,01 mg siyanidin-3-glukozit eşdeğeri/g posa olarak tespit edilmiştir.

Üzüm posasının antioksidan kapasitesi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, Rockenbach vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada şarap üretimi sonrası açığa çıkan farklı kırmızı üzüm çeşitlerine ait posalardan elde edilen üzüm kabukları dondurarak kurutulmuştur. Söz konusu çalışmada kurutulan örneklerden elde edilen ekstraktların

ABTS değerlerinin 11,13–36,40 μmol troloks/ g ornek , FRAP değerlerinin ise 14,54–43,62 μmol troloks/ g ornek aralığında değiştiği belirlenmiştir. Cruz vd. (2016) tarafından şarap $\text{u}^{\text{re}}\text{timinde}$ açığa çıkan posadan elde edilen $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ kabuklarının 40°C, 50°C, 60°C ve 70°C'de normal sıcak hava kurutma (i) ve aynı sıcaklık derecelerinde ultrasound destekli kurutma (ii) uygulanarak elde edilen toz orneklere ait ekstraktların ABTS deręerlerinin yaklaşık olarak 5-6 mg troloks/ml arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Gerardi vd. (2020) tarafından yu^ru^tu^lu^len farklı bir çalışmada şarap $\text{u}^{\text{re}}\text{timinde}$ açığa çıkan ve 50°C'de 48 saat sıcak hava ile kurutulan posadan ayırırırılan $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ kabuklarına ait ekstraktın ABTS değerinin 114,00 μmol troloks eşdeğeri/g ornek olduğu belirlenmiştir. Fariņa vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada şarap $\text{u}^{\text{re}}\text{timinde}$ açığa çıkan kırmızı $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ posalarının 60°C'de sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulması sonucu elde edilen toz orneklere ait ekstraktların FRAP değerlerinin 3,36-323,58 μg troloks/ml arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Tu^m bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar doğrultusunda, hardaliye posasının çeşitli fizikokimyasal ozelliklerinin ve antioksidan aktivite değerlerinin $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ ve $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ posası uzerine yapılan onceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermekte olup, tespit edilen farklılıklar ise posanın ait olduğu $\text{u}^{\text{z}}\text{u}^{\text{m}}$ çeşidine, posanın bileşimine, posaya uygulanan kurutma tekniklerindeki farklılığa, ekstraksiyon aşamasında tercih edilen metotlara ve sonuçların verilmesinde tercih edilen birimlere bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirtilebilir. Hardaliye posasında yapılan analiz sonuçları bir btu^m olarak değerlendirildiğinde, hardaliye $\text{u}^{\text{re}}\text{timi}$ sonrası atık olarak açığa çıkan bu materyalin fenolik bileşikler bakımından zengin ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitesinin yu^ksek olduğu; bu nedenle tek başına ya da posadan elde edilecek ekstraktların çeşitli gıdaların $\text{u}^{\text{re}}\text{timinde}$ bir katkı maddesi olarak kullanımın çevresel su^ru^ru^lebilirlik, ekonomik getiri, beslenme ve pazarlama stratejileri açısından btyu^k bir potansiyel taşıdığı ifade edilebilir.

4.2. Hardaliye Posasının İlavesiyle Hazırlanan Un ve Hamurlarda Yapılan Analiz

Ait Sonuçları

4.2.1. Nem, protein ve ku^l analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK un orneklere nde yapılan analizlerde nem değerlerinin %13,300-13,967 arasında, protein değerlerinin %12,987-13,367 arasında,

kül değerlerinin ise %0,788-0,953 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2, Şekil 4.1). Elde edilen sonuçlara göre, posa kullanım miktarına bağlı olarak unların nem değerlerinde hafif bir düşüş olduğu gözlenmiş, kontrol örneğinde %13,967 olarak tespit edilen nem değeri %7,5 HPK yapılan unda %13,300 olarak kaydedilmiştir. Nem değeri açısından un örneklerinde tespit edilen bu düşüşün istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Tüm unların protein değerleri incelendiğinde, posa ilavesinin artmasıyla un örneklerinin protein değerlerinde az da olsa artışlar gözlenmiş olsa da, örnekler arasında istatistiksel farklılık olmadığı kaydedilmiştir ($p>0,05$). Son olarak, en düşük kül değeri kontrol un örneğinde $0,788\pm0,050$ olarak belirlenirken, HPK unların kül miktarında kademeli bir artışa neden olmuş ve en yüksek değerler %5 ve %7,5 HPK unlarda sırasıyla $0,898\pm0,006$ ve $0,953\pm0,010$ olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu durum, hardaliye posası katkısının unun kül içeriğini ve dolayısıyla mineral içeriğini anlamlı bir şekilde arttırdığını göstermiştir ($p<0,05$).

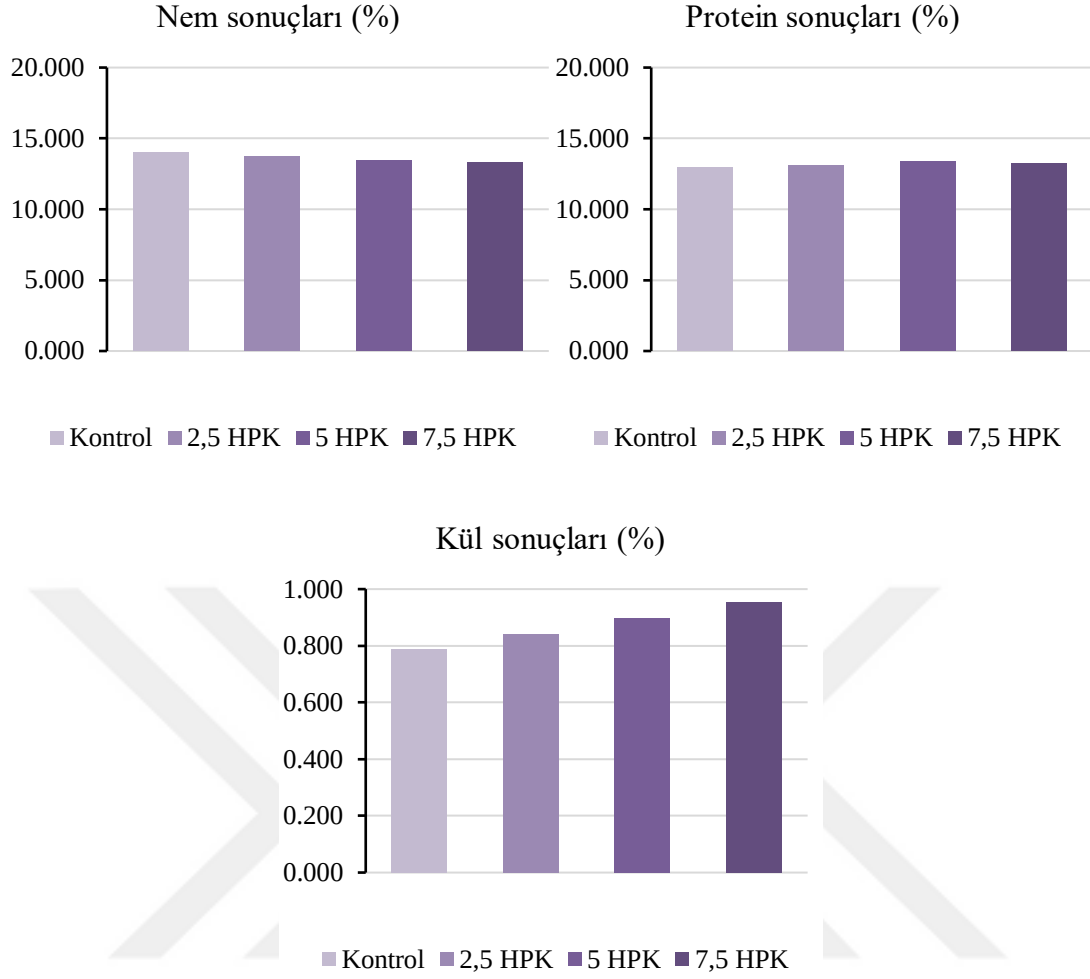
Çizelge 4.7. Un örneklerinin nem, protein ve kül analiz sonuçları

Analizler	Nem (%)	Protein (%)	Kül (%)
Kontrol	$13,967\pm0,057^A$	$12,987\pm0,180^A$	$0,788\pm0,050^C$
%2,5 HPK	$13,733\pm0,288^{AB}$	$13,133\pm0,057^A$	$0,843\pm0,003^{BC}$
%5 HPK	$13,433\pm0,115^B$	$13,267\pm0,461^A$	$0,898\pm0,006^{AB}$
%7,5 HPK	$13,300\pm0,173^B$	$13,367\pm0,378^A$	$0,953\pm0,010^A$

Değerler $\pm$ standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.



Şekil 4.1 Un örneklerinde nem, protein ve kül analiz sonuçları

Bilindiği üzere unların nem içeriği, depolama ve ürün kalitesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Türk Gıda Kodeksi (2013)'nin un tebliğine göre ekmeklik unlarda nem en fazla %14,5, protein miktarı kuru maddede en az %10,5, kül değerinin ise %0,7-0,8 arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu kriterlere göre bir değerlendirme yapılırsa, çalışma kapsamındaki HPK unların nem ve protein değerlerinin kodeks ile uyumlu olduğu, kül değerlerinin ise katkılama yapılmış unlarda kodekste belirtilen değer aralığının üzerine çıktığı görülmüştür. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında; Aghamirzaei vd. (2015) üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle hazırlanan un karışımlarının nem oranlarında anlamlı farklılıklar tespit etmişlerdir. Kontrol grubunda %13,68 olan nem miktarı, üzüm çekirdeği tozu oranı arttıkça hafif bir azalma göstererek %12,71'e kadar düşmüştür. Bu durum, üzüm çekirdeği tozunun una kıyasla daha düşük nem içeriğine sahip olması ve su tutma kapasitesindeki değişimle ilişkilendirilebilir. Mădălina ve

Mironeasa (2019), çalışmalarında buğday ununa farklı oranlarda (%3, %5, %7 ve %9) ve üç farklı partikül büyüklüğünde ($>500 \mu\text{m}$, $200\text{--}500 \mu\text{m}$, $<200 \mu\text{m}$) üzüm çekirdeği unu ilavesi yapmış ve elde edilen kompozit unların bazı fizikokimyasal özellikleri ile düşme sayılarını değerlendirmiştir. Üzüm çekirdeği unu ilavesi ile un karışımlarının nem içeriğinde genel bir azalma eğilimi gözlenmiştir. En yüksek nem içeriği kontrol grubunda (%14,10) iken, %9 üzüm çekirdeği unu ilavesi yapılan örneklerde nem oranı %12,39–12,85 aralığına düşmüştür. Acun ve Gül (2014), üzüm posası ve üzüm çekirdeği unlarının kurabiye kalitesi üzerine etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, kontrol örneklerinde nem oranları bütün üzüm posası unu için %8,31, çekirdeksiz posadan elde edilen un için %7,22 ve üzüm çekirdeği unu için %6,44 olarak belirlenmişlerdir. İlave edilen posanın oranı arttıkça bu değerlerde genel olarak azalma eğilimi gözlenmiştir. Örneğin, üzüm çekirdeği unu grubunda %10 ilave ile nem %5,51'e düşmüştür. Bu durumun, lif içeriği yüksek materyallerin suyu daha fazla absorbe etmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

Protein miktarı, unun ekmek yapma kalitesini belirleyen önemli bir faktördür. Yüksek protein içeriği, genellikle daha iyi gluten ağı ve ekmek hacmi ile ilişkilidir (Kaur vd., 2016). Çalışmada elde ettiğimiz verilere göre hardaliye posası ilavesi, unların protein içeriklerinde sınırlı artışa neden olmuş, ancak bütün un örnekleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Aghamirzaei vd. (2015) buğday ununa üzüm çekirdeği tozu ilavesinin unların protein oranlarında artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrol grubunda %14,52 olan protein içeriği, %15 üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle %15,30'a yükselmiştir. Mădălina ve Mironeasa (2019), buğday ununa kattıkları üzüm çekirdeği unu oranı arttıkça protein içeriğinin arttığını gözlemlemişlerdir. Bu artış, üzüm çekirdeği ununun yüksek protein içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada en yüksek protein oranı, %9 oranında ve küçük ($<200 \mu\text{m}$) partikül boyutuna sahip üzüm çekirdeği unu katkılı örneklerde gözlenmiştir. Acun ve Gül (2014), kontrol örneklerinde protein oranının %5,72 ile %5,86 arasında değiştiğini, ancak tüm üzüm posası formlarının ilavesiyle protein içeriğinde hafif fakat istatistiksel olarak anlamlı artışlar meydana geldiğini belirtmişlerdir. Özellikle, çekirdeği ayrılmamış üzüm posası unu ilavesiyle hazırlanan örneklerde, %10 ve %15 ilave oranlarında protein içeriği sırasıyla %6,09 ve %6,18'e yükselmiştir. Benzer şekilde, çekirdeği ayrılmış üzüm posası unu kullanılan grupta %15 ilave düzeyinde %6,14 oranında, yalnızca üzüm çekirdeği unu kullanılan grupta ise %10 düzeyinde %5,59 oranında protein içeriği elde edilmiştir. En yüksek

protein oranı, %15 oranında çekirdeği ayrılmamış üzüm posası unu ilavesiyle (%6,18) elde edilmiş olup, bu artışın üzüm posasının lifin yanı sıra bir miktar protein de içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kül miktarı, unun mineral içeriğini gösterir ve ürünün besin değeriyle birlikte işlenme derecesi hakkında bilgi verir. Yüksek kül içeriği, fonksiyonel ürünler açısından avantaj sağlarken, ekmekte renk gibi duyuşsal özellikleri de etkileyebilir. Bu nedenle kül oranı hem besleyici hem de görsel kalite açısından dikkatle değerlendirilmelidir (Hallen vd., 2004). Aghamirzaei vd. (2015), üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle hazırlanan buğday ununda kül içeriğinde belirgin bir artış gözlemlemişlerdir. Kontrol örneği %0,74 kül içerirken, %25 oranında üzüm çekirdeği tozu içeren örnekte bu değer %1,12'ye yükselmiştir. Bu artışın, üzüm çekirdeği tozunun mineral açısından zengin yapısından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Mădălina ve Mironeasa (2019) yaptıkları çalışmada buğday ununa ilave edilen üzüm çekirdeği tozunun oranı arttıkça örneklerin kül içeriklerinin de belirgin bir şekilde yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Örneğin, kontrol örneğinde kül oranı %0,47 iken, %9 oranında ve küçük partikül (<200 µm) boyutunda üzüm çekirdeği tozu ilavesi ile bu değer %1,26'ya ulaşmıştır. Acun ve Gül (2014), yaptıkları çalışmada üzüm posası ilavesiyle hazırlanan kurabiyelerde kullanılan un örneklerinin kül oranlarında belirgin artışlar olduğunu gözlemlemişlerdir. Kontrol grubunda kül oranı %1,34 iken, %15 oranında çekirdeği ayrılmamış üzüm posası unu ilavesiyle bu oran %1,98'e yükselmiştir. Benzer şekilde, çekirdeği ayrılmış posadan elde edilen unun kullanıldığı grupta kül oranı %2,31'e, yalnızca üzüm çekirdeğinden elde edilen unun eklendiği grupta ise %1,70'e ulaşmıştır.

4.2.2. Farinograf analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK un örneklerinde yapılan farinograf analizinin sonuçları Çizelge 4.3'te ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Analiz esnasında Buna göre un örneklerinin su kaldırma absorpsiyonu değerlerinin %60,567-61,567 arasında; gelişme süresinin 0,700-0,867 dk arasında, stabilite süresi değerlerinin 0,933-1,467 dk arasında, başlangıçtan 10 dk sonraki yumuşama derecesi değerlerinin ise 76,667-86,00 BU arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Çizelge 4.3 ile Şekil 4.2 incelendiğinde çalışma kapsamında değerlendirilen tüm un örneklerinin farinograf analizi sonucuna göre, su absorpsiyonu, gelişim süresi, stabilite süresi, yumuşama derecesi parametrelerinde istatistiksel açıdan bir farklılık olmadığı görülmüştür. ($p>0,05$).

Çizelge 4.8. Un örneklerinin farinograf analiz sonuçları

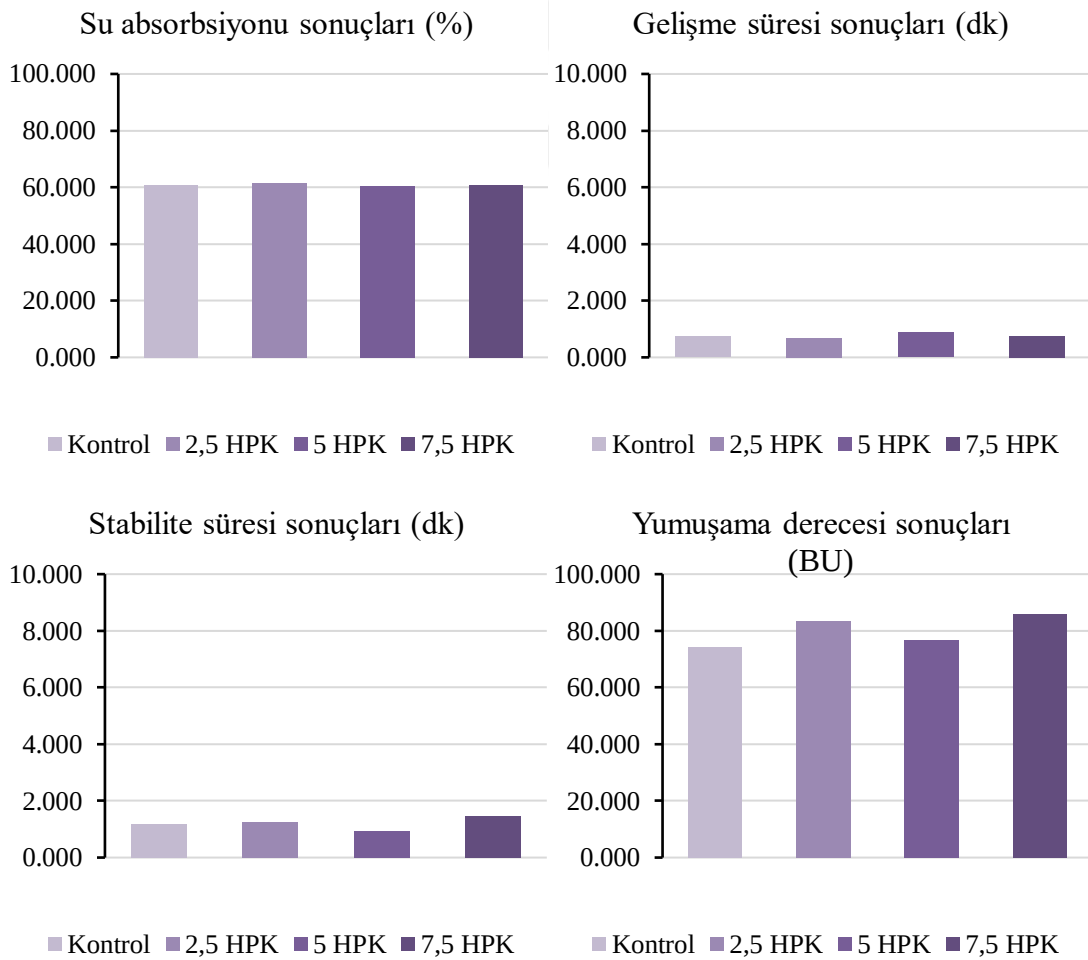
Analizler	Su Absorbsiyonu (%)	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite Süresi (dk)	Yumuşama Derecesi (BU)
Kontrol	60,933±0,450 ^A	0,733±0,404 ^A	1,167±0,802 ^A	74,333±29,569 ^A
%2,5 HPK	61,567±1,422 ^A	0,700±0,173 ^A	1,233±0,901 ^A	83,667±21,626 ^A
%5 HPK	60,567±0,251 ^A	0,867±0,288 ^A	0,933±0,650 ^A	76,667±11,930 ^A
%7,5 HPK	60,600±0,173 ^A	0,767±0,321 ^A	1,467±0,513 ^A	86,00±14,525 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistikî olarak fark bulunmaktadır (p<0,05).

HPK: Hardaliye posası katkılı.

BU: Brabender Ünitesi



Şekil 4.2 Farinograf analiz sonuçlarına ait grafikler

Bu sonuçlara göre posa ilavesinin hamurun yoğurma süresini ve stabilite gibi özelliklerini olumsuz yönde etkilemediği görülmektedir. Aydoğan vd. (2012) 20 farklı buğdaydan elde edilen unların hamur özelliklerin inceledikleri çalışmada örneklerin ortalama su absorpsiyonunu %59,85, gelişme süresini 3,4 dk, stabilite süresini 2,84 dk ve yumuşama derecesini 107,02 BU şeklinde tespit etmişlerdir. Miś vd. (2012) çeşitli oranlarda keçiyoynuzu lifi ve yulaf kepeği ilaveli unlardan üretilen hamurlara dair yaptıkları çalışmada; kontrol örneğinin su absorpsiyonunu %56,1 olarak belirlerken, %5 keçiyoynuzu ilave edilmiş unun su absorpsiyonunu %58,6 olarak, %25 yulaf kepeği ilave edilmiş unun ise %58,5 olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada, kontrol örneğine ait gelişme süresi 1,8 dk olarak belirlenirken farklı oranlarda keçiyoynuzu lifi ilavesiyle bu değerlerin 1,8-2,4 dk arasında değiştiği, farklı oranlarda yulaf kepeği ilavesiyle söz konusu değerlerin 4,9-6,4 dk aralığında olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, kontrol örneğine ait stabilite değeri 5,9 dk olarak belirlenirken, keçiyoynuzu lifi ilavesiyle bu değer 9,1 dk olarak, yulaf kepeği ilavesiyle 8,6 dk olarak tespit edilmiştir. Son olarak, yumuşama derecesi kontrol un örneğinde 75 BU olarak kaydedilirken, farklı oranlarda keçiyoynuzu lifi katkılı unlarda 53-78 BU arasında, yulaf kepeği katkılı örneklerde ise 63-125 BU arasında değiştiği tespit edilmiştir. Gómez vd. (2003), portakal, bezelye, kakao ve kahve lifleri gibi farklı lif türlerinin una katılmasıyla hamurun su absorpsiyonunun arttığını belirtmişlerdir. Bu kapsamda yürüttükleri çalışmada, kontrol örneğinin su absorpsiyonu %58,7 olarak belirlenmiştir. Lif ilavesi yapılan örnekler arasında, en yüksek su emilimi %5 oranında portakal lifi ilaveli un örneğinde elde edilmiş olup, bu değer %65,4 olarak ölçülmüştür. %2 oranında lif ilavesi yapılan örneklerde ise, tüm lif türleri kontrol örneğine kıyasla su emilimini arttırmış olmakla birlikte, örnekler arasında fark meydana getirmediği gözlenmiştir. Örneğin; mikro kristalin selüloz %60,4; bezelye lifi %59,9; kakao lifi %60,6; kahve lifi %59,6; portakal lifi %63,0; buğday-lif (L) %60,2 ve buğday-lif (S) %60,3 su emilim değeri göstermiştir. Ayrıca, lif oranının %2'den %5'e çıkarılması, özellikle portakal ve buğday lifli örneklerin su emiliminde anlamlı bir artışa neden olmuştur. Örneğin, portakal lifinde su emilimi %63,0'dan %65,4'e; buğday-lif (L) için %60,2'den %63,8'e yükselmiştir. Türksoy (2011) elma, kayısı, portakal, limon, greyfurt, havuç ve balkabağı lif konsantrelerinin farklı oranlarda (%10, 15, 20 ve 25) buğday ununa ilavesinin hamurun reolojik özellikleri ve bisküvi kalitesine etkilerini incelemiştir. Yapılan farinograf analizlerine göre, meyve ve sebze lifi ilavesi hem Gerek-79 hem de Guadalupe unlarının reolojik özelliklerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna

varılmıştır. Lif oranının artmasıyla birlikte su absorpsiyonu tüm örneklerde belirgin şekilde yükselmiş; özellikle portakal, limon, havuç ve balkabağı liflerinde bu artış daha yüksek olmuştur (Kontrol örneği: %56 ile %61,4 iken %25 limon Lifli Gerek-79: %98, Guadalupe: %95,1). Yine aynı çalışmada hamur gelişme süresinin, lif oranı ile birlikte artış gösterdiği görülmüştür. Bu artış, gluten oluşum sürecinin liflerin fiziksel etkisiyle gecikmesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Özellikle havuç ve balkabağı lifi ilavesiyle gelişme süresi oldukça uzamış; Guadalupe ununda kontrol örneğinde 2 dk iken %25 havuç lifi ilavesiyle 39,4 dakikaya kadar çıkmıştır. Bu sonuç, söz konusu liflerin gluten ağı oluşumunu geciktirici etkisinin belirgin olduğunu işaret etmiştir. Stabilite süresi incelendiğinde; özellikle havuç ve balkabağı liflerinin yüksek oranlarda kullanımı ile hamurun yoğurmaya karşı direncinin arttığı gözlenmiştir. Bu durum, sebze liflerinin hamurun dayanıklılığı üzerinde yapısal bir güçlendirici etki oluşturduğunu göstermektedir. Gerek-79 un karışımlarında en yüksek stabilite değeri 26,7 dakika (%25 havuç lifi), Guadalupe un karışımlarında ise 46,7 dakika (%25 havuç lifi) olarak tespit edilmiştir (Kontrol örneklerinde 3,5 dk ile 6 dk). Yoğurma tolerans sayısı, lif ilavesinin ilk seviyelerinde artış göstermesine rağmen, yüksek oranlarda (özellikle %20 ve %25 seviyelerinde) azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum, fazla lif ilavesinin gluten ağını zayıflatarak hamurun yapısını bozduğu şeklinde yorumlanmıştır. Benzer şekilde, yumuşama derecesi değerleri de lif oranı arttıkça yükselmiştir. Bu artış, liflerin elastik gluten yapısını bozarak hamurun gevşemesine neden olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle portakal ve havuç liflerinde yumuşama derecesinin oldukça yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir.

Tolve vd. (2021), yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (%5 ve %10) üzüm posası tozu ilavesinin buğday ununa etkisini farinograf analizi ile değerlendirmişlerdir. Kontrol örneğinin su absorpsiyonu değeri %55,50 olarak ölçülmüştür. Üzüm posası tozu ilavesiyle bu değer artış göstermiş, %5 ilaveli örnekte %56,80, %10 ilaveli örnekte %60,03 su absorpsiyonu değeri ölçülmüştür. Bu artış, üzüm posası tozunun yüksek lif içeriği ve su tutma kapasitesi nedeniyle daha fazla su emilmesine neden olduğunu göstermiştir. Çalışmada, hamurun yoğurma esnasındaki dayanıklılığını ifade eden stabilite süresi, üzüm posası tozu ilavesiyle anlamlı şekilde artmıştır. Kontrol grubunda 5,80 dakika olan bu süre, %5 ve %10 ilaveli örneklerde sırasıyla 7,50 ve 8,27 dakika olarak ölçülmüştür. Bu durum, üzüm posası tozunun hamur sistemine yapısal katkı sağlayarak dayanıklılığı artırdığı şeklinde açıklanmıştır. Hamurun optimum yoğurma

süresi olarak tanımlanan geliştirme süresi kontrol ve %10 ilaveli örneklerde 1,40 dakika, %5 ilaveli örnekte ise 1,37 dakika olarak ölçülmüştür. Geliştirme süresinde meydana gelen bu küçük farklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış, üzüm posası tozu ilavesinin bu parametreyi olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. Hamurun zamanla gösterdiği direnç kaybını ifade eden yumuşama derecesi, kontrol örneğinde 76,33 BU iken, %5 ve %10 ilaveli örneklerde sırasıyla 81,33 ve 67,00 BU olarak belirlenmiştir. %10 ilaveli örnekte bu değerin düşmesi, hamurun daha sıkı bir yapı kazandığını ve daha düşük bir yumuşama eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur.

Hamdi ve Ahmed (2021) yaptıkları çalışmalarında üzüm çekirdeği unu ilavesinin buğday ununun çeşitli özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, kontrol örneğinde %61 olan su absorpsiyonu, %3 oranında üzüm çekirdeği unu ilave edilmiş örnekte %60,3; %4 ilaveli örnekte ise %69,7 olarak ölçülmüştür. Bu artışın, üzüm çekirdeği ununun lif ve fenolik bileşikler yönünden zengin yapısının suyu daha etkin bir şekilde bağlayabilmesinden ve hamurun hidrasyon kapasitesini artırmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir. Gelişme süresi ve stabilite süresi her üç örnekte de birbirine oldukça yakın değerler göstermiştir. Kontrol örneğinde 3,8 dakika olan gelişme süresi, %3 ilavede değişmeden kalmış, %4 ilavede ise küçük bir artışla 3,9 dakikaya ulaşmıştır. Stabilite süresi de benzer şekilde kontrol örneğinde 3,7 dakika iken, %3 ve %4 ilavelerde sırasıyla 3,8 ve 3,9 dakika olarak ölçülmüştür. Bu durum, düşük oranlı üzüm çekirdeği unu ilavelerinin hamurun yoğurma dayanıklılığını olumsuz etkilemediğini, hatta hafifçe artırabileceğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak %4 oranında üzüm çekirdeği unu ilavesi, hamurun reolojik özelliklerini iyileştirici etki göstermiştir. Bu oran, özellikle su absorpsiyonu ve yapısal dayanıklılık açısından optimum katkı miktarı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda üzüm çekirdeği ununun hem fonksiyonel özellik kazandırma hem de reolojik kaliteyi artırma potansiyeli taşıyan bir katkı maddesi olarak ön plana çıktığı vurgulanmıştır.

Chen vd. (2021) yaptıkları çalışmada, buğday ununa farklı oranlarda (%1, %3 ve %5) üzüm çekirdeği unu ilavesinin noodle hamurunun kalite özellikleri üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Sonuçlara göre, üzüm çekirdeği unu ilavesiyle birlikte hamurun gelişme süresinin önce arttığı (%40'tan %50'ye), daha yüksek ilave oranlarında ise azaldığı (%50'den %40'a) gözlemlenmiştir. Bu durum, düşük oranlardaki üzüm çekirdeği ununun gluten yapısını desteklediğini, ancak yüksek miktarlarda ilavenin gluten ağını seyrelttiğini göstermiştir. Stabilite süresi ilave oranıyla birlikte yaklaşık %1'den %7'ye

artarken, hamurun yumuşama derecesi ise yaklaşık %7'den önce %1'e düşmüş, sonra tekrar %6'ya kadar yükselmiştir. Su absorpsiyonu sonuçlarına göre ise kontrol örneğinde yaklaşık %62 olan değer, üzüm posalı ilaveli örneklerde değişmemiş ve %60 olarak ölçülmüştür. Bu bulgular, üzüm çekirdeği ununun belirli bir orana kadar yoğurma dayanımını artırabileceğini, ancak aşırı miktarda kullanıldığında hamur kalitesini olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymuştur.

Şporin vd. (2017), üzüm posası unu katkısının hamurun kalite parametrelerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, una katılan posanın tipi ve kullanım oranına bağlı olarak önemli farklılıklar gözlemlendiğini tespit etmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla, 'Merlot' üzüm posası unu ilavesiyle özellikle geliştirme süresinde belirgin bir artış gözlenmiştir. %6, %10 ve %15 oranlarında sırasıyla 6,22, 6,41 ve 9,51 dakikaya yükselen bu değer, posanın gluten oluşumunu geciktirici etkisini ortaya koymuştur. Aynı grup içerisinde %15 Merlot posası ile hazırlanan hamurda, en yüksek stabilite (25,28 dk) elde edilmiştir. Bu durum, Merlot posasının hamur dayanıklılığı üzerinde pozitif etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur. Diğer yandan, 'Zelen' üzüm posası unu ile hazırlanan örneklerde geliştirme süresi önemli ölçüde düşmüş (1,22–1,41 dk), özellikle %15 oranında katkı ile yumuşama derecesi 84 BU'ye yükselmiştir. Bu sonuçlar, Zelen posasının gluten yapısını olumsuz yönde etkileyerek hamurun işlenebilirliğini azalttığını göstermiştir. Genel olarak, Merlot üzüm posası ununun belirli oranlarda kullanımının hamur dayanıklılığı ve kalite özelliklerini iyileştirebileceği, buna karşın Zelen posasının özellikle yüksek oranlarda olumsuz etkiler oluşturabileceği ifade edilmiştir.

4.2.3. Ekstensograf analiz sonuçları

Bu çalışmada, kontrol grubu ve HPK un örneklerine ait ekstensograf analizleri, 45., 90. ve 135. dakikalarda gerçekleştirilen ölçümlerle değerlendirilmiş; ancak karşılaştırmalı analizlerde referans olarak 135. dakikada elde edilen ekstensogram eğrisi temel alınmıştır.

İlgili ortalama değerler Çizelge 4.4'te, eğri grafiksel olarak ise Şekil 4.3'te sunulmuştur. Yapılan ölçümler sonucunda, incelenen un örneklerine ait enerji değerlerinin 55,333-88,333 cm² arasında değiştiği, direnç (resistance) değerlerinin 544,000-825,333 BU aralığında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, unların uzama yeteneği (extensibility) değerlerinin 80,000-92,933 mm arasında, maksimum direnç değerlerinin ise 567,000-828,000 BU arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Un örneklerinin ekstensograf analiz değerleri

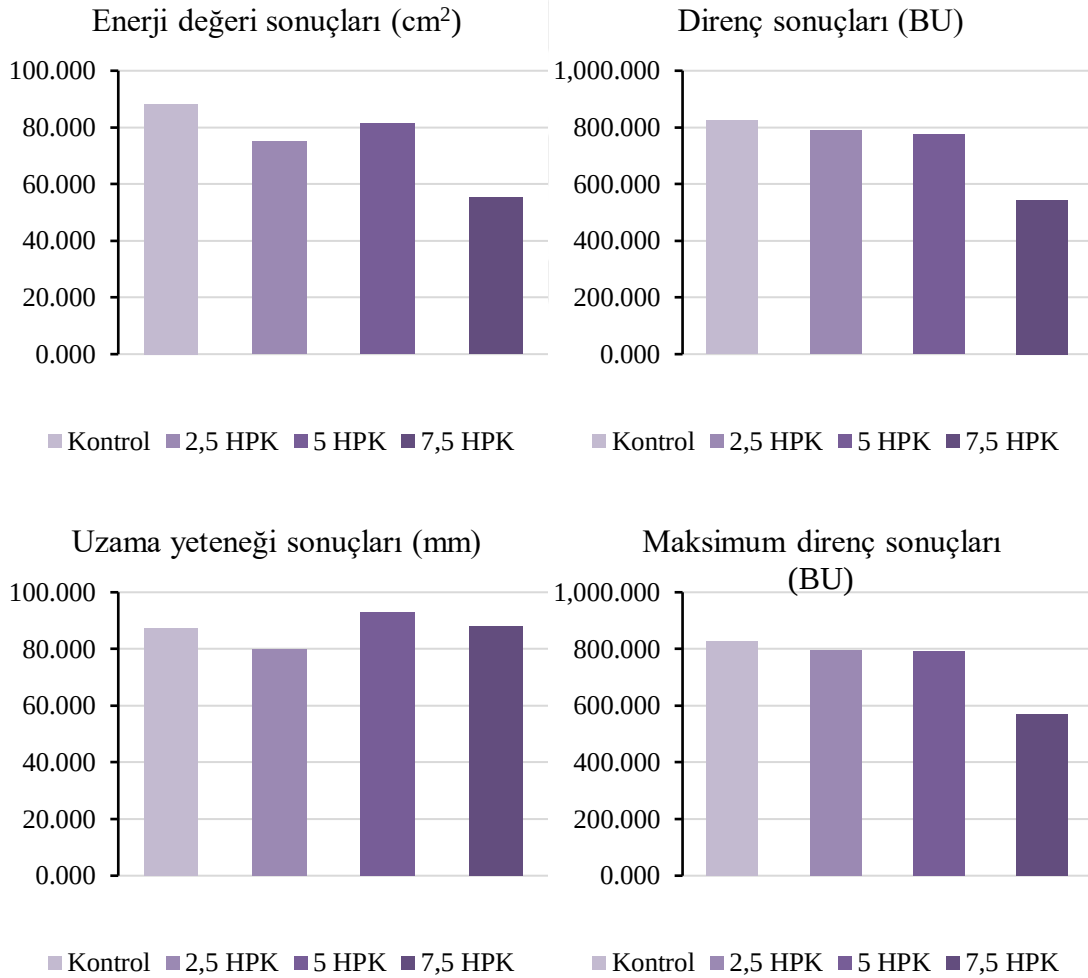
Analizler	Enerji Değeri (cm ²)	Direnç (R _s)(BU)	Uzama Yeteneği (mm)	Maksimum Direnç (R _m)(BU)
Kontrol	88,333±2,886 ^A	825,333±95,793 ^A	87,335±8,326 ^A	828,000±93,150 ^A
%2,5 HPK	75,000±6,557 ^{AB}	789,000±81,908 ^A	80,000±7,000 ^A	793,000±83,372 ^A
%5 HPK	81,333±18,876 ^{AB}	774,000±76,078 ^A	92,933±11,789 ^A	791,000±75,410 ^A
%7,5 HPK	55,333±15,011 ^B	544,000±80,077 ^B	88,000±3,605 ^A	567,000±78,550 ^B

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistikî olarak fark bulunmaktadır (p<0,05).

HPK: Hardaliye posası katkılı.

BU: Brabender Ünitesi



Şekil 4.3 Ekstensograf analiz sonuçlarına ait grafikler

Çizelge 4.4. ile Şekil 4.3 incelendiğinde çalışmada kapsamındaki tüm unların ekstensograf analizi, uzama yeteneği (mm) haricinde diğer 3 parametre açısından özellikle %7,5 HPK kullanımıyla anlamlı bir farklılık meydana getirdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, en düşük enerji değeri, en düşük direnç ve maksimum direnç değeri %7,5 HPK kullanılan unlarda sırasıyla $55,333\pm15,011 \text{ cm}^2$, $544,000\pm80,077 \text{ BU}$ ve $567,000\pm78,55 \text{ BU}$ olarak kaydedilmiştir ($p<0,05$). Söz konusu parametreler için, %2,5 ve %5 HPK analiz sonuçlarını kontrol örneğine kıyasla düşürse de, bunun anlamlı bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Dikkat çekici bir bulgu olarak, tüm örneklerin uzama yeteneği değerleri arasında ise istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Tüm bu sonuçlardan, özellikle %7,5 HPK kullanımının hamurun gaz tutma kapasitesini etkileyerek elastikiyet yeteneğini değiştirebileceğini göstermiştir.

Türksoy (2011) yaptığı çalışmada, farklı oranlarda (%10, %15, %20 ve %25) eklenen meyve ve sebze lif konsantrelerinin iki farklı un türü (Gerek-79 ve Guadalupe) ile oluşturulan hamurların ekstensograf özelliklerini incelenmiştir. Ölçülen başlıca parametreler hamurun uzamaya karşı gösterdiği maksimum direnç, uzama kabiliyeti ve elastikiyet enerjisi olmuştur. Elde edilen veriler, lif kaynağı ve kullanım oranına bağlı olarak hamurun reolojik özelliklerinde anlamlı farklılıklar meydana geldiğini ortaya koymuştur. Özellikle kayısı lifi, her iki un tipiyle yapılan uygulamalarda en dengeli sonuçları vermiştir. Gerek-79 unu ile yapılan uygulamalarda, %20 kayısı lifi ilavesiyle en yüksek enerji değeri (194 cm^2) elde edilmiş; bu oran Guadalupe ununda ise 110 cm^2 ile yine yüksek bir enerji kapasitesi sağlamıştır. Bu durum, kayısı lifinin hamurun elastikiyetini artırarak yoğurma ve şekillendirme sırasında olumlu etki gösterdiği şeklinde açıklanmıştır. Buna karşın limon, portakal ve greyfurt lifleri ile yapılan uygulamalarda hem uzama kabiliyeti hem de enerji değerlerinin belirgin şekilde azaldığı gözlenmiştir. Örneğin, Guadalupe ununa %25 portakal lifi ilavesinde A değeri yalnızca 31 cm^2 olurken, Gerek-79 unu ile bu oran 26 cm^2 'ye kadar düşmüştür. Bu sonuçlar, bu tür lif kaynaklarının hamurun yapısal bütünlüğünü zayıflatabileceğini göstermiştir. Elma lifi ile yapılan uygulamalarda yüksek maksimum direnç değerlerine ulaşılmış olmakla birlikte, özellikle uzama kabiliyeti açısından düşüş gözlenmiştir. Gerek-79 unu ile %10 elma lifi kullanıldığında en yüksek maksimum direnç değeri (1121 BU) elde edilmiştir. Ancak aynı örnekte E değeri yalnızca 74 mm 'de kalmıştır. Bu durum, elma lifinin hamura sertlik kazandırdığı, ancak esnekliği sınırlandırdığına işaret etmiştir. Havuç ve balkabağı lifleri

ile yapılan denemelerde ise bazı oranlarda ekstensogram verileri elde edilememiştir. Bu durum, yüksek oranlarda bu liflerin kullanımıyla elde edilen hamurların test edilemeyecek kadar zayıf reolojik özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, meyve ve sebze kaynaklı liflerin un ile oluşturulan hamurların fiziksel özellikleri üzerinde belirgin etkileri bulunduğu görülmüştür. Kayısı lifi, reolojik açıdan en dengeli sonuçları verirken; turuncgil türevli liflerin daha düşük oranlarda ve destekleyici bileşenlerle birlikte kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. Bu bulgular, fonksiyonel ekmek üretiminde lif türü ve miktarının dikkatli belirlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Sulieman vd. (2014) yaptıkları çalışmada, yer fıstığı kabuğu unu ilavesinin buğday unundan hazırlanan hamurun reolojik özellikleri üzerinde önemli değişikliklere yol açtığını bildirmişlerdir. Çalışmada kontrol grubunda hamurun uzama kabiliyeti 250 BU iken, bu değer %5, %7,5 ve %10 ilavelerinde sırasıyla 210 BU, 196 BU ve 170 BU olarak ölçülmüştür. Bu azalma, fıstık unu ilavesiyle hamurun elastikiyetinin azaldığı ve lif oranındaki artışa bağlı olarak gluten yapısının esneklik kaybettiği şeklinde açıklanmıştır. Buna karşın, hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç değerlerinde anlamlı bir artış gözlenmiştir. Kontrol hamurunda 420 BU olan direnç değeri, %5, %7,5 ve %10 ilavelerinde sırasıyla 563 BU, 781 BU ve 833 BU olarak belirlenmiştir. Bu artış, lifli yapı nedeniyle hamurun sertleştiğini ve uzamaya karşı daha fazla direnç gösterdiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak yer fıstığı kabuğu unu ilavesi, hamurun ekstensograf parametrelerini doğrudan etkilemiş; artan fıstık unu miktarı, uzama kabiliyetinde azalma ve uzamaya karşı dirençte artış ile kendini göstermiştir.

Meral ve Doğan (2013) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda Öküzgözü üzüm çekirdeği unu (GS) ilavesinin un örneklerinin ekstensograf parametreleri olan maksimum uzama enerjisi ($E_{at Rmax}$) ve maksimum uzama direnci (R_{max}) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubunda, $E_{at Rmax}$ değeri 50,60 cm² ve R_{max} değeri 43,74 BU olarak belirlenmiştir. Bu değerler, hamurun elastikiyet ve uzama kapasitesinin katkısız buğday unundaki doğal seviyesini yansıtmaktadır. %2,5 oranında GS ilavesiyle, $E_{at Rmax}$ 54,10 cm²'ye ve R_{max} 44,42 BU'ye yükselmiştir. Bu artış, düşük oranda GS kullanımının hamurun enerji biriktirme kapasitesini ve uzamaya karşı direncini hafifçe artırdığını göstermiştir. %5 GS ilavesiyle, $E_{at Rmax}$ değeri 53,10 cm² ile bir miktar azalmış olsa da, kontrol grubuna göre hâlâ yüksek kalmıştır. R_{max} değeri ise 42,34 BU olup, elastikiyet bakımından kontrol grubuna oldukça yakın değerler elde edilmiştir. Bu durum, %5 GS ilavesinin hamurun elastik yapısını büyük ölçüde koruyabildiğini ve

yoğurma dayanıklılığına katkı sunduğunu ortaya koymuştur. %7,5 GS içeren grupta ise E at Rmax 61,90 cm² ile en yüksek değere ulaşmıştır. Bu durum, daha fazla GS ilavesiyle hamurun enerji biriktirme kapasitesinde belirgin bir artış olduğuna işaret etmiştir. Ancak Rmax değeri 36,50 BU'ye düşmüş, yani hamurun uzamaya karşı direnci azalmıştır. Bu da, yüksek oranlı lif ilavesinin hamurda elastik yapı kaybına neden olabileceği, ancak daha fazla enerji absorbe edebilen bir yapı oluşturduğu şeklinde açıklanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, düşük ve orta düzeyde GS ilavesi (özellikle %2,5 ve %5) hamurun uzama özelliklerini korurken, yüksek düzeyde lif ilavesi (örn. %7,5) hamurun uzamaya karşı direncini azaltmış, ancak enerji birikimini artırmıştır. Bu sonuçlar, ürün formülasyonlarında GS ilavesi miktarının dikkatli belirlenmesi gerektiğini ve %5 seviyesinin dengeleyici bir etki sağlayabileceğini ortaya koymaktadır.

Sezer (2023) buğday unu hamuruna farklı üzüm lif fraksiyonlarının ilavesinin, hamurun uzamaya karşı direnci, genişletilebilirliği ve enerji değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu bildirmiştir (p <0.05). Kontrol grubunda uzamaya karşı direnç 789,27 BU, genişletilebilirlik 137,22 mm ve enerji değeri 88,48 cm² olarak ölçülmüştür. İşlenmemiş çözünür üzüm posası lifi ilavesiyle direnç 617,90 BU'ye, genişletilebilirlik 112,17 mm'ye ve enerji değeri 63,62 cm²'ye düşmüştür. Mikrodalga ile işlenmiş çözünür üzüm lifi grubunda ise bu değerler sırasıyla 672,65 BU, 86,43 mm ve 71,37 cm² olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, mikrodalga ile işlenmiş çözünür lifin, işlenmemiş forma göre daha yüksek elastikiyet sağladığını göstermiştir. İşlenmemiş çözünmeyen üzüm posası lifi ilavesi, hamur yapısını daha olumsuz etkilemiş; bu grupta direnç 404,58 BU, genişletilebilirlik 75,78 mm ve enerji değeri 51,56 cm² olarak ölçülmüştür. Mikrodalga ile işlenmiş çözünmeyen üzüm lifi ise bu değerleri bir miktar iyileştirerek sırasıyla 571,88 BU direnç, 62,85 mm genişletilebilirlik ve 56,93 cm² enerji değerine ulaştırmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, mikrodalga işleminin, liflerin hamur reolojisi üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı ve özellikle çözünür lif formlarının hamurun elastikiyetini daha fazla koruduğu gözlemlenmiştir.

Khatkar (2005) hamurun uzayabilirliğinin, glutenin doğal yapısı ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Bolek (2020), yaptığı çalışmada bisküvi hamurunun direncinin formülasyondaki zeytin çekirdeği oranı arttıkça yükseldiğini, buna karşın hamurun uzayabilirliğinde oransal olarak bir azalma olduğunu rapor etmiştir. Miś vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise hamurların uzayabilirliğini etkileyen en önemli faktörün formülasyondaki değişikliklerle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Tüm bu sonuçlar göz önüne

alındığında mevcut çalışmada, hardaliye posası katkısının hamurun reolojik özellikleri üzerinde belirgin etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Özellikle yüksek katkı oranlarında (%7,5), enerji değeri ve direnç parametrelerinde önemli düşüşler gözlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, hardaliye posasının ekmek üretiminde kullanılabilirliğini desteklemekle birlikte, katkı oranının optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir

4.2.4. Gluten indeks analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK un örneklerinde yapılan analizlerde gluten değerlerinin %26,533-29,367 arasında, indeks değerleri ise %95,987-99,000 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5, Şekil 4.4). Elde edilen sonuçlara göre, HPK unların gluten değerini kademeli olarak düşürse de, sadece %7,5 katkılama yapılan örnekte kontrol örneğine kıyasla anlamlı bir farklılık tespit edilmiş ve en düşük değer bu un örneğinde %26,533 olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde, HPK miktarına bağlı olarak unların % indeks değerlerinde nispeten bir düşüş olsa da, bu durumun örnekler arasında belirgin bir farklılık oluşturmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$).

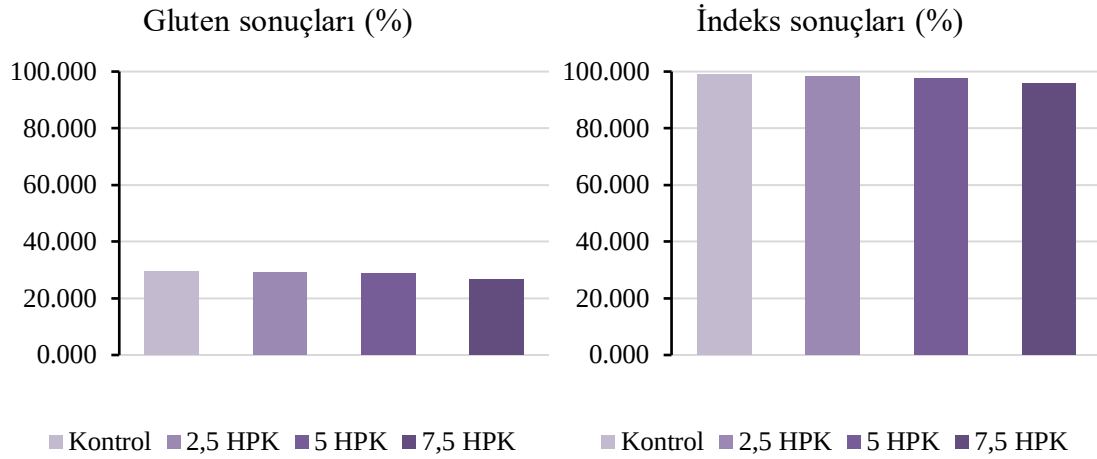
Çizelge 4.10. Un örneklerinin gluten indeks analiz sonuçları

Analizler	Gluten (%)	İndeks (%)
Kontrol	29,367±0,550 ^A	99,000±1,732 ^A
%2,5 HPK	29,167±0,288 ^A	98,333±2,886 ^A
%5 HPK	28,867±0,115 ^A	97,500±2,500 ^A
%7,5 HPK	26,533±0,103 ^B	95,987±2,712 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.



Şekil 4.4 Gluten indeks analiz sonuçlarına ait grafikler

Gluten, hamurun elastikiyetini ve gaz tutma kapasitesini belirlerken, gluten indeksi, glutenin kalitesini ve kuvvetini göstermektedir. Çeşitli meyve ve sebze posalarının unlara ilavesi, unlu mamullerin toplam protein içeriğini artırabilir. Ancak gluten, buğday proteinlerinden oluştuğundan, posa katkılama işlemlerinin gluten yüzdesine doğrudan etkisinin sınırlı olacağı unutulmamalıdır (Ye vd., 2023). Bu kapsamda, özellikle yüksek oranlarda posa ilavesi, toplam gluten yüzdesini düşürebilir. Bu nedenle, posa ilavesi yapılırken üründe istenen özellikler göz önünde bulundurularak yapılacak katkılama işlemleri bu doğrultuda optimize edilmelidir. Buna istinaden, elde edilen sonuçlarda genel bir değerlendirme yapılırsa, özellikle %7,5 HPK un örneğinde gluten ve gluten indeksi açısından dikkat edilmesi gerektiği ifade edilebilir. Marcos (2023) yaptığı çalışmada, buğday ununun mor (Touriga Nacional çeşidi) ile kahverengi (Arinto çeşidi) arasında değişen çekici renklere sahip üzüm posası unu ile farklı oranlarda ikame edilmesiyle (%5, %10 ve %15) kraker üretmiştir. Üretilen krakerlerde kullanılan posa ununun gluten gelişimini ve nişasta içeriğini azalttığını, ancak lif içeriğini artırdığını rapor etmiştir.

Aghamirzaei vd. (2015), üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle elde edilen un karışımlarında yaş gluten miktarında belirli oranlarda dalgalanmalar gözlemlemişlerdir. Özellikle %10 oranında üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle en yüksek yaş gluten değeri (%28,02) elde edilirken, %25 oranındaki ilavede bu değer %25,67'ye gerilemiştir. Bu durum, üzüm çekirdeği tozunun gluten matrisi üzerinde etkili olduğunu ve bu etkinin katkı miktarına bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Gluten yapısındaki bu tür değişikliklerin, hamurun işlenebilirliği ve nihai ürün kalitesi açısından önem taşıdığı bildirilmiştir.

Bender vd. (2016), gluten indeks değerleri açısından una katılan iki farklı üzüm çeşidini (Riesling ve Tannat) değerlendirildiğinde, her iki üzüm kabuğu unu türünün artan oranları (%5, %7,5 ve %10) ile birlikte un örneklerinin gluten indeks değerlerinde düşüş eğilimi gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Riesling ilavelerinde kontrol örneğinde gluten indeks değeri %97'den %83,80'e kadar düşerken; Tannat cinsi üzüm kabuğu unu ilavelerinde bu değer %74,40'a kadar gerilemiştir. Bu bulgu, özellikle Tannat cinsinin gluten yapısı üzerinde daha baskın bir negatif etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Gluten indeksindeki bu düşüş, glutenin su tutma kapasitesinin, esnekliğinin ve yapısal bütünlüğünün azaldığını, dolayısıyla Tannat üzüm kabuğu unu ilavesiyle elde edilen hamurların işlenebilirliğinin ve gaz tutma kapasitesinin olumsuz etkilenebileceğini ortaya koymuştur. Tannat cinsi üzüm kabuğu ununun gluten ağını zayıflatıcı etkisi yine içerdiği yüksek düzeydeki fenolik bileşiklerle ilişkilendirmiştir. Bu bileşiklerin, gluten proteinleriyle etkileşerek ağ yapısını bozduğu ve hamurun elastikiyetini azalttığı düşünülmektedir. RSF ilavesinde ise bu etki daha sınırlı kalmıştır, bu da Riesling kabuklarının fenolik profilinin gluten matriksi ile daha az etkileşime girdiği veya protein yapılarına daha az zarar verdiği şeklinde ifade edilmiştir.

4.2.5. Sedimentasyon analizi ve nişasta zedelenmesi sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK un örneklerinde yapılan analizlerde sedimentasyon değerleri 38-40 ml arasında, gecikmeli sedimentasyon değerlerinin ise 46,333-58,333 ml arasında değiştiği ölçülmüştür (Çizelge 4.6). Kontrol grubu ve HPK un örneklerinde yapılan nişasta zedelenmesi sonuçlarının ise %25,70-26,90 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Tüm sonuçlara ait grafikler ise Şekil 4.5'te bir bütün halinde verilmiştir. Bilindiği üzere sedimentasyon değeri, unun protein kalitesini ve gluten gücünü yansıtmaktadır (Zhou vd., 2024). Bu kapsamda elde edilen sonuçlara göre, kontrol örneğinde 40 ml olan sedimentasyon değeri, %7,5 HPK katkılı unda 36,667 ml'ye düşmüştür ($p<0,05$). Diğer yandan, gecikmeli sedimentasyon testi, unun süne zararına uğrayıp uğramadığını belirlemede kullanılmaktadır (Gong vd., 2023). Bu açıdan, kontrol örneğinde 58,333 ml olan değer, %7,5 HPK katkılı unda 46,333 ml'ye düştüğü kaydedilmiştir. Türk Gıda Kodeksi (2013)'nin un tebliğine göre ekmeklik unlarda sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değeri en az 30 ml olması gerekmektedir. Buna göre, ekmek örneklerinde elde edilen tüm sonuçlar bu değerlerin üzerindedir, ancak ekmek formülasyonunda katkı miktarı arttıkça söz konusu değerlerde meydana gelen düşüş, HPK'nın unlarda gluten kalitesini etkilediğini göstermektedir. Nişasta

zedelenmesi, unun su emme kapasitesini ve hamur özelliklerini etkilemektedir. Elde edilen sonuçlar kontrol ve HPK ekmeklerde nişasta zedelenmesi seviyelerinin benzer nitelikte olduğunu göstermiştir ($p>0,05$). Nitekim bu durum hardaliye posası katkısının nişasta zedelenmesi üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını gösterse de, özellikle depolama süresince söz konusu parametrelerin değişiminin de izlenmesi oldukça önem taşımaktadır.

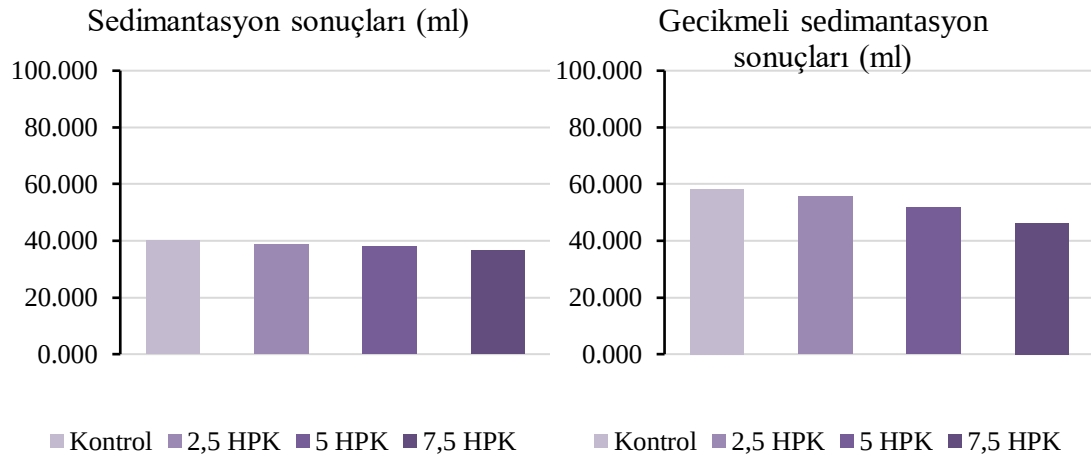
Çizelge 4.11. Un örneklerinin sedimantasyon ve nişasta zedelenmesi sonuçları

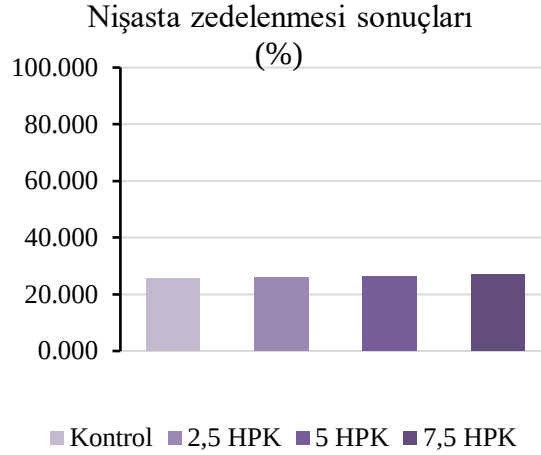
Analizler	Sedimantasyon (ml)	Gecikmeli Sedimantasyon (ml)	Nişasta Zedelenmesi (%)
Kontrol	40,000±0,000 ^A	58,333±5,773 ^A	25,700±0,888 ^A
%2,5 HPK	38,667±0,577 ^{AB}	55,667±4,618 ^{BA}	26,167±1,159 ^A
%5 HPK	38,000±1,000 ^{BC}	51,667±0,577 ^{BA}	26,200±1,300 ^A
%7,5 HPK	36,667±0,577 ^C	46,333±4,932 ^B	26,900±0,721 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistik olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.





Şekil 4.5 Sedimentasyon analizi ve nişasta zedelenmesi analiz sonuçları

Aghamirzaei vd. (2015), ekmeklik buğday ununa üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle örneklerin Zeleny sedimentasyon değerlerinde düşüş eğilimi gözlemlemişlerdir. Kontrol grubunda 26,3 ml olan sedimentasyon değeri, %25 oranında üzüm çekirdeği tozu ilavesiyle 12,20 ml'e kadar gerilemiştir. Bu azalma, protein kalitesinde bir zayıflamaya işaret etmiş ve özellikle yüksek düzeyde toz ilavesinin hamurun reolojik özellikleri ile teknolojik kalite üzerine olumsuz etkiler yaratabileceğini göstermiştir. Çalışma neticesinde fonksiyonel katkıların kullanımında optimal oranların belirlenmesinin önem arz ettiği vurgulanmıştır.

4.2.6. Enzim aktivitesi (düşme sayısı/falling number) analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK un örneklerinde yapılan analizlerde enzim aktivitesini açıklayan düşme sayısı ve mikrobiyal düşme sayısı sonuçları Çielge 4.7'de verilmiş olup, sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre tüm örneklerin düşme sayısının 306,667-373,000 sn arasında, mikrobiyal düşme sayısının ise 73,333-80,667 sn arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Unların hardaliye posası ile zenginleştirilmesinin düşme sayısında kademeli bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda, söz konusu değerlerin %2,5 HPK un örneğinden itibaren azalmaya başladığı ve en düşük değerlerin %7,5 HPK un örneğinde $306,667 \pm 2,516$ sn olduğu kaydedilmiştir ($p < 0,05$). Diğer yandan, posa ilavesinin örneklerin mikrobiyal düşme sayısında bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

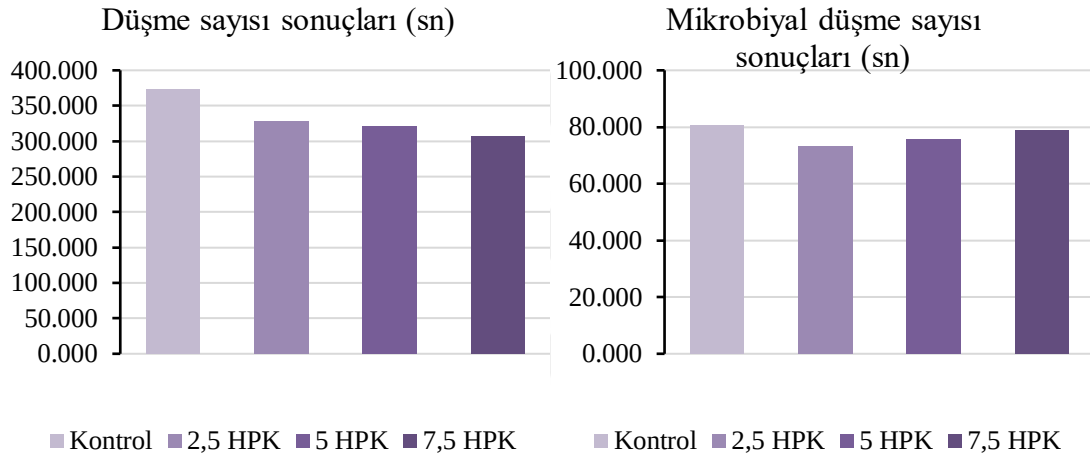
Çizelge 4.12. Un örneklerinin enzim aktivitesi analiz sonuçları

Analizler	Düşme Sayısı (sn)	Mikrobiyal Düşme Sayısı (sn)
Kontrol	373,000±6,082 ^A	80,667±6,658 ^A
%2,5 HPK	328,667±9,291 ^B	73,333±2,309 ^A
%5 HPK	321,333±8,144 ^{BC}	75,667±1,527 ^A
%7,5 HPK	306,667±2,516 ^C	79,000±6,082 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.



Şekil 4.6 Enzim aktivitesi analiz grafikleri

Düşme sayısı, unun enzimatik aktivitesini ve alfa-amilaz aktivitesini göstermektedir (Kiszona vd., 2018). Bu kapsamda, mevcut çalışmada edilen sonuçlar HP (hardaliye posası) katkısının enzimatik aktiviteyi arttırdığı ifade edilebilir. Mikrobiyal düşme sayısı ise, unun mikrobiyal kontaminasyon seviyesini ifade etmektedir (Curic vd., 2002). Bu açıdan, tüm örneklerde benzer mikrobiyal düşme değerlerinin elde edilmesi HP katkısının mikrobiyal kontaminasyon üzerinde belirgin bir etkisi olmadığını göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi (2013) Un Tebliği'ne göre ekmeklik unlarda düşme sayısının en az 250 sn olması gerekmektedir. Mădălina ve Mironeasa (2019) yaptıkları çalışmada buğday ununa üzüm çekirdeği unu (GSF, %3, %5, %7 ve %9) ilavesinin düşme sayısı üzerindeki etkilerini incelemişler, elde edilen verilere göre üzüm çekirdeği unu oranındaki artışa paralel olarak düşme sayısı değerlerinde azalma gözlemlemişlerdir. Örneğin, GSF içermeyen kontrol

grubunda düşme sayısı 370,5 saniye iken, %9 oranında küçük partikül boyutlu üzüm çekirdeği unu ilavesi yapılan örnekte bu değer 334 saniyeye düşmüştür. Bu durum, üzüm çekirdeği ununun buğday ununun enzimatik aktivitesini artırıcı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Düşme sayısı, unun α -amilaz enzim aktivitesini yansıtan önemli bir parametredir. A-amilaz, nişastayı parçalayarak jelatinizasyon sürecini etkiler. Düşme sayısındaki azalma, α -amilaz aktivitesinin arttığını ve nişastanın daha erken parçalandığını gösterir (Kiszonas vd., 2018). İlgili çalışmada un örneklerinin düşme sayılarında meydana gelen bu değişim, üzüm çekirdeği ununun içerdiği doğal bileşikler veya lif/yağ oranları sayesinde hamurun su tutma kapasitesini ve enzimlerin etkili olma süresini değiştirmesiyle ilişkilendirilmiştir. Ancak bu etkinin her zaman olumlu olmadığı, düşme sayısının fazla düşmesinin, hamurun gevşek bir yapıya sahip olmasına, ekmek hacminin azalmasına ve pişirme sırasında yapısal sorunların ortaya çıkmasına neden olabileceği bildirilmiştir. Bu nedenle üzüm çekirdeği ununun miktarı ve partikül boyutunun kontrollü şekilde ayarlanması, unun teknolojik özelliklerini koruyarak fonksiyonel katkının sağlanması açısından önemlidir.

Mironeasa vd. (2011), üzüm çekirdeği unu ilavesi ile birlikte unların düşme sayısı değerinde kademeli bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Kontrol grubunda 459,50 sn olan düşme sayısı değeri, %3, %5 ve %7 çekirdek unu ilaveleriyle birlikte sırasıyla 443,50 sn, 428,75 sn ve 414,25 sn'ye düşmüştür. Bu azalma, üzüm çekirdeği unu ilavesinin nişasta enzimatik aktivitesini artırarak jelatinizasyon sürecini hızlandırabileceğini göstermiştir.

Bender vd. (2016) üzüm kabuğu (Riesling cinsi) unu ilavesiyle hazırlanan un karışımlarında düşme sayısı değerlerinin, kontrol örneğine (352 s) yakın seviyelerde kaldığını bildirmişlerdir. %5, %7,5 ve %10 üzüm kabuk unu ilavelerinde un örneklerinde sırasıyla 342 s, 334 s ve 327 s değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, Riesling cinsi unun nişasta parçalayıcı enzim aktivitesi üzerinde sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Düşme sayısı değerlerindeki bu kısmi azalmaların, hamurun fermantasyon sürecini olumsuz etkilemeyecek düzeyde olduğu ifade edilmiştir. Buna karşın düşme sayısı değerleri incelenen diğer üzüm cinsine ait (Tannat) üzüm kabuğu unu katkılı un örneklerinde bu değerler daha düşük seviyelere gerilemiştir. %5, %7,5 ve %10 kabuk unu ilave ile elde edilen un örneklerinde düşme sayısı değerleri sırasıyla 305 s, 294 s ve 289 s olarak ölçülmüştür. Özellikle %10 ilaveli örnek, kontrol grubuna kıyasla 63 saniyelik bir düşüş göstermiştir. Bu durum, Tannat cinsi üzüm kabuğu ununun α -amilaz enzim

aktivitesini daha fazla baskılamasıyla ve dolayısıyla nişasta hidrolizini sınırlamasıyla açıklanmıştır. Yüksek düşme sayısı değerlerinin, unun enzimatik aktivitesinin zayıf olmasına neden olduğu ve bu nedenle mayalanma sürecinde hamurun kabarma kapasitesinin azalabileceği ifade edilmiştir.

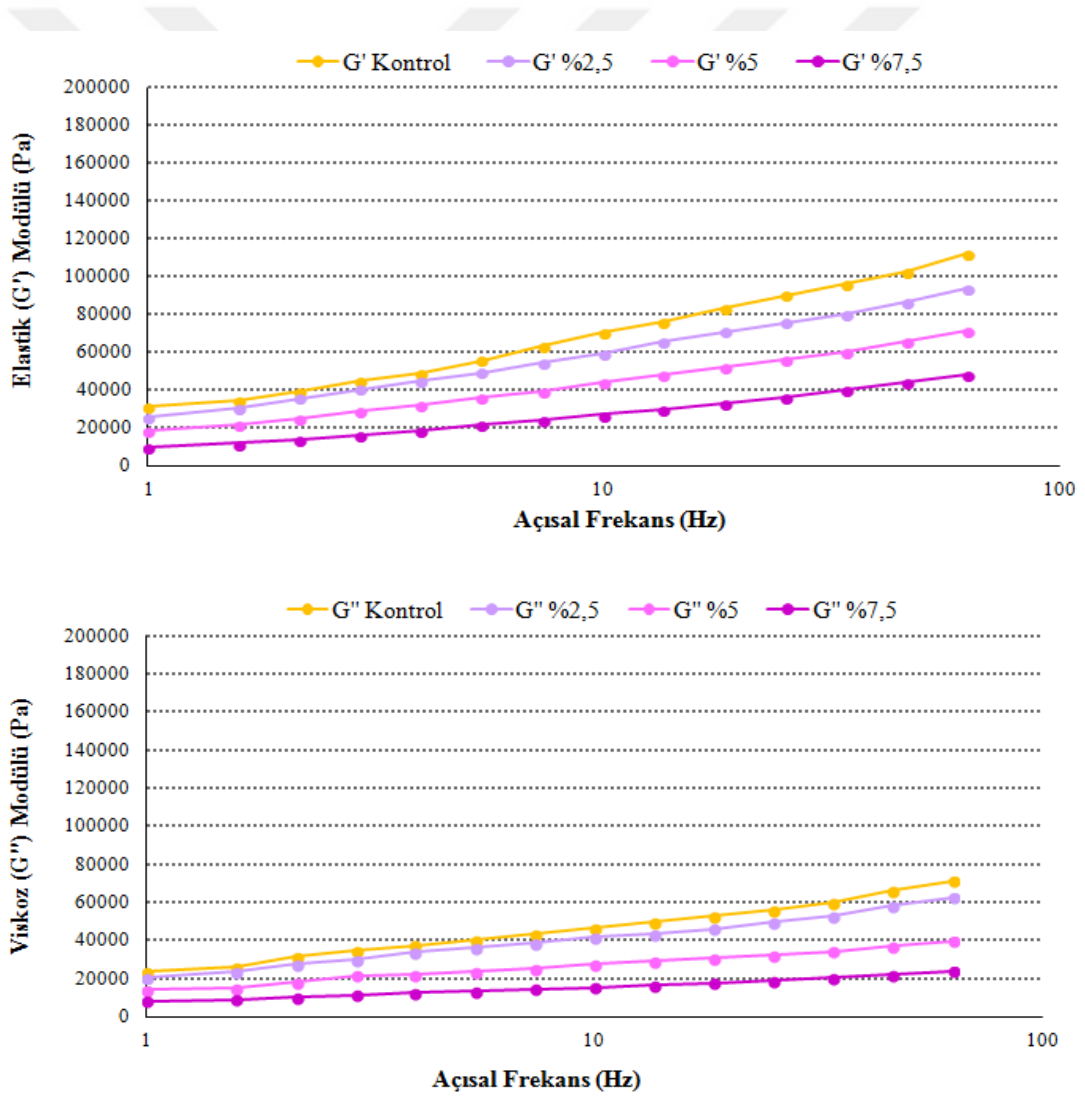
4.2.7. Reoloji analiz sonuçları

Çalışma kapsamında üretimi yapılan tüm hamurların reolojik davranışları frekans tarama testi ile incelenmiş olup, bu kapsamda elde edilen depo (elastik) modülü (G' , storage modulus) ile kayıp (viskoz) modülü (G'' , loss modulus) değerlerine ait sonuçlar Şekil 4.7'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, inceleme yapılan tüm frekans aralığında, tüm örneklerin depo modülünün (G') kayıp modülünden (G'') daha yüksek olduğu belirlenmiş olup, bu reolojik davranışın hamur numunelerinin viskoz karakterden daha elastik bir davranışı, yani katı benzeri davranışı gösterdiğini ortaya koymuştur. Diğer yandan, tüm örneklerin G' ve G'' modüllerinin frekans artışıyla doğrusal bir şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 4.7).

Gıda işleme sonucu açığa çıkan bitkisel orijinli yan ürünlerin ve/veya atıkların diyet lifleri ve antioksidanlar açısından zengin doğal hammaddeler olarak çeşitli formülasyonlarda kullanılması fonksiyonel ürün geliştirmek amacıyla potansiyel bir avantaj sağlamaktadır. Ancak, ekmek formülasyonunda buğday ununun bu lif açısından zengin bileşenlerle kısmen ikame edilmesi hamur reolojisinde değişikliklere yol açmakta olup dolayısıyla nihai ürünün özelliklerini etkilemektedir. Bu kapsamda, buğday unundan elde edilen hamurun reolojik özelliklerinin derinlemesine anlaşılması, yüksek kaliteli fırın ürünleri elde etmeye çalışan ekmek üreticileri için oldukça önemlidir. Bu nedenle, ekmek gibi fırın ürünlerinin üstün kalitede üretilmesini sağlamak için bu özellikler titizlikle dikkate alınmalıdır (Zarzycki vd., 2024).

Ekmek ürünlerinde kalitenin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi kapsamlı bir hamur reolojisi bilgisine bağlıdır. Bu nedenle, hamurun reolojik davranışı hakkında derin bir bilgi edinmek ve ölçülen reolojik verilerin doğruluğunu sağlamak esastır. Ancak, buğday unu hamurunun doğrusal (linear) ve doğrusal olmayan (non-linear) özelliklerini simüle etmek için tüm doğru moleküler ve yapısal argümanlara sahip bir model bulmak, buğday unu hamurlarının karmaşık yapısı nedeniyle kompleks bir durum olup, bu durum hamur oluşumunda unun haricinde formülasyona katılan su, tuz, maya ve koruyucu maddelerin karıştırma sırasında hamurun reolojik özelliklerini önemli ölçüde değiştirmesinden

kaynaklanmaktadır (Dhanasekharan vd., 2001; Hosseinalipour vd., 2012). Nitekim, mevcut kompleks duruma rağmen buğday unundan elde edilen hamurun reolojisi birçok bilimsel araştırmanın konusunu olmuştur olup geçmişten günümüze hamurun akış davranışını etkileyen parametreleri deneysel ve teorik olarak değerlendirmek amacıyla farklı yaklaşımlar literatüre kazandırılmıştır. Bu kapsamda, Schofield ve Scott Blair (1932; 1933a; 1933b; 1937) tarafından buğday unu hamurlarının akış davranışını inceleyen çalışmalar öncül niteliğinde kabul edilebilir. Literatürde bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan bilgi birikimi neticesinde buğday unu hamuru, "Hookean katısı"nın özelliklerini "Newton olmayan" viskoz bir sıvının özellikleriyle birleştiren viskoelastik bir malzeme olarak tanımlanmaktadır (Faubion ve Hoseneý, 1990; Georgopoulos vd., 2004).



Şekil 4.7 Ekmek hamurlarının elastik (G') ve viskoz (G'') modüllerine ait sonuçlar

Hamur reolojisi üzerinde birincil etkiye sahip olan çok çeşitli faktörler yer almaktadır. Bunlar arasında su miktarı, esterleştirici ajanların varlığı, tuzlar, disülfür (SS) bağını etkileyen ajanlar, mevcut protein alt birimlerinde değişiklik yaratan formülasyon ikamelerinin yer aldığı belirtilebilir. Diğer yandan, hamur karışımına eklenen ve genel olarak işleme yardımcıları olarak sınıflandırılabilir ve akış davranışı üzerinde ikincil etkilere sahip olabilecek çok çeşitli bileşen de bulunmaktadır. Bu kapsamda, hamur bileşiminde kullanılan su, hamurun viskoelastik özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynamakta olup su içeriği arttıkça depo modülü ve kayıp modülünde düşüşe neden olmaktadır. Diğer yandan, dinamik özellikleri orantılı olarak azaltan suyun, optimum oranda kullanıldığında elzem niteliğinde olup gevşemeyi arttıran bir yağlayıcı olarak da rolü bulunmaktadır. Hamur reolojisinde ve ekmek kalitesinde gluten miktarı ve buna bağlı olarak alt birimlerinin doğasının etkisi de oldukça önemlidir (Amjid vd., 2013).

Bu çerçevede, çalışma kapsamında hamur bileşiminde kullanılan buğday ununun %2,5, %5 ve %7,5 oranlarında hardaliye posası ile ikame edilmesine bağlı gluten miktarındaki seyrelme ve aynı zamanda posanın özellikle lif içeriği, çeşitli oligosakkaritleri ve pektin gibi materyalleri içeriyor olması Şekil 4.7'de görüldüğü üzere hem depo modülü ve hem de kayıp modülünde kontrol hamuruna kıyasla düşüşe neden olmuştur. Söz konusu bu etki, özellikle %5 ve %7,5 posa katkılı örneklerde daha belirgin olarak meydana gelmiştir. Elde edilen bu sonuç farklı potansiyel etkiler ile açıklanabilir; çalışma kapsamında üretilen ekmek hamuru formülasyonlarında su miktarı Çizelge 3.1.'de görüldüğü üzere sabit olup posa orijinli lif kaynağının gluten ile arasındaki su absorpsiyonunda baskın gelerek gluten yapısında zayıflamaya/seyrelmeye neden olmuş olabilir. Morris ve Morris (2012) formülasyona özellikle çözünür liflerin eklenmesinin su emilimi, hamur gelişimi, elastikiyet ve yapışkanlık açısından hamur özellikleri üzerinde olumsuz etkilere yol açabileceği belirtilmiştir. Diğer yandan, unun hardaliye posası ile ikamesine bağlı olarak nişasta-gluten matrisini etkileyip bu durumun hamurun gaz tutulmasını bozarak bir nevi seyreltme etkisi (Rubel vd., 2015) meydana getirmesidir. Son olarak, hamur formülasyonunda yapılan ikame (un yerine katılan diğer ürün) miktarına bağlı olarak gluten yapısında meydana gelen seyrelme etkisinin de bu sonuçlarda etkili olduğu ifade edilebilir. Nitekim, Jiang vd. (2022) tarafından yapılan araştırmada ekmek üretiminde kavrulmamış keten tohumu posası unu ilavesinin %25'e kadar arttırılmasının gluten ağının bozulmasına neden olarak ekmeğin su absorpsiyonunda azalmaya yol açabileceği vurgulanmış olup bu durumun ekmek veriminde önemli bir düşüşe neden olduğu

belirlenmiştir. Diğer yandan, söz konusu çalışmada, farklı partikül boyutlarına sahip katkı miktarının özellikle daha küçük partikül boyutuna sahip örneklerde gluten ağının hasar görmesini azalttığı ve böylece pişirme sırasında ekmekte daha fazla su tutulması sağladığı kaydedilmiştir (Jiang vd., 2022). Benzer şekilde, Lin vd. (2020) tarafından partikül boyutundaki azalmanın yalnızca gluten ağını iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda fermantasyon (mayalanma) sırasında gaz tutulmasında artışa yol açabileceği de bildirilmiştir. Rubel vd. (2015), bitkisel kaynaklı (*Helianthus tuberosus* L.) inülin açısından zengin karbonhidrat tozu katkı miktarının (5,0 g) hamur örneklerinde depo modülünü düşürdüğünü ve hamur yapısını zayıflatıldığını tespit etmişlerdir. İnülinin hamur mukavemeti üzerindeki bu zayıflatıcı etkisinin, lif ikamesinin inülin-gluten veya inülin-inülin etkileşimleri nedeniyle nişasta-gluten matrisini bozması, hamurun viskoelastik davranışını etkilemesi ve hamurun işlenebilirliğini ve gaz çıkarma gücünü kısıtlamasına bağlanmıştır.

Salınım testleri numunenin nem içeriğine karşı oldukça hassastır. Bu kapsamda, hem depo modülü (G') hem de kayıp modülü (G'') hamurların su içeriği arttıkça azalma eğilimindedir (Autio vd., 2001). Bununla birlikte, farklı buğday unlarından hazırlanan hamurlara ait reolojik çalışmalar, dinamik ölçümlerin nişasta-nişasta, nişasta-protein ve protein-protein etkileşimlerinden etkilendiğini göstermiştir (van Rooyen vd., 2023). Diğer yandan, dinamik salınım analizleri hamurun reolojik davranışının belirlenmesinde tek başına yeterli bir ölçüt olmayıp özellikle deformasyon parametrelerinin genellikle pratik işleme koşullarını birebir yansıtmadığı belirtilmiştir (Dobraszczyk ve Morgenstern, 2003). Dolayısıyla bütüncül bir yaklaşımla çalışma kapsamında yapılan farinograf ve ekstensograf analizlerinde posa katkılı örneklerle ait elde edilen sonuçlarda kritik farklılıkların gözlenmemesi, diğer yandan özellikle %2,5 ve %5 posa katkılı örneklerin reolojik davranışlarının kontrol örneğine nispeten yakın olması çalışma kapsamında değerlendirilen bu ikame oranlarının ekmek üretiminde kullanım potansiyeli barındırdığı ifade edilebilir.

4.3. Ekmeklerde yapılan analiz sonuçları

4.3.1. Su aktivitesi, nem (%), pH ve ham kül (%) analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK ekmek örneklerinde yapılan analizlerde elde edilen su aktivitesi, nem (%), pH ve ham kül (%) sonuçları Çizelge 4.8'de, sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre tüm örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0,887-0,924 arasında, nem miktarlarının %39,460-42,784 arasında, pH

değerlerinin 4,493-5,183 arasında, ham kül değerlerinin ise %0,836-0,899 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol örneği ile %7,5 HPK ekmek örneğinde su aktivitesi değerleri birbirine benzer nitelikte olup en yüksek değerleri paylaşıırken ($p>0,05$), en düşük değer %2,5 HPK ekmek örneğinde tespit edilmiş olup bu sonucun %5 HPK ekmek örneğe ait sonuç ile arasında istatistiksel olarak farklılık olmadığı tespit edilmişti ($p>0,05$). Diğer yandan, nem değerleri ele alındığında en yüksek değer %2,5 HPK ekmek örneğinde %42,784 olarak tespit edilirken ($p<0,05$), en düşük nem değerinin kontrol örneğinde (%39,460) olduğu belirlenmiş ($p<0,05$), %5 ve %7,5 HPK ekmek örneklerine ait nem sonuçlarının ise birbirine benzer olduğu kaydedilmiştir ($p>0,05$). Örneklerin pH değerlerine bakıldığında, en yüksek pH değerinin kontrol ekmeğinde ($5,183\pm0,015$) olduğu ve HPK miktarına bağlı olarak pH değerlerinde anlamlı bir düşüş meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu kapsamda en düşük pH değerinin %7,5 HPK ekmek örneğine ait olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Diğer yandan tüm örneklerin % kül değerleri arasında HPK miktarına bağlı olarak sayısal bir artış gözlenirse de bu durumun sonuçlarda anlamlı bir farklılık yaratmadığı kaydedilmiştir ($p>0,05$).

Türk Gıda Kodeksi (2013) Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'nde ekmek için nem değerinin en çok %38, tam buğday ekmeği, tam buğday unlu ekmek ve mısırlı ekmek için %42, çavdarlı, kepekli ve yulaflı ekmek için en çok %43 olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmamızda, kontrol örneği de dahil olmak üzere elde edilen tüm nem değerlerinin standart ekmek için belirtilen değerden (%38) nispeten yüksek olduğu görülmektedir. Ancak, ekmeğin nem değeri birçok etkenden etkilenmekte olup özellikle formülasyonda gidilen değişikliklere ve pişirme esnasında kullanılan ekipmanlar ile pişirme süre ve sıcaklığına bağlı olarak farklılık göstermektedir (Vanin vd., 2013; Bredariol vd., 2019). Diğer yandan, bir bütün halinde bir değerlendirme yapıldığı takdirde ekmek üretiminde hardaliye posası kullanımının örneklerin su aktivitesi ve nem değerlerinde kontrol örneğine kıyasla kayda değer bir artış veya azalışa sebep olmadığı belirtilebilir.

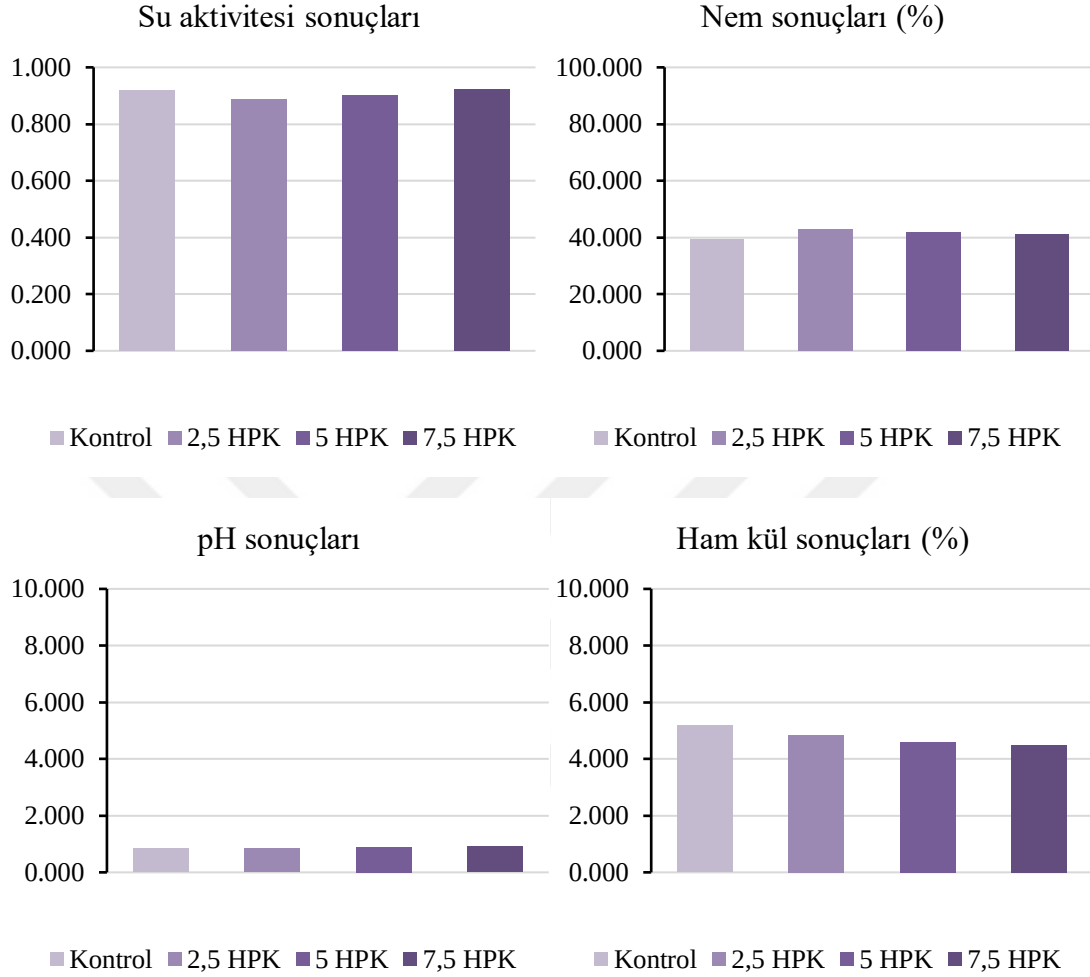
Çizelge 4.13. Ekmek örneklerinin su aktivitesi ve nem analiz sonuçları

Analizler	Su aktivitesi	Nem (%)	pH	Kül (%)
Kontrol	$0,918\pm0,007^{AB}$	$39,460\pm0,404^C$	$5,183\pm0,015^A$	$0,836\pm0,005^A$
%2,5 HPK	$0,887\pm0,002^C$	$42,784\pm0,433^A$	$4,847\pm0,042^B$	$0,852\pm0,051^A$
%5 HPK	$0,902\pm0,005^{BC}$	$41,700\pm0,258^B$	$4,603\pm0,015^C$	$0,879\pm0,061^A$
%7,5 HPK	$0,924\pm0,013^A$	$40,934\pm0,481^B$	$4,493\pm0,020^D$	$0,899\pm0,042^A$

Değerler $\pm$ standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p < 0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.



Şekil 4.8 Ekmeklerin su aktivitesi, nem (%), pH ve ham kül (%) analiz sonuçları

Literatürde farklı ekmek türlerinin çeşitli katkı maddeleriyle zenginleştirme işleminin yapıldığı çalışmalara bakıldığında, Tolve vd. (2021) üzüm posası tozu ile zenginleştirilmiş ekmeğin (0, 5 ve 10 g/100 g) su aktivitesi ve nem içeriklerinin sırasıyla 0,960-0,970 ile %40,58-43,47 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Elde edilen bu sonuçlar özellikle nem değerleri açısından mevcut çalışma sonuçları ile benzerlik taşımaktadır. Söz konusu çalışmada üzüm posası katkılama işleminin ekmek örneklerinin nem değerlerini sayısal olarak düşürse de bu düşüşün kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirtilmiştir. Meyve suyu sektöründe açığa çıkan üzüm posasının ekmek üretiminde değerlendirildiği farklı bir çalışmada, kontrol ekmeği ile

%2,5, %5 ve %10 oranında üzüm posası katkılanarak üretimi yapılan ekmeklerin su aktivitesi değerleri arasında herhangi bir farklılık olmadığı ve tüm örneklerin su aktivitesi değerlerinin 0,90-0,93 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Hayta vd., 2014). Soğuk sıkım (cold press) ile yağı alınmış üzüm çekirdeği tozunun ekmek üretiminde kullanıldığı bir çalışmada %2,5, %5, %7,5 ve %10 oranında toz katkısının ekmeklerin nem değerinde önemli bir değişiklik yaratmadığı ve tüm ekmeklerin nem değerinin %40,0-40,7 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Vasiliev vd., 2025). Farklı bir çalışmada, çeşitli oranlarda barbunya unu (%0, 5, 10, 15, 20, 25) katkılanarak üretilen ekmeklerin su aktivitesi ve nem içeriği değerlerinin sırasıyla 0,8836-0,8291 ile %29,05-36,43 arasında değiştiği belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada barbunya unu katkısı yüzdesi arttıkça ekmeklerin nem içeriğinin azaldığı; ancak bu azalışın %25 oranında barbunya unu katkısından sonra istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir (Dirim vd., 2014). Dikenli Hint inciri (*Opuntia ficus indica*) kabuğu tozunun ekmek bileşimine besin ve biyoaktif bileşen kaynağı olarak farklı miktarlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) eklenmesinin incelendiği bir çalışmada, tüm örneklerin su aktivitesi ve nem değerlerinin sırasıyla 0,880-0,910 ile %20,90-26,93 arasında değiştiği ve toz katkı miktarı arttıkça ekmeklerin nem değerlerinde mevcut sonuçların aksine kontrol örneğine kıyasla artış görüldüğü, %20 Hint inciri kabuğu tozu ile üretilen ekmeğin nem değerinin en yüksek sonuç (%26,93) olarak tespit edildiği ifade edilmiştir (Parafati vd., 2020). Yüksek lifli ekmek üretiminde buğday ununun bakla kabuğu tozu ile zenginleştirilmesi üzerine yapılan başka bir çalışmada, kontrol ve %11, %21 ile %31 oranında toz katkısı yapılarak üretilen ekmeklerin nem değerleri sırasıyla %34,68, %37,31, %39,57 ve %39,50 olarak tespit edilmiş olup, zenginleştirme işleminin ekmek örneklerinin nem değerini arttırdığı belirlenmiştir (Ni vd., 2020).

Tolve vd. (2021) tarafından üzüm posası tozu ile zenginleştirilmiş ekmeğin (0, 5 ve 10 g/100 g) pH değerlerinde kontrole kıyasla önemli ölçüde azalma olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada kontrol ekmeğin pH değeri $5,73 \pm 0,3$ olarak kaydedilirken, 5 ve 10 g/100 g üzüm posası katkılı ekmeklerin pH değeri sırasıyla $4,44 \pm 0,03$ ve $3,98 \pm 0,01$ olarak kaydedilmiştir ($p < 0,05$). Elde edilen bu sonuçların glutenin çözünürlüğünü ve dolayısıyla gluten ağının stabilitesi düşürebileceği belirtilmiştir. Subiria-Cueto vd. (2025) tarafından üzüm posası ve pikan/pekan (*Carya illinoensis*) cevizi kabuğunun bir arada katkılanarak üretilen ekmekler üzerine yapılan çalışmada kontrol, %8 üzüm posası+ %5 pikan/pekan cevizi kabuğu, %5 üzüm posası+ %5 pikan/pekan cevizi kabuğu ve %5 üzüm

posası+ %2 pikan/pekan cevizi kabuğu katkılı örneklerin ortalama pH değerlerinin sırasıyla “5,5”, “4,7”, “5,1” ve “5,0” olduğu, ortalama kül değerlerinin ise sırasıyla “2,1”, “2,9”, “2,7” ve “2,7” olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlardan hareketle üzüm posası kaynaklı fenolik bileşiklerin varlığı nedeniyle üzüm posası katkısı içeren tüm formülasyonların pH değerinin kontrolden daha düşük olduğu belirtilmiştir ($p<0,05$). Mildner-Szkudlarz vd. (2011) tarafından ekşi mayalı karışık çavdar ekmeğinde diyet lifi ve fenolik bileşik kaynağı olarak şarap üretiminde açığa çıkan kırmızı üzüm posasının %4, %6, %8 ve %10 oranlarında kullanılarak üretilen ekmeklerde kül miktarı sırasıyla %1,54, %1,66, %1,73 ve %1,82 olarak tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada, elde edilen tüm bu değerlerin kontrol ekmeğinden (%1,29) daha yüksek olduğu ve üzüm posası kullanımının tüm örneklerin kül seviyesinde önemli bir artışa neden olduğu ifade edilmiştir ($p<0,05$).

Türk Gıda Kodeksi (2013) Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği’nde ise ekmek için kuru maddedeki kül değeri (tuz hariç) (m/m) en az 0,65, en çok 1,1 olarak bildirilmiştir. Buna göre bir değerlendirme yapıldığında, araştırma sonuçlarımızın (%0,836-0,899) belirtilen limit değerler arasında olduğu görülmektedir. Parafati vd. (2020) tarafından yapılan farklı bir çalışmada ekmek üretiminde biyoaktif ve fonksiyonel bir bileşen olarak dikenli Hint inciri (*Opuntia ficus indica*) kabuğu tozunun kullanımıyla elde edilen örneklerde kontrol ekmeğinin pH değeri $5,57\pm0,03$ olarak belirlenirken, %5, %10, %15 ve %20 kabuk tozu katkılı ekmeklerin pH değerinin sırasıyla $5,48\pm0,05$, $5,57\pm0,01$, $5,52\pm0,04$ ve $5,34\pm0,02$ olduğu tespit edilmiştir. Yüksek lifli ekmek üretiminde buğday ununun bakla kabuğu tozu ile zenginleştirilmesi üzerine yapılan başka bir çalışmada, kontrol ve %11, %21 ile %31 oranında toz katkısı yapılarak üretilen ekmeklerin kül değerleri sırasıyla %1,74, %1,90, %1,64 ve %2,10 olarak tespit edilmiş olup, zenginleştirme işleminin ekmeklerin kül değerini genel olarak arttırdığı belirtilmiştir (Ni vd., 2020).

4.3.2. Renk analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK ekmek örneklerinde yapılan renk analiz sonuçları Çizelge 4.9’da, sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.9’da gösterilmiştir. Buna göre ekmek örneklerinin L^* (parlaklık) değerlerinin 30,774-67,536 arasında, a^* (kırmızılık) değerlerinin -3,364 ile +8,794 arasında, b^* (sarılık) değerlerinin ise 5,310-19,408 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

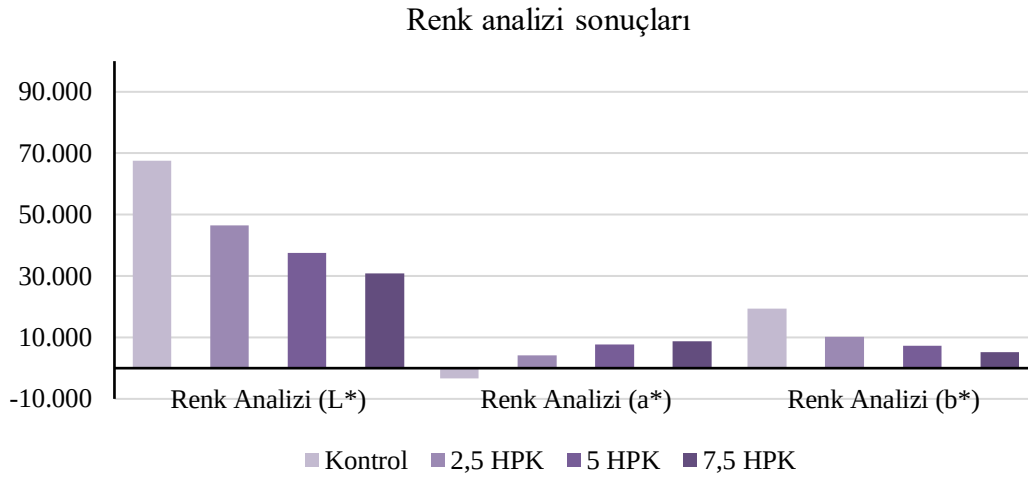
Çizelge 4.14. Ekmek örneklerinin renk analiz sonuçları

Analizler	L*	a*	b*
Kontrol	67,536±1,461 ^A	-3,364±0,192 ^A	19,408±1,341 ^A
%2,5 HPK	46,538±1,436 ^B	4,182±0,126 ^B	10,250±0,581 ^B
%5 HPK	37,430±1,933 ^C	7,726±0,434 ^C	7,204±0,256 ^C
%7,5 HPK	30,774±0,173 ^D	8,794±0,398 ^D	5,310±0,505 ^D

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı sütunda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p<0,05$).

HPK: Hardaliye posası katkılı.



Şekil 4.9 Çalışma kapsamında ürettiği örneklerin renk analiz sonuçları

Tolve vd. (2021), üzüm çekirdeği ilaveli (%5 ve %10) buğday unuyla yapılan ekmeklerin kabuk ve iç kısımlarında yaptıkları renk analizlerinde, kontrol grubu örneğinde kabuk kısmının L*, a* ve b* değerlerini sırasıyla 59,92, 6,90 ve 27,71 olarak ölçmüşlerdir. Üzüm çekirdeği unu ilavesiyle birlikte kabuk kısmında önemli renk değişimleri gözlenmiştir; %5 ve %10 ilaveli örneklerde L* değeri anlamlı şekilde azalmış; %5 ilaveli örnek için 55,47, %10 ilaveli örnek için 52,25 olarak belirlenmiş olup bu durum kabuk renginin koyulaştığını göstermiştir. Benzer şekilde, a* ve b* değerlerinde de düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum, üzüm çekirdeği ununun ekmek kabuğunda kırmızımsı ve sarı tonları baskıladığına işaret etmiştir. Kontrol örneğine göre renk farkı, %5 ve %10 için sırasıyla 14,61 ve 18,28 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, üzüm çekirdeği unu ekmeklerin kabuk renginde belirgin değişiklikler oluşturmuştur. İç kısmında da benzer

bir eğilim gözlemlenmiştir; kontrol örneği 64,78 L* değeri ile en açık renge sahip olarak belirlenirken, %5 ve %10 üzüm çekirdeği unu ilavesiyle bu değerler sırasıyla 48,34 ve 47,43'e gerilemiştir. Kırmızılık (a*) değeri üzüm çekirdeği unu oranı arttıkça yükselmiş; bu durum üzüm çekirdeği ununun ekmeğin iç kısmına daha fazla kırmızı ton kazandırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Örneklerin b* değerlerinde ise anlamlı düşüşler izlenmiştir; bu da örneklerde sarılık tonunun azaldığını göstermiştir. Toplam renk farkı, iç kısımda %5 için 20,08, %10 ilave için ise 22,66 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, ekmeklerin iç kısmında da belirgin renk farklılıklarının oluştuğunu kanıtlamıştır.

Smith ve Yu (2015) çalışmalarında beyaz, tam buğday, çavdar ve farklı çeşitlerde üzüm (Muscadine Noble, Scuppernong, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon) posası ilavesiyle üretilen ekmek örneklerinin renk parametrelerini (L*, a*, b*) değerlendirmişlerdir. L* değeri, ürünlerin açıklığını göstermektedir. En yüksek L* değeri 63,01 ile beyaz ekmeğe aitken, en düşük L* değerleri 10% Noble (47,55) ve 10% Cabernet Sauvignon (48,35) posası ilaveli örneklerde ölçülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, üzüm posası ilavesinin ekmek kabuğunda ve iç yapısında önemli derecede koyulaşmaya neden olduğunu göstermiştir. Özellikle %10 oranında posayla hazırlanan örneklerde açıklık seviyesi önemli ölçüde azalmıştır. Kırmızılık (a*) değeri açısından incelendiğinde, beyaz ekmeğin neredeyse nötr bir değerde olduğu (0,16) görülmüşken, üzüm posası katkılı örneklerde bu değer 1,13–2,32 arasında değişmiştir. En yüksek a* değeri, 10% Cabernet Sauvignon posası ile zenginleştirilmiş örnekte (2,32) elde edilmiştir. Bu artış, kırmızı/yeşil ekseninde daha kırmızımsı bir tonun oluştuğunu ve katkının renk tonuna etkisini ortaya koymuştur. Sarılık (b*) değeri açısından en yüksek değer 12,65 ile tam buğday ekmeğinde ölçülmüştür. Beyaz ekmekte bu değer 9,44 iken, üzüm posası katkılı ekmeklerde söz konusu değer 2,66 (10% Cabernet Sauvignon) ile 4,85 (10% Scuppernong) arasında değişmiştir. Bu verilere göre, üzüm posası ilavesinin sarı tonları baskılayarak ekmeğin daha koyu ve mat bir görünüme ulaşmasına neden olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada sonuç olarak, üzüm posası ilavesi L*, a* ve b* renk parametrelerini istatistiksel olarak anlamlı şekilde etkilemiş; katkı oranı arttıkça açıklık azalmış, kırmızılık artmış ve sarılık azalmıştır. Bu durum, üzüm posasının ekmekte belirgin bir görsel değişime yol açtığını ve özellikle %10 oranında ilavelerde daha koyu, kırmızımsı tonlara sahip bir ürün elde edildiğini ortaya koymuştur. Çalışmada ayrıca görsel farklılıkların tüketici tercihlerine etki edebileceğinden, formülasyonların bu bulgular göz önünde bulundurularak optimize edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Türksoy (2011) çalışmasında, Gerek-79 ve Guadalupe unlarıyla üretilen bisküvilere farklı oranlarda (0–25%) katılan meyve ve sebze lif konsantrelerinin (elma, kayısı, portakal, limon, greyfurt, havuç ve balkabağı) renk özelliklerine olan etkisi incelemiştir. Parlaklık (L^* değeri) değerlerine göre; her iki un tipi için kontrol grubundaki L^* değerleri benzer şekilde yüksek çıkmıştır (Gerek-79: 64,84, Guadalupe: 70,32). Lif ilavesiyle birlikte örneklerde parlaklık değerlerinde genel olarak azalma gözlenmiştir. Ancak limon ve balkabağı lifi ilavesi, diğer lif türlerine kıyasla daha az parlaklık kaybına neden olmuştur. Özellikle limon lifi ilavesiyle elde edilen bisküviler, her iki un türünde de yüksek L^* değerini korumuştur (Guadalupe’de %25 ilavede 67,43, Gerek-79’da 65,77). Portakal lifi ise her iki un türünde de parlaklık değerini en fazla düşüren lif türü olmuştur. Örneğin, Gerek-79 unlu bisküvilerde %25 portakal lifi ilavesi ile L^* değeri 39,73’e kadar düşmüştür. Kırmızılık (a^* değeri); kontrol gruplarında her iki un için de oldukça düşük olarak belirlenmiştir (~0,80 ve 1,05). Lif ilavesiyle birlikte a^* değeri artmış; özellikle elma ve portakal lifleri bu artışta belirgin rol oynamıştır. Gerek-79 unlu bisküvilerde %25 elma lifi ile a^* değeri 8,22’ye ulaşırken, Guadalupe unlu bisküvilerde bu değer 7,87 olmuştur. Her iki un türünde de limon lifi, a^* değerinde en az artışa sebep olan lif türü olmuştur. Örneklerin sarılık (b^*) değerleri incelendiğinde, kontrol gruplarında başlangıçta yakın değerler (~22,14–22,56) elde edilmiştir. Lif ilavesiyle birlikte özellikle balkabağı lifi katkılı ürünlerin b^* değerlerinde önemli artışlar gözlenmiştir. Gerek-79 unlu bisküvilerde %25 balkabağı lifi ilavesiyle b^* değeri 25,89’a ulaşırken, Guadalupe unlu bisküvilerde bu değer 26,56’ya kadar çıkmıştır. Bu durum, balkabağı lifinin yüksek karotenoid içeriği nedeniyle sarı rengin belirginleşmesine neden olduğunu ortaya koymuştur. Öte yandan portakal ve kayısı lifleri örneklerin b^* değerini düşürmüştür; özellikle portakal lifi katkısıyla Gerek-79 unlu bisküvilerde b^* değeri 14,79’a kadar gerilemiştir. Bu, portakal lifinin renk doygunluğunu azaltıcı etkisine işaret etmektedir. Sonuçlar, lif türü ve oranının bisküvi renk özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Guadalupe unu ile hazırlanan bisküviler, genel olarak daha yüksek L^* , a^* ve b^* değerlerine ulaşırken, Gerek-79 unu ile elde edilen ürünlerde lif kaynaklarının etkisi daha sınırlı olmuştur. İlave edilen lif kaynakları değerlendirildiğinde özellikle balkabağı ve elma lifleri renk değerlerini iyileştirme potansiyeli sunarken, portakal lifi katkısının aşırıya kaçtığına istenmeyen renk değişimlerine yol açabileceği anlaşılmıştır. Limon lifi ise renk değerlerini daha az etkileyerek ürünün orijinal görünümünü korumada avantaj sağlamıştır.

Acun ve Gül (2014), üzüm posası ilave ederek hazırlanan unlardan ürettikleri kurabiye örneklerinin özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, L^* değerinin, tüm gruplarda posa oranı arttıkça düştüğünü gözlemlemişlerdir. Bu kapsamda, kontrol örneğinde (%0 katkı) L^* değeri 62,43 iken, %15 üzüm posası katkılı örnekte bu değer 45,82'ye gerilemiştir. Çekirdeksiz üzüm posası unu ve üzüm çekirdeği unu gruplarında da benzer bir azalma eğilimi gözlenmiştir. Bu durumun, üzüm posasının koyu renkli fenolik bileşikler içermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Kırmızılık (a^*) değeri, üzüm çekirdeği unu grubunda posa oranı arttıkça artış eğilimi göstermiştir. Kontrol örneğinde (%0 katkı) 6,29 olan a^* değeri, %10 SF ilavesiyle 7,51'e yükselmiştir. Bu durum, özellikle çekirdek fraksiyonunun daha yüksek antosiyanin içeriğine sahip olabileceğini ortaya koymuştur. Sarılılık (b^*) değeri ise tüm gruplarda posa oranı arttıkça azalmıştır. Bütün üzüm posası unu grubunda %0 posa ile b^* değeri 17,63 iken, %15 ilave ile 8,77'ye düşmüştür. Bu düşüşün nedeninin, fenolik ve pigment maddelerin sarı tonları maskeleyesinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

4.3.3. Tekstür analiz sonuçları

Ekmeklerde yapılan tekstür analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre, kontrol grubu ve HPK ekmek örneklerinde yapılan analizlerde sertlik değerleri 434,163 g ile 855,155 g, elastikiyet değerleri 0,468 mm ile 0,634 mm ve iç yapışkanlık değerleri de 0,450 ile 0,544 arasında değişim göstermiştir. Sakızımsılık değerleri 239,237 g ile 454,766 g arasında, çiğnenebilirlik değerleri 151,825 g*mm ile 254,773 g*mm arasında tespit edilmiştir. Yine tekstürel parametrelerden biri olan esneklik değerleri de 0,206 ile 0,239 olarak belirlenmiştir. HP ilavesi ekmeklerde sertlik değerlerini arttırmış, bununla birlikte ilave oranı ile birlikte sertlik değerleri giderek azalan bir eğilim göstermiştir. Sertlik açısından %2,5 ve 5 HPK ekmekler benzerlik göstermiş ($p>0.05$) olup bu örneklerin değerleri diğer örneklerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ekmeklerde en yüksek elastikiyet değeri kontrol örneğinde tespit edilirken, artan posa ilavene paralel olarak bu değerde azalma görülmüştür. Sertlik değerlerine benzer şekilde %2,5 ve 5 HPK ekmeklerinin elastikiyet değerleri arasında anlamlı bir farklılık yokken ($p>0.05$), diğer örnekler ise farklı ($p<0.05$) bulunmuştur. Ekmeklerde sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin de sertlik değerleri ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. HP ilavesiyle bu değerler kontrol örneğine göre artış göstermiş, ancak artan orana bağlı olarak giderek azalma şeklinde seyretmiştir. Yine %2,5 ve 5 HPK ekmekleri istatistik olarak benzer

($p>0.05$), kontrol ve %7,5 HPK örnekler ise farklı ($p<0.05$) bulunmuştur. Diğer taraftan HP ilavesi ekmeklerin iç yapışkanlık ve esneklik değerlerini istatistik olarak etkilememiş, kontrol örneği de dahil bütün örnekler benzer bulunmuştur ($p>0.05$). Bütün bu sonuçlara göre HP ilavesinin ekmek hamurunun bütünlüğünü katkı miktarına bağlı olarak etkilediği, buna bağlı olarak daha sıkı ve kompakt ekmek oluşumuna neden olup hamurda elastik yapıyı azalttığı söylenebilir. Bu durumun da posanın lifli yapısından ve suyu bağlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

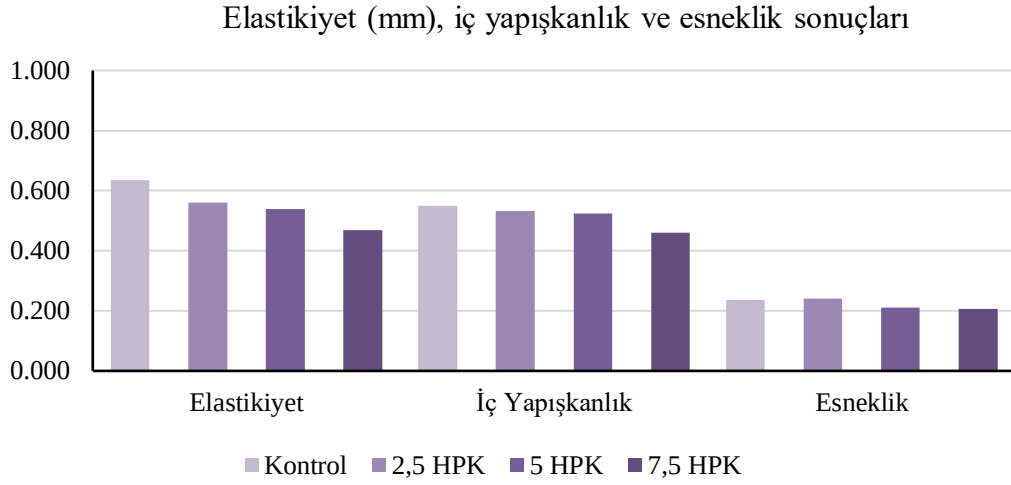
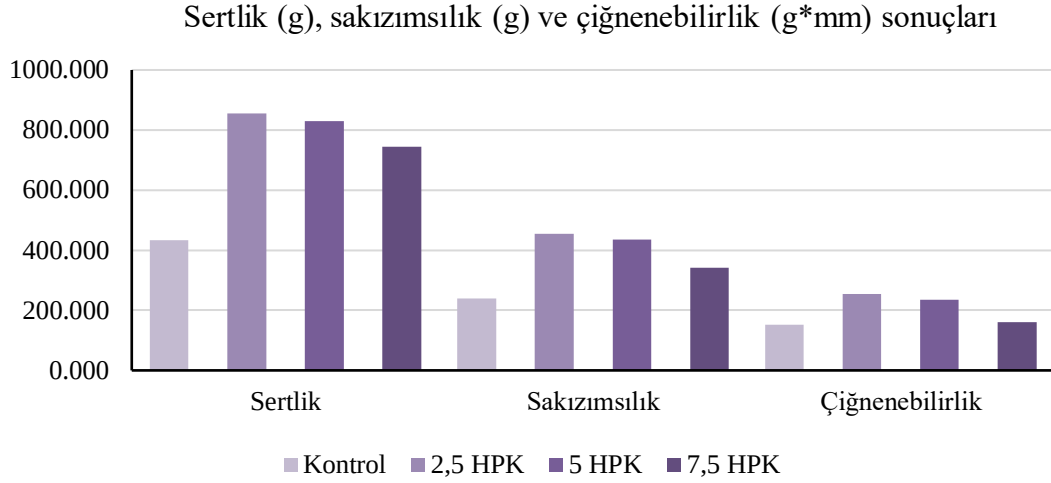
Çizelge 4.15. Ekmek örneklerinin tekstür analiz değerleri

Analizler	Kontrol	%2,5 HPK	%5 HPK	%7,5 HPK
Sertlik (Hardness) (g)	434,163±33,903 ^C	855,155±24,011 ^A	829,843±24,463 ^A	745,125±12,745 ^B
Elastikiyet (Springiness) (mm)	0,634±0,012 ^A	0,560±0,002 ^B	0,539±0,024 ^B	0,468±0,026 ^C
İç yapışkanlık (Cohesiveness)	0,544±0,014 ^A	0,515±0,030 ^A	0,515±0,541 ^A	0,450±0,041 ^A
Sakızımsılık (Gumminess) (g)	239,237±21,879 ^C	454,766±11,608 ^A	435,741±35,821 ^A	342,340±25,130 ^B
Çiğnenebilirlik (Chewiness) (gxmm)	151,825±13,820 ^B	254,773±7,181 ^A	235,148±24,012 ^A	160,942±21,116 ^B
Esneklik (Resilience)	0,236±0,007 ^A	0,239±0,003 ^A	0,210±0,030 ^A	0,206±0,023 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı satırda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

HPK: Hardaliye Posası Katkılı



Şekil 4.10. Tekstür analiz grafikleri

Mildner-Szkudlarz vd. (2011) üzüm yan ürünlerinin farklı oranlarda (%4, %6, %8 ve %10) ilavesiyle hazırlanan ekşi mayalı çavdar ekmeklerinin tekstürel özelliklerini incelemişler ve özellikle ekmeklerin sertlik parametresinde anlamlı artışlar gözlemlemişlerdir. Kontrol grubunda 220 g olarak ölçülen sertlik değeri, %10 oranında üzüm yan ürünü ilavesinde 416 g'ye yükselmiştir. Bu artış, lif içeriği yüksek olan üzüm yan ürünlerinin su tutma kapasitesini etkileyerek ekmek yapısında daha kompakt ve sert bir yapı oluşturmaya bağlanmıştır. Elastikiyet (springiness) değerleri incelendiğinde, kontrol örneğinde 0.83 olan değer, üzüm yan ürünlerinin artan oranlarıyla birlikte hafif bir düşüş göstermiştir. %10 ilaveli örnekte bu değer 0.71'e kadar gerilemiş olup, bu durum ekmeğin zamanla elastikiyetini kaybederek daha sıkı bir yapı kazandığını göstermiştir. İç yapışkanlık (cohesiveness) açısından da benzer bir azalma eğilimi

gözlenmiş, kontrol grubunda 0.63 olan değer, %10 katkı ile 0.50'ye düşmüştür. Bu durum, üzüm yan ürünlerinin hamur içi bağları zayıflatarak daha parçalanabilir bir yapı oluşturmaya bağlanmıştır. Söz konusu çalışmada ekmeklerin sakızımsılık (gumminess) ve çiğnenebilirlik (chewiness) parametreleri, üzüm yan ürünlerinin ilavesiyle birlikte genel olarak artış göstermiştir. Bu artışlar, ekmeğin çiğneme sırasında daha yoğun bir yapı sunmasına ve yapının lifli bileşenlerden etkilenerek daha dirençli hale gelmesine bağlanmıştır. Son olarak, esneklik (resilience) değeri kontrol grubunda 0.27 iken, %10 katkı ile bu değer 0.21'e düşmüştür. Bu durum, artan üzüm yan ürünü ilavesiyle birlikte ekmeğin yapısının daha az geri toparlanabilir hale geldiğini göstermiştir. Genel olarak, üzüm yan ürünlerinin artan oranlarda kullanımı ekşi mayalı çavdar ekmeklerinin tekstürel özelliklerini anlamlı şekilde değiştirmiş, özellikle sertlikteki artış ve elastikiyet-esneklik gibi özelliklerdeki azalma dikkat çekmiştir. Bu etkilerin, posanın lifli yapısı ve hamurun reolojik özelliklerini değiştirme potansiyelinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Hayta vd. (2014) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda (0%, 2%, 5% ve 10%) üzüm posası tozu (GPP) ilavesinin ekmeklerin pişirme sonrası 2., 24. ve 48. saatlerdeki tekstürel özellikleri üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Sertlik (hardness) parametresi incelendiğinde, GPP oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değerlerinin anlamlı şekilde yükseldiği gözlemlenmiştir. Pişirme sonrası 2. saatte, kontrol grubunda 490.5 g olan sertlik değeri, %10 GPP ilavesinde 959.7 g'ye ulaşmıştır. Aynı şekilde, 24. ve 48. saatlerde de en yüksek sertlik değerleri %10 GPP içeren örneklerde tespit edilmiş (sırasıyla 2160.2 g ve 3115.7 g) olup bu durum, posanın artan oranlarda kullanımıyla ekmekteki su tutulabilirliğin azalmasına ve yapının daha kompakt hale gelmesine bağlanmıştır. Elastikiyet (springiness) açısından, 2. saatte en yüksek elastikiyet kontrol grubunda (0.93 mm) ölçülmüş, GPP ilavesiyle bu değerde genel bir azalma gözlenmiştir. Ancak bu farklılık 24. ve 48. saatlerde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, değerler benzer düzeyde kalmıştır. İç yapışkanlık (cohesiveness) değerleri ise GPP ilavesiyle genel olarak azalma eğilimi göstermiştir. Özellikle 2. saatte kontrol grubunda 0.81 olan iç yapışkanlık, %2 GPP ilavesinde 0.72'ye, %10 ilavede ise 0.75'e gerilemiştir. Bu azalma eğilimi 24. ve 48. saatlerde de devam etmiş, en düşük iç yapışkanlık değerleri genellikle %10 GPP ilavesiyle elde edilmiştir. Bu bulgular, üzüm posası tozunun ekmek yapısında zamanla sertliği artırıcı, elastikiyeti ve iç yapışkanlığı azaltıcı etkiler gösterebildiğini ortaya koymuştur. Özellikle yüksek orandaki GPP ilavesi, zaman ilerledikçe daha belirgin yapısal değişimlere yol açmış olup bu durum, GPP'nin lifli

yapısı ve su tutma kapasitesinin hamur matrisini etkileyerek daha kompakt ve daha az elastik ürünler oluşmasına neden olabileceğini ortaya koymuş olup, bu verilerin çalışmamız ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde Rubel vd. (2015), bitkisel kaynaklı (*Helianthus tuberosus* L.) inülin açısından zengin karbonhidrat tozu kullanımının hamur yapısını zayıflattığını, bu durumun ekmek özgül hacminde azalmaya neden olarak kırıntı ve kabuk rengi üzerinde etki ettiğini tespit etmişler ve üretilen yeni ekmekler kontrol numunesine göre daha kompakt bir kırıntı ve daha düşük esneklik, daha sert ve daha kırılğan bir yapı ile karakterize edilmiştir.

Şporin vd. (2017) yaptıkları çalışmada farklı üzüm çeşitlerinden elde edilen üzüm posası unu katkısının beyaz ekmeklerin çeşitli özellikleri üzerine etkisi ile tekstürel özelliklerdeki etkisini değerlendirmişlerdir. Elde edilen veriler incelendiğinde, kontrol grubundaki ekmeklerin en yüksek elastikiyet (springiness), yumuşaklık (smoothness) ve düşük yapışkanlık (adhesivity) değerlerine sahip olduğu belirlenmiş, özellikle ‘Merlot’ üzüm posası katkısı ile bu özelliklerde belirgin değişiklikler kaydedilmiştir. Aynı şekilde, ‘Zelen’ posası katkısı ile hazırlanan örneklerde de artan üzüm posası unu oranıyla birlikte ürünlerin sertlik ve yapışkanlık değerleri artarken, elastikiyet özellikleri azalmıştır.

Yapılan bir çalışmaya göre ekmek üretiminde kullanılan unun partikül boyutunun dahi hem hamurun reolojik özelliklerine ve stabilitesine, hem de ekmeğin tekstürel özelliklerine etki ettiği belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada elde edilen sonuçlara göre farklı un partikül boyutunun ekmek örneklerinin özellikle sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri üzerine önemli bir etki oluşturduğu belirlenmiş olup, 150 µ altında partikül boyutuna sahip undan üretilen ekmeğin sertlik (1467 ± 126 g) ve çiğnenebilirlik ($919 \pm 1,0$) değerinin kontrole kıyasla ($793 \pm 56,0$) daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Tontul ve Babaoğlu, 2019).

Gül ve Ödeş (2020), Öküzgözü (ÖSF) ve Narince (NSF) üzüm çekirdeği unu ile farklı oranlarda (%5 ve %10) ve farklı seviyelerde (0, 50, 100 ppm) glikoz oksidaz (GOX) ilavesinin ekmeklerin doku özellikleri (TPA) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubunda sertlik değeri 264,9 g, esneklik 1,42, kohezivlik 0,84, sakızimsılık 231,88 g ve çiğnenebilirlik 714,52 olarak ölçülmüştür. GOX ilavesi sertlik değerini düşürmüş; 100 ppm GOX ile sertlik değeri 154,40 g’a kadar azalmıştır. Özellikle %5 ÖSF ilavesinde, 0 ppm GOX ile sertlik 476,24 g iken, 50 ppm GOX ile 297,27 g’a ve 100 ppm ile 273,53 g’a düşmüştür. Bu grupta çiğnenebilirlik değerleri ise sırasıyla 738,55; 731,30

ve 325,51 olarak belirlenmiş, en düşük çiğnenebilirlik değeri 100 ppm GOX ilavesinde gözlenmiştir. Esneklik değerinde en yüksek sonuç 2,81 ile 50 ppm GOX ilaveli %5 ÖSF grubunda elde edilmiştir. Diğer yandan, %10 ÖSF grubunda ise sertlik değerleri belirgin biçimde artmış; 0 ppm GOX ile 1207,80 g, 50 ppm ile 1313,90 g ve 100 ppm ile 996,41 g olarak ölçülmüştür. Bu durum yüksek oranda ÖSF ilavesinin ekmek yapısını sertleştirdiğini göstermektedir. Aynı grupta çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 898,06; 1014,60 ve 764,19 olarak hesaplanmıştır. Farklı olarak, %5 NSF grubunda, özellikle 50 ppm GOX ilavesiyle sertlik 686,24 g ve çiğnenebilirlik 1252,90 olarak ölçülerek bu parametrelerde kontrole göre dikkat çekici bir artış belirlenmiştir. 100 ppm GOX ilavesinde ise sertlik 565,34 g'a, çiğnenebilirlik ise 804,93'e düşmüştür. %10 NSF grubunda en yüksek sertlik (2170,40 g) ve çiğnenebilirlik (1594,50) değerleri 50 ppm GOX ilavesiyle elde edilmiştir. Bu değerler, yüksek oranda NSF'nin ve orta düzeyde GOX'in hamur yapısını önemli ölçüde sertleştirdiğini göstermektedir. Sonuç olarak, düşük oranlı üzüm çekirdeği unu kullanımı ve uygun seviyede GOX ilavesi, ekmeklerin doku özelliklerini iyileştirici etki gösterdiği belirlenmiştir. Ancak lif oranının artmasıyla birlikte, özellikle %10 NSF grubunda sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde ciddi artışlar gözlemlenmiş ve bu durumun ürün kalitesini olumsuz etkileyebileceği değerlendirilmiştir.

Ni vd. (2020), farklı oranlarda (%11, 21 ve 31) BBH (siyah fasulye kabuğu) ilavesiyle üretilen ekmeklerin tekstürel özelliklerini incelemişlerdir. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde özellikle sertlik, esneklik ve çiğnenebilirlik gibi temel parametrelerde anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir. Sertlik (hardness) değerleri incelendiğinde, kontrol grubunda 558.67 g olarak ölçülen bu parametre, %21 BBH ilavesiyle 2100.83 g'ye ve %31 ilavesinde 4666.17 g'ye kadar artmıştır. Bu belirgin artış, posa miktarındaki yükselmenin ekmek yapısını daha kompakt hale getirmesiyle ilişkilendirilmiştir. Esneklik (resilience) değerinde ise ters yönde bir eğilim gözlemlenmiştir. Kontrol örneğinde 0.28 olan değer, artan BBH oranı ile birlikte düşmüş; %31 katkı oranında 0.06'ya kadar gerilemiştir. Bu azalma, posanın hamur yapısındaki elastik unsurların zayıflamasına neden olduğunu işaret etmiştir. Yapışkanlık (adhesiveness) açısından incelendiğinde, kontrol örneğinde 0.47 mJ olan değer, özellikle %31 BBH ilavesinde 1.70 mJ'ye kadar yükselmiştir. Bu artış, lifli yapıların hamurun iç yapısındaki su dengesini etkileyerek yapışkan bir doku oluşturmaya bağlanmıştır. İç yapışkanlık (cohesiveness) parametresi de artan BBH oranı ile birlikte anlamlı şekilde azalmıştır. Kontrol örneğindeki 0.54 değeri, %31 katkılı örnekte 0.21'e düşmüştür. Bu

düşüş, hamur bütünlüğünün posadan olumsuz etkilendiğini göstermiştir. Elastikiyet (springiness) değerleri de benzer şekilde azalma eğilimi göstermiştir; kontrol örneğinde 7.19 mm olan bu değer, %31 katkı oranında 5.22 mm'ye gerilemiştir. Son olarak, çiğnenebilirlik (chewiness) parametresi, %21 ve %31 BBH ilavesiyle belirgin şekilde artmış (yaklaşık 50 mJ seviyelerinde) olup, kontrol ve %11 gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiştir. Bu durum, yüksek lifli yapıların çiğneme direncini artırıcı etkisiyle açıklanmıştır. Genel olarak değerlendirildiğinde, artan BBH oranı ekmeklerin tekstürel özelliklerinde belirgin değişikliklere yol açmış; özellikle sertlikteki artış, esneklik ve iç yapışkanlıktaki azalma ile dikkat çekici bir yapısal dönüşüm gözlenmiştir. Bu bulgular, posalı bileşenlerin olumlu fonksiyonel etkilerinin yanı sıra, ekmek kalitesi üzerinde çok yönlü etkiler oluşturabileceğini ortaya koymuştur.

Chen vd. (2021) yaptıkları çalışmada, buğday ununa farklı oranlarda (%1, %3 ve %5) üzüm çekirdeği unu (GSP) ilavesiyle üretilen noodle hamurunun tekstür sonuçlarının farinograf sonuçlarını desteklediğini gözlemlemişlerdir. Çalışmada %1 oranında GSP ilavesi, noodle ürünlerinde sertlik (kontrol 9500 g iken %1 katkılı örnekte 10.500 g), yapışkanlık (kontrol 8.000 g iken %1 katkılı örnekte 9.000 g) ve çiğnenebilirlik (kontrol 1.500 g iken %1 katkılı örnekte 2.000 g) gibi parametreleri arttırmış, daha yüksek oranlarda ilavede ise bu değerlerin düştüğü görülmüştür. Esneklik ve yapışkanlık değerlerinde önemli bir değişiklik olmamış, elastikiyet değeri ise GSP ilaveyle birlikte azalmıştır. Bu durum, üzüm çekirdeği ununun sınırlı düzeyde kullanıldığında noodle hamurunun yapısal bütünlüğünü koruduğunu, ancak yüksek miktarların gluten yapısında bozulmalara yol açtığını göstermiştir. Çalışmada ayrıca, üzüm çekirdeği ununun fenolik bileşikler, diyet lifi ve glütenin gibi aktif bileşenlerce zengin olduğu ve bu nedenle az miktarda ilavesinin gluten ağına bağlanarak yapıyı güçlendirdiği; yüksek oranlarda ise bu yapıyı seyreltip ağın genişlemesini engellediği belirtilmiştir.

Tolve vd. (2021) yaptıkları çalışmada farklı oranlarda (%5 ve %10) üzüm posası ilavesinin ekmeklerin sertlik değerleri üzerindeki etkisini incelemişler, elde edilen verilere göre kontrol grubu (GP0) ile karşılaştırıldığında posa ilaveli örneklerde anlamlı düzeyde bir artış gözlemlemişlerdir. Kontrol grubunda sertlik değeri 1.0 N olarak belirlenmişken, bu değer %5 GPP ilavesinde 21.8 N, %10 GPP ilavesinde ise 23.2 N olarak ölçülmüştür. Gözlemlenen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Sertlikteki bu belirgin yükseliş, üzüm posasının yüksek lif içeriği nedeniyle hamur yapısındaki gluten ağını zayıflatması ve su bağlama kapasitesini değiştirmesiyle

ilişkilendirilmiştir. Artan posa oranı, hamurun gaz tutma kapasitesini azaltarak daha kompakt ve sıkı bir yapı oluşturmakta, bu da pişmiş ekmeğin daha sert bir dokuya sahip olmasına neden olmaktadır. Bu sonuçlar, üzüm posasının yapısal özellikler üzerindeki etkisinin doğrudan tüketici kabulünü etkileyebilecek önemli bir faktör olduğunu göstermiş ve formülasyonda posa oranının dikkatli bir şekilde belirlenmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

4.3.4. Biyoaktif bileşen analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK ekmek örneklerinde yapılan analizlerde toplam antisiyonin değerleri kontrol numunesinde bulunmadığından dolayı 0,00 ile 2,534 arasında, toplam fenolik 10,128 ile 30,575 arasında, gluten değerleri analizinde %7,5 HPK unda gluten yapısı sağlanamadığı için sonuç 0,00 ile 29,367 olarak bulunmuştur. Toplam flavonoid analizinde kontrol numunesinde de sonuç çıkmadığından değerler 0,00 ile 33,665 arasındadır. ABTS değerleri 15,445 ile 62,734 arasında, FRAP analiz değerleri 18,683 ile 119,962 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. İçeriklerinin ortalamaları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Ekmek örneklerinin biyoaktif bileşen analiz değerleri

Analizler	Kontrol	%2,5 HPK	%5 HPK	%7,5 HPK
TFM	10,128±0,080 ^D	14,388±0,167 ^C	22,588±0,223 ^B	30,575±0,083 ^A
TFVM	0,000±0,000 ^D	14,117±0,292 ^C	22,185±0,177 ^B	33,665±0,177 ^A
TMA	0,000±0,000 ^D	1,145±0,017 ^C	1,987±0,010 ^B	2,534±0,022 ^A
ABTS	15,445±0,405 ^D	28,597±0,737 ^C	49,581±0,361 ^B	62,734±0,394 ^A
FRAP	18,683±0,080 ^D	49,970±0,122 ^C	82,225±0,774 ^B	119,962±1,121 ^A

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

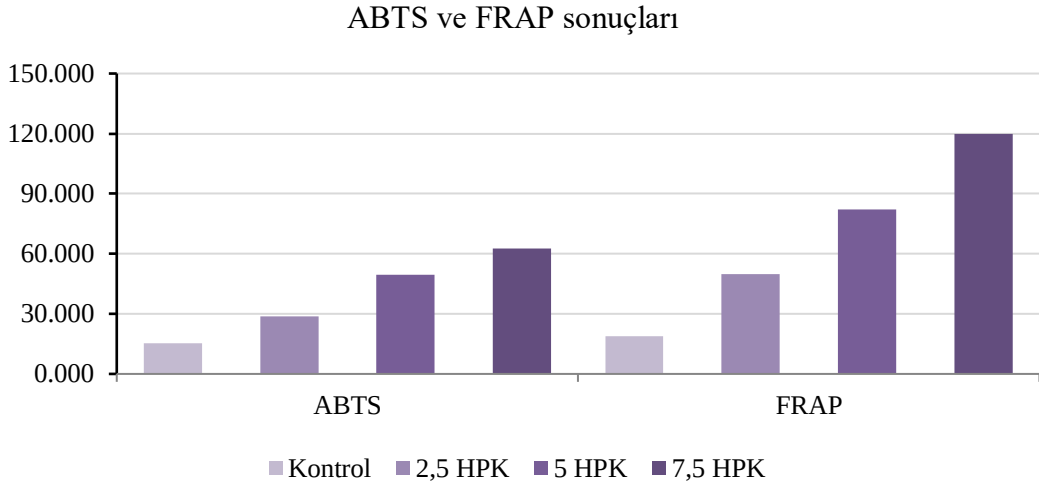
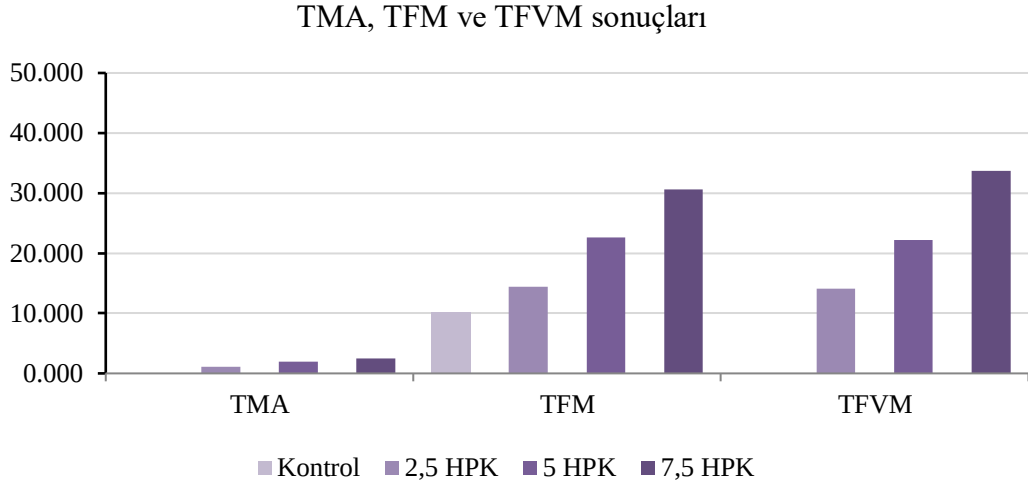
^{A,B} Aynı satırda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistikî olarak fark bulunmaktadır (p<0.05).

TFM: Toplam fenolik madde. TFVM: Toplam flavonoid madde. TMA: Toplam monomerik antosiyanin.

TFM, TFVM ve TMA analiz sonuçları sırasıyla mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 g ekmek, mg kateşin eşdeğeri/100 g ekmek ve mg malvidin 3-glukozit (Mlv-3-gly) eşdeğeri/100 g olarak verilmiştir.

ABTS ve FRAP analizi sonuçları mg troloks eşdeğeri/100 g ekmek olarak verilmiştir.

HPK: Hardaliye Posası Katkılı.



Şekil 4.11. Toplam antioksidan analiz grafiği

Tolve vd. (2021), ekmeğe üzüm posası ilavesinin toplam fenolik madde (TPC) içeriği ve antioksidan aktivite (FRAP ve ABTS) üzerinde anlamlı düzeyde artış sağladığını ortaya koymuştur ($p < 0.01$). Kontrol grubunu oluşturan GP0 örneğinde TPC değeri 29,08 mg GAE/100 g KM olarak belirlenirken, bu değer %5 üzüm posası ilaveli GP5 örneğinde 101,5 mg GAE/100 g KM, %10 ilaveli GP10 örneğinde ise 207,06 mg GAE/100 g KM'ye yükselmiştir. Bu sonuç, çalışmamızda olduğu gibi artan posa miktarının TPC üzerinde doğrusal bir artış sağladığını göstermektedir. Benzer şekilde, antioksidan kapasiteyi gösteren FRAP değeri de kontrol grubunda 199,72 μ M TE/100 g KM iken, bu değer GP5'te 795,26 μ M TE/100 g KM, GP10'da ise 1577,39 μ M TE/100 g KM olarak ölçülmüştür. ABTS radikal süpürme kapasitesi de bu eğilimi desteklemiş; kontrol grubunda 240,00 μ M TE/100 g KM olan değer, GP5'te 999,50, GP10'da ise 1540,83 μ M

TE/100 g KM'ye ulaşmıştır. Bu bulgular, üzüm posası katkısının fenolik bileşiklerin ve antioksidan potansiyelin zenginleştirilmesinde oldukça etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada özellikle %10 oranında ilave edilen üzüm posasının, ekmek ürünlerinin fonksiyonel özelliklerini geliştirme açısından yüksek bir katkı sunduğu görülmüştür.

Walker vd. (2014), farklı oranlarda üzüm posası (WPGP) içeren un karışımlarından ekmek (A), muffin (B) ve brownie (C) üretmişler ve üretilen örneklerde posa ilavesinin toplam fenolik bileşik miktarı (TPC) ve radikal süpürücü aktivite (RSA) üzerine etkilerini incelemiştir. Genel olarak, üzüm posası oranı arttıkça hem TPC hem de RSA değerlerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Ekmek örneklerinde (A), %15 RWGP (kırmızı şaraplık üzüm posası) içeren formülasyon en yüksek RSA değerine ulaşırken (~80 mg AAE/serving), bu grup aynı zamanda en yüksek TPC içeriğine (~0.066 mg GAE/g) sahip olmuştur. Bu sonuç, ekmekte posa miktarının artmasının fonksiyonel özellikleri önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Öte yandan, beyaz şaraplık üzüm posası (WWGP) katkılı örneklerde bu değerlerin belirgin şekilde daha düşük olduğuna dikkat çekilmiştir. Muffin örneklerinde (B) de benzer bir eğilim izlenmiş, %15 RWGP katkılı muffinlerde en yüksek TPC (~2200 mg GAE/serving) ve RSA (~100 mg AAE/serving) değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte, daha yüksek düzeyde WWGP (%20) kullanılan örneklerde bile fenolik bileşik içeriği oldukça düşük çıkmıştır. Bu durum, RWGP'nin fenolik bileşikler açısından WWGP'ye kıyasla daha zengin olduğunu ve bu özelliğini ürünlere de başarılı şekilde yansıttığını ortaya koymuştur. Brownie örneklerinde (C) ise RSA değerleri görece daha dar bir aralıkta seyretmiş olsa da, %25 RWGP katkısı ile birlikte TPC içeriğinde (~1100 mg GAE/serving) anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bu da üzüm posası katkısının, farklı ürün tiplerinde farklı düzeyde etki gösterse de, özellikle fenolik bileşik içeriğini artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, üzüm posasının fenolik içerik ve antioksidan kapasite yönünden ürünleri fonksiyonel hale getirmede önemli bir katkı sağladığını ve özellikle kırmızı şarap posasının bu anlamda daha güçlü bir etkiye sahip olduğunu açıkça desteklemiştir.

Pycia ve Ivanišová (2020) tarafından yapılan çalışmada, buğday ekmeğine farklı oranlarda fındık ve ceviz ilavesiyle elde edilen ürünlerin antioksidan özellikleri değerlendirilmiş olup; elde edilen sonuçlar, hem ceviz hem de fındık ilavesinin kontrol grubuna kıyasla ekmeğin antioksidan kapasitesini anlamlı düzeyde artırdığını göstermiştir. ABTS radikal süpürme kapasitesi, kontrol grubunda 30,84 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$

KM olarak ölçülürken, fındık ilavesiyle (%9 oranında) bu değer 52,89 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ KM'ye, ceviz ilavesiyle (%9 oranında) ise 87,88 $\mu\text{mol TE}/100 \text{ g}$ KM'ye kadar yükselmiştir. Özellikle ceviz ilavesi, antioksidan kapasite açısından daha belirgin bir artış sağlamıştır. Benzer şekilde, toplam fenolik asit içeriği (TPAC) da ceviz katkısıyla anlamlı şekilde artmıştır. Kontrol grubunda 9,14 mg CAE/100 g KM olan TPAC değeri, %9 ceviz ilavesiyle 29,70 mg CAE/100 g KM'ye ulaşmıştır. Fındık ilavesinde ise artış olmakla birlikte ceviz kadar belirgin bulunmamıştır. Toplam flavonoid içeriği (TFC) açısından incelendiğinde, ceviz katkısı ile artış daha çarpıcı olmuştur. Kontrol grubunda 0,59 mg QE/100 g KM olan değer, %9 ceviz ilavesiyle 3,49 mg QE/100 g KM'ye kadar yükselmiştir. Aynı oranda fındık katkısında ise bu değer yalnızca 0,66 mg QE/100 g KM olarak ölçülmüştür. Bu durum, cevizlerin daha zengin flavonoid bileşimi içerdiğini ortaya koymuştur. Toplam polifenol içeriği (TPC) ise ceviz katkısında en yüksek değere ulaşarak %9 düzeyinde 39,45 mg GAE/100 g KM'ye yükselmiştir. Kontrol grubunda bu değer 8,31 mg GAE/100 g KM olarak belirlenmiştir. Fındık ilavesiyle elde edilen TPC değerleri ise genellikle 24–26 mg GAE/100 g KM aralığında kalmıştır. İstatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre, hem katkı tipi (fındık/ceviz) hem de katkı düzeyi (%1–%9) tüm antioksidan parametreler açısından anlamlı farklılık yaratmıştır ($p < 0.001$). Ayrıca, katkı tipi ile katkı düzeyi arasındaki etkileşim de özellikle ABTS, TPAC ve TFC açısından istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.01$). Sonuç olarak, hem fındık hem de ceviz ilavesi buğday ekmeğinin fonksiyonel özelliklerini iyileştirmekte etkili olmuş, ancak ceviz katkısının özellikle antioksidan kapasite ve fenolik bileşenler açısından daha üstün bir etki sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgular, ceviz katkısının fonksiyonel ekmek formülasyonlarında daha avantajlı bir seçenek olabileceğini göstermiştir.

Nakov vd. (2020) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda üzüm posası tozu (GPP) ilavesiyle hazırlanan keklerin fenolik bileşik içeriğini analiz etmişler ve elde edilen bulgulara göre GPP ilavesinin, keklerin toplam fenolik bileşikleri üzerinde önemli bir etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Artan GPP oranı ile birlikte ürünlerde fenolik asitler, feniletanoidler ve flavonoid içeriklerinde belirgin artışlar gözlenmiştir ($p < 0.05$). GPP'de belirlenen fenolik asitler arasında galik asit, protokateşik asit ve elajik asit öne çıkmıştır. Galik asit içeriği, kontrol grubunda 4,1 mg/kg KM iken, %10 GPP ilavesiyle bu değer 7,4 mg/kg KM'ye yükselmiştir. Protokateşik asit ise yalnızca GPP katkısı olan örneklerde tespit edilmiş, en yüksek değere %10 GPP ilave edilmiş örnekte (4,2 mg/kg KM) ulaşılmıştır. Elajik asit ise yalnızca üzüm posasında tespit edilmiş, kek örneklerinde tayin

edilememiştir. Feniletanoidler içinde yer alan tirosol, GPP oranı arttıkça azalma eğilimi göstermiştir. Kontrol grubunda 68,9 mg/kg KM olan tirosol içeriği, %10 GPP içeren kekte 49,9 mg/kg KM'ye düşmüştür. Bu durumun, GPP'nin yapısında daha düşük tirosol bulunmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Flavonoid bileşikleri ise GPP ilavesinden en fazla etkilenen grup olmuştur. Başta kateşin ve epikateşin türevleri olmak üzere çok sayıda flavonoid, GPP ile zenginleştirilmiş keklerde anlamlı şekilde artmıştır. Özellikle kateşin miktarı, %10 GPP içeren kekte 32,0 mg/kg KM ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Benzer şekilde bu kek örneğinde epikateşin türevi 7,0 mg/kg KM, kuersetin 4,1 mg/kg KM ve apigenin 1,3 mg/kg KM değerleriyle dikkat çekmiştir. Toplam fenolik asit, feniletanoid ve flavonoid içerikleri de artan GPP düzeyiyle birlikte artış göstermiştir. Kontrol grubunda toplam fenolik bileşik miktarı 73,0 mg/kg KM iken, %10 GPP ilavesiyle bu değer 117,7 mg/kg KM'ye ulaşmıştır. En belirgin artış flavonoidlerde gözlenmiş olup, flavonoid içeriği %10 GPP düzeyinde 56,3 mg/kg KM olarak hesaplanmıştır. Bu bulgular, GPP ilavesinin keklerin biyoaktif bileşen içeriğini önemli ölçüde artırarak fonksiyonel özelliklerini geliştirdiğini açık bir şekilde ortaya koymuştur.

Hayta vd. (2014), üzüm posası tozu (GPP) ilavesinin ekmeğin toplam fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisi değerlendirmişler ve elde edilen bulgulara göre, GPP oranının artmasıyla birlikte hem toplam fenolik madde miktarının hem de anti-radikal aktivitenin anlamlı düzeyde arttığını gözlemlemişlerdir ($p < 0.05$). Kontrol grubunda (GPP %0) toplam fenolik içerik 35,39 mg GAE/100 g kuru madde iken, bu değer %2, %5 ve %10 GPP ilavelerinde sırasıyla 53,42 mg, 67,51 mg ve 89,43 mg GAE/100 g olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde anti-radikal aktivite kontrol grubunda %11,06 iken, %2, %5 ve %10 GPP katkısı ile sırasıyla %22,08, %39,60 ve %55,64 seviyelerine ulaşmıştır. Her iki parametrede de gözlenen artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu veriler, GPP ilavesinin fonksiyonel bileşen içeriğini ve biyolojik aktiviteyi artırma potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. GPP'de doğal olarak bulunan fenolik bileşikler ve antioksidanların, ekmek gibi temel gıda ürünlerinin besinsel kalitesini artırmak için etkili bir katkı maddesi olarak değerlendirilebileceği kanıtlanmıştır.

Troilo vd. (2022), çalışmalarında farklı tane boyutlarına sahip üzüm posası tozu (M425, M300, M212, M150) ile hazırlanan kek örneklerinin toplam polifenol ve antosiyanin içerikleri ile antioksidan aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, keklere ilave edilen üzüm posasının tane boyutlarının küçüldükçe örneklerin bu parametrelerinde artış eğilimi

olduğunu göstermiştir. Toplam polifenol içeriği, M425 örneğinde 0,64 mg/g iken, bu değer M150 örneğinde 0,69 mg/g olarak belirlenmiştir. En yüksek toplam antosiyanin içeriği ise M212 ve M150 örneklerinde 28,03 µg/g ile kaydedilmiş olup, bu değer M425 (25,20 µg/g) ve M300 (24,50 µg/g) örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek çıkmıştır ($p < 0.05$). Antioksidan kapasiteyi yansıtan ABTS ve DPPH test sonuçları da benzer şekilde daha küçük partikül boyutlarının daha yüksek biyolojik aktivite sağladığını ortaya koymuştur. ABTS değeri M425 ve M300 örneklerinde sırasıyla 2,23 ve 2,21 µmol TE/g iken, M212 ve M150 örneklerinde sırasıyla 2,50 ve 2,49 µmol TE/g seviyelerinde bulunmuştur. DPPH değerleri açısından da en yüksek aktivite M150 (1,78 µmol TE/g) örneğinde, en düşük aktivite ise M425 (1,72 µmol TE/g) örneğinde gözlemlenmiştir. Bu bulgular, üzüm posasının partikül boyutunun azaltılmasının fonksiyonel bileşenlerin biyoerişilebilirliğini artırabileceğini ve antioksidan kapasiteyi güçlendirebileceğini göstermiştir. Özellikle M150 boyutundaki tozun, toplam polifenol ve antosiyanin içeriği ile antioksidan aktivite bakımından en avantajlı form olduğu ifade edilmiştir.

Smith ve Yu (2015) üzüm posası katkı oranlarının (0%, 5%, 10%) ve üzüm çeşidinin ekmeklerdeki toplam polifenol (TP) ve toplam flavonoid (TF) içerikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Elde edilen verilere göre, %10 üzüm posası ilavesiyle en yüksek polifenol içeriğine ulaşan örnek Scuppernong çeşidi olup, bu örnekte yaklaşık 1700 µg/g TP değeri elde edilmiştir. Bu değeri sırasıyla Nobel (~1400 µg/g), Sauvignon (~1100 µg/g) ve Franc (~1000 µg/g) çeşitleri takip etmiştir. Üzüm posası katkı oranı arttıkça TP seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiş, %5 katkı ile bu değerler yaklaşık %50–70 oranında yükselmiştir. Örneğin, katkısız Scuppernong ekmeğinde TP değeri yaklaşık 400 µg/g iken, %5 katkıda 1100 µg/g'a çıkmıştır. Benzer şekilde, toplam flavonoid içeriğinde de anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek TF değeri yine %10 katkı ile Scuppernong çeşidinde elde edilmiş ve yaklaşık 450 µg/g olarak ölçülmüştür. Diğer çeşitlerde bu değerler sırasıyla Nobel (~370 µg/g), Franc (~300 µg/g) ve Sauvignon (~280 µg/g) seviyelerinde olmuştur. Bu veriler, üzüm posasının özellikle fenolik bileşikler bakımından zengin bir katkı maddesi olduğunu ve çalışmamızla benzer şekilde katkı oranı ile doğru orantılı olarak içerikleri artırdığını ortaya koymuştur. Üzüm posalarının ekmeklerin antioksidan kapasiteleri üzerindeki etkisi TEAC değerlerine göre değerlendirildiğinde, %10 üzüm posası ilavesiyle en yüksek antioksidan aktivite Muscatine Nobel ve Muscatine Scuppernong türlerinde gözlenmiştir ve her iki türde de

TEAC değeri 1800 $\mu\text{M/g}$ seviyelerine ulaşmıştır. Bu örnekler, katkısız halleriyle karşılaştırıldığında yaklaşık 10 kata varan artışlar sergilemiştir (katkısız değerler ~ 200 $\mu\text{M/g}$ civarında). Cabernet Franc ve Cabernet Sauvignon türlerinde de benzer artışlar gözlenmiş olup, %10 katkı ile sırasıyla 1200 $\mu\text{M/g}$ ve 1000 $\mu\text{M/g}$ seviyelerine ulaşılmıştır. Kontrol grubu olarak değerlendirilen tam buğday (~ 300 $\mu\text{M/g}$) ve çavdar (~ 200 $\mu\text{M/g}$) ekmekleri, üzüm posası katkılı örneklerle kıyasla oldukça düşük antioksidan değerlere sahip olarak belirlenmiştir. Bu veriler ışığında, üzüm posası katkısının hem fonksiyonel bileşenler açısından (polifenol ve flavonoid) hem de antioksidan kapasite bakımından ekmek ürünlerinin besinsel değerini belirgin şekilde artırdığı sonucuna varılmıştır. Özellikle Scuppernong çeşidi üzüm posası, tüm parametrelerde en yüksek değerlere ulaşarak fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarında öne çıkan bir alternatif olarak belirlenmiştir.

4.3.5. Duyusal analiz sonuçları

Çalışmamızda kontrol grubu ve HPK ekmek örneklerinde yapılan duyusal analizlerde renk beğenisi skorlarının 6,862 ile 8,275 arasında, koku beğenisi skorlarının 7,375 ile 8,225 arasında, tat beğenisi skorlarının ise 7,387 ile 8,225 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ekmeklerin doku/tekstür beğeni skorlarının 6,625 ile 7,875 aralığında, genel kabul edilebilirlik değerlerinin de 6,750 ile 8,250 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Renk, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından en yüksek skorları kontrol grubu örnekleri almış, kontrol grubuna en yakın sonuçların ise %7,5 HPK grubu ekmeklerde olduğu belirlenmiştir.

Tekstür açısından en beğenilen ekmek örneği %7,5 HPK ekmek grubu olmuştur. Diğer taraftan örnekler istatistik açıdan değerlendirildiğinde, bütün duyusal kriterlerde kontrol ile %7,5 HPK ekmekleri ve %5 HPK ekmekleri ile %7,5 HPK ekmeklerinin benzerlik gösterdiği ($p>0.05$); %2,5 HPK ekmek örneklerinin bütün gruplardan daima farklı bulunduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Bununla birlikte %5 HPK ekmekleri genel kabul edilebilirlik kriteri haricinde diğer bütün kriterler bakımından yine kontrol grubu ekmekler ile benzerlik göstermiştir ($p>0.05$). Duyusal açıdan ekmeklere en az %5 oranında HP katkısının uygun olduğu söylenebilir. HP katkısının artması, ürünlerin duyusal özelliklerini olumsuz anlamda etkilememiş olup, burada posanın elde edildiği üzüm çeşidinin de (Cabernet Sauvignon) pozitif etki yarattığı düşünülmektedir. Ekmek örneklerine ait duyusal skorların ortalamaları Çizelge 4.12’de verilmiş, sonuçlara dair grafikler ise Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

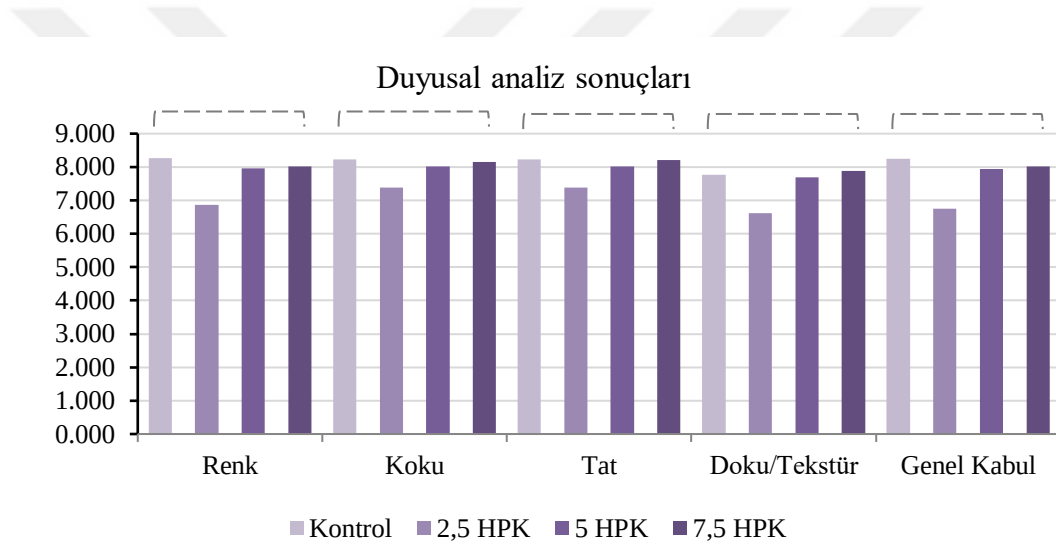
Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin duysal analiz skorları

Analizler	Kontrol	%2,5 HPK	%5 HPK	%7,5 HPK
Renk	8,275±0,775 ^A	6,862±0,847 ^B	7,95±0,335 ^A	8,025±0,466 ^A
Koku	8,225±0,724 ^A	7,375±0,551 ^B	8,025±0,391 ^A	8,150±0,545 ^A
Tat	8,225±0,800 ^A	7,387±0,635 ^B	8,012±0,582 ^A	8,200±0,388 ^A
Doku/Tekstür	7,775±0,629 ^A	6,625±0,551 ^B	7,700±0,597 ^A	7,875±0,574 ^A
Genel Kabul	8,250±0,742 ^A	6,750±0,493 ^C	7,937±0,395 ^B	8,025±0,338 ^{AB}

Değerler ± standart sapmayı ihtiva etmektedir.

^{A,B} Aynı satırda farklı örnekler arasında farklı harflerle gösterilen sonuçlar arasında istatistiki olarak fark bulunmaktadır (p<0.05).

HPK: Hardaliye Posası Katkılı



Şekil 4.12. Duyusal analiz grafiği

Şporin vd. (2017) farklı üzüm çeşitlerinden elde edilen üzüm posası unu katkısının beyaz ekmeklerin duysal özelliklerine etkisinin, kullanılan posanın tipi ve miktarına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterdiğini (p<0,05) yaptıkları çalışmada tespit etmişlerdir. Kabuk görünümünde, 'Merlot' üzüm posası unu ilavesi ile özellikle %10 ve %15 oranlarında homojenlik ve renk değerleri artmış, böylece daha koyu ve homojen bir kabuk oluşumu gözlenmiştir. Bu durum, posanın kabukta görsel kaliteyi olumlu yönde etkileyebileceğini göstermiştir. İç yapı açısından incelendiğinde, posalı örneklerde kabuk kalınlığı kontrol grubuna göre artarken, gözenek homojenliği genellikle benzer seviyede kalmıştır. Ancak %15 oranındaki Zelen posası unu katkısı ile kabuk kalınlığı ve gözenek

büyüklüğü daha fazla artış göstermiştir. Çalışmada özellikle ‘Merlot’ grubunda posa unu katkı oranı arttıkça ürünlerde direnç (toughness), kırılabilirlik (crumbliness) ve kum hissi (sand feeling) parametreleri artış göstermiştir. %15 Merlot posası katkısı ile hazırlanan ekmekler en yüksek kırılabilirlik ve kum hissine sahip olmuştur. Genel olarak, üzüm posası unu katkısı ekmeğin görünüm, iç yapı ve doku özelliklerini önemli ölçüde etkilemiş; Merlot posasının yüksek oranlarda kullanımı kabuk homojenliğini artırsa da doku üzerinde olumsuz etkiler (sertlik, kum hissi) oluşturmuştur.

Tolve vd. (2021), farklı oranlarda üzüm posası (GP5 ve GP10) ilavesiyle ve ilave edilmeden (GP0) üretilen ekmeklerin duyu özelliklerine ilişkin değerlendirmeleri, 9 puanlık hedonik ölçek kullanarak sunmuşlardır. Genel olarak, üzüm posası ilavesinin ekmeklerin duyu profilini çeşitli yönlerden etkilediği görülmüştür. Kabuk kalınlığı, gözeneklilik ve renk homojenliği gibi fiziksel özelliklerde, GP5 grubunun değerlendirme puanları kontrol grubuna kıyasla benzer veya daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, düşük oranlı üzüm posası ilavesinin ekmeğin dış yapısal özellikleri üzerinde olumlu etkiler gösterebileceği şeklinde yorumlanmıştır. Ancak GP10 grubunda bu parametrelerde düşüş gözlemlenmiş, bu da yüksek düzeydeki posa ilavesinin yapısal özellikleri olumsuz etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Tat ve aroma bileşenleri açısından, GP5 ve GP10 örneklerinde şarap kokusu ve burukluk (astringency) gibi karakteristik özelliklerin artış gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, üzüm posasının kendine özgü fenolik bileşiklerinden kaynaklanmış, özellikle GP10 örneklerinde belirgin bir şekilde hissedilmiştir. Ancak bu artışın, hoş olmayan acılık (bitterness) veya maya kokusu (yeast smell) gibi bazı olumsuz duyu etkileri beraberinde getirebildiği anlaşılmıştır. Genel lezzet (global flavour) açısından, GP5 grubu duyu olarak kontrol grubuna oldukça yakın sonuçlar almıştır. Bu da %5 düzeyinde üzüm posası ilavesinin, ürünün tüketici kabulünü olumsuz etkilemeden ürünlere önemli ölçüde fonksiyonel değer katabileceğini göstermiştir. GP10 grubunda ise bazı olumsuz özelliklerin daha belirgin olmasının, yüksek posa oranlarının duyu kaliteyi düşürebileceğine işaret ettiği bildirilmiştir. Sonuç olarak duyu analiz sonuçları, üzüm posasının uygun oranlarda eklenmesi durumunda ekmek ürünlerinin hem fonksiyonel hem de duyu kalitesini destekleyebileceğini, ancak yüksek oranlarda yapılan ilavenin tüketici kabulünü sınırlayabileceğini ortaya koymuştur.

Smith ve Yu (2015), farklı üzüm çeşitlerinden elde edilen üzüm posası (GP) türleri ve katkı oranlarının (%5 ve %10) ekmeklerin duyu özellikleri (renk, aroma, doku, tat) üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubunda (0% GP) tüm duyu

parametrelerde en yüksek skorlar elde edilmiş olup; bu grup örnekler renk ($7,40 \pm 1,18$), aroma ($7,07 \pm 1,00$), doku ($6,86 \pm 1,25$) ve tat ($6,80 \pm 1,61$) değerleri ile istatistiksel olarak diğer örneklerden ayrılmıştır ($p < 0.05$). Muscadine türlerine ait örneklerde, özellikle Noble ve Scuppernong çeşitlerinde hem %5 hem de %10 katkı düzeylerinde tüm duyuşsal parametrelerde belirgin düşüşler gözlemlenmiştir. Örneğin, %10 Noble katkılı ekmekte renk skoru 5,71, aroma skoru 4,73, doku 4,85 ve tat 4,62 olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde, %10 Scuppernong katkı ile aroma (5,13) ve doku (4,39) skorları düşük değerler almıştır. Bu düşüşlerin, bu üzüm türlerinin kabuk ve çekirdek kısımlarında bulunan fenolik bileşiklerin duyuşsal açıdan daha az kabul gören aromatik veya dokusal etkiler yaratabileceğinden kaynaklandığı tahmin edilmiştir. Diğer yandan, Cabernet Franc ve Cabernet Sauvignon türleri, özellikle %5 ve %10 katkı düzeylerinde daha dengeli ve tüketiciye kabul edilebilir duyuşsal sonuçlar sergilemiştir. Cabernet Sauvignon %10 katkıda renk ($6,53 \pm 1,19$), aroma ($6,00 \pm 1,11$), doku ($6,20 \pm 1,66$) ve tat ($5,73 \pm 1,83$) skorları ile kontrol grubuna istatistiksel olarak en yakın sonuçları vermiştir. Bu bulgu, Cabernet Sauvignon posasının duyuşsal kaliteyi daha az olumsuz etkilediğini ve potansiyel olarak endüstriyel uygulamalarda tercih edilebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, üzüm posası ilavesinin ekmeklerin fonksiyonel özelliklerini arttırmış olsa da, duyuşsal kalite üzerinde bazı olumsuz etkiler yaratabileceği görülmüştür. Ancak bu etki, kullanılan üzüm türüne ve katkı oranına bağlı olarak değişmiştir. Özellikle Cabernet Sauvignon çeşidi, %10 katkıda dahi kabul edilebilir duyuşsal kalite sunarak fonksiyonel ürün geliştirme açısından öne çıkmıştır.

Alshawhi (2024) buğday ununa farklı oranlarda (%5-20 arası) üzüm posası tozu (GPP) ilave ederek atıştırmalık ürün üretmiş ve üretilen ürünleri çeşitli özellikler ile duyuşsal bakımdan incelemiştir. Bu çalışmada duyuşsal değerlendirme kriterleri; renk, aroma (flavour), tat, gevreklik (crispness), görünüm ve genel beğeni (overall acceptability) başlıkları altında toplanmıştır. Renk açısından en yüksek puan kontrol grubuna (C: 8,5) verilmiş olup, GPP ilave oranı arttıkça renk puanının istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaldığı ($p < 0.05$) gözlenmiştir. T1, T2 ve T3 örnekleri ortalama olarak sırasıyla 8,3, 8,2 ve 7,0 puan almış, T4 örneği (20% GPP) en düşük değer olan 6,3 puanını almıştır. Bu durum, yüksek GPP katkısının ürün renginde tüketici alışkanlıklarının dışında bir görünüme neden olabileceğini ve bu nedenle ürünlerin düşük puanlar aldığını göstermiştir. Aroma ve tat değerlendirmeleri açısından GPP ilavesi pozitif etkiler oluşturmuştur. Tat değerlendirmesinde, T4 örneği 8,9 puan ile en yüksek değeri alırken,

kontrol grubuna göre GPP ilavesiyle anlamlı düzeyde artış gözlenmiştir. Benzer şekilde aroma açısından da T4 örneği 8,8 puanla en yüksek değeri almıştır. Bu durum, üzüm posasının ürüne kendine özgü ve beğenilen bir aroma ve tat kazandırdığını göstermiştir. Gevreklik açısından, GPP oranı arttıkça duyuşsal puanlarda hafif bir artış eğilimi görölmüş; T4 örneği 8,6 puanla en yüksek değeri alırken, kontrol örneği 8,0 puanla en düşük değerde kalmıştır. Bu sonuç, yine GPP ilavesinin ürün dokusuna katkı sağladığını ve GPP katkılı ürünlerin tüketici tarafından daha gevrek bulunduğuna işaret etmiştir. Görünüm değerdendirmesi incelendiğinde ise, kontrol örneği (8,5 puan) en yüksek değere sahipken, GPP oranı arttıkça puanlar düşmüş ve T4 örneği yalnızca 5,2 puan almıştır. Ürünlerin renkleri görsel değışikliklerini etkilemiş ve bu açıdan tüketici algısında olumsuz etki yaratmıştır. Genel beğeni (overall acceptability) açısından, kontrol grubu ve T1 ile T2 örnekleri benzer beğeni düzeylerine sahipken (8,3–8,4 arası), T3 ve T4 örneklerinde bu değerler anlamlı olarak azalmıştır (7,6 puan). Bu durum, GPP ilavesinin belirli bir seviyeye kadar ürünlerin duyuşsal özelliklerini olumlu etkilediğini, yüksek oranlarda (özellikle %15’in üzeri) kullanımı durumunda ise tüketici kabulünü olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Sonuç olarak, GPP ilavesinin buğday unundan yapılan atıştırmalık ürünlerin aroma, tat ve gevreklik gibi bazı duyuşsal özelliklerinde gelişme meydana getirdiği, ancak renk ve görünüm gibi parametrelerinde özellikle yüksek ilave oranlarında olumsuz etkilere neden olabileceği görölmüştür. Bu nedenle hem besinsel zenginleştirme, hem de duyuşsal açıdan tüketici kabulünü arttırmak için GPP kullanım oranının %10 seviyelerinde tutulmasının uygun olabileceği ifade edilmiştir.

Troilo vd. (2022) farklı partikül boyutlarında üzüm posası tozu (GPP) ilavesiyle hazırlanan muffin örneklerinin çeşitli kalite özelliklerinin yanı sıra, duyuşsal özelliklerini de incelemiş ve raporlamıştır. Dört farklı grupta (M425: 600–425 µm, M300: 425–300 µm, M212: 300–212 µm, M150: 212–150 µm) üretilen örnekler arasında çeşitli duyuşsal özellikler açısından anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. Özellikle, M150 örneği kabuk rengi yoğunluğu ve iç renk homojenliği açısından en yüksek skora ulaşmıştır. Buna karşılık, M425 örneği iç gözenek homojenliği ve koku bakımından daha yüksek değerler göstermiştir. Tüm örnekler arasında yumuşaklık ve yapışkanlık açısından benzer skorlar elde edilmiştir. Ancak, acılık, baharatlılık ve burukluk gibi olumsuz algılanabilecek özelliklerin tüm örneklerde düşük seviyede olması, üzüm posası tozunun bu bağlamda olumsuz bir etkisinin olmadığını ortaya koymuştur. Genel kabul edilebilirlik açısından ise M425 ve M300 örnekleri diğerlerine kıyasla daha yüksek skorlar almış olup, bu durum

daha büyük partikül boyutlarının tüketici beğenisi üzerinde olumlu etkiler yaratabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Bu çalışmada elde edilen bulgular, üzüm posası tozunun duyusal kaliteyi nasıl etkilediğini anlamada önemli veriler sunmuş ve uygun partikül boyutunun ürün kalitesi açısından dikkate alınması gerektiğine dikkat çekmiştir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, geleneksel fermente bir içecek olan hardaliyeden üretim süreci sonrası elde edilen posanın ekmek üretiminde kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Bilindiği üzere fonksiyonel açıdan son derece değerli olan hardaliye içeceği üretiminden sonra çoğu zaman atık niteliğinde kabul edilmekte ve değerlendirilememektedir. Ancak üretimde kullanılan değerli üzümlerin kabuk ve çekirdeklerinden oluşan posa, oldukça yüksek ve beslenme açısından son derece önemli biyoaktif bileşenleri içermektedir. Dolayısıyla bu posanın ekmek üretiminde kullanımı hem fonksiyonel açıdan ekmeğin zenginleştirilmesine katkıda bulunmak, hem de bu kıymetli yan ürünün değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Hardaliye posası kurutulup toz haline getirildikten sonra farklı oranlarda (%2,5, %5 ve %7,5) buğday ununa ilave edilerek elde edilen un ve bu undan üretilen ekmek örneklerinin fiziksel, kimyasal, reolojik, tekstürel, biyoaktif ve duyuşal özellikleri detaylı analizlerle incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, hardaliye posasının ekmek üretiminde kullanılabilir bir bileşen olduğunu ortaya koymakla birlikte, katkı oranına bağlı olarak un ve ekmeklerin çeşitli parametrelerinde önemli değişikliklerin meydana geldiğini ortaya koymuştur. Özetle posanın yüksek oranda kullanıldığı örneklerde bazı teknolojik özelliklerde olumsuzluklar gözlemlenirken, biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite gibi sağlıkla ilişkilendirilen parametrelerde dikkate değer artışlar sağlanmıştır.

Hardaliye posa analiz sonuçları: Yapılan analizler sonucunda hardaliye posasının %13,27 nem içeriğine ve 0,453 su aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. pH değeri 3,03 olup, bu değer posanın asidik yapısını ve mikrobiyal açıdan dayanıklı olduğunu göstermektedir. Kül oranı %2,99 ile posanın mineral açısından zengin olduğunu ortaya koymuştur. Renk analizlerinde L* 24,35, a* 9,26 ve b* -0,65 olarak ölçülmüş; bu da koyu renkli, kırmızıya yakın tonları göstermektedir. Renk özellikleri, posanın doğal renklendirici olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir. Fonksiyonel bileşenler açısından değerlendirildiğinde; toplam fenolik madde miktarı 46,08 mg GAE/g, toplam flavonoid içeriği 19,36 mg kateşin eşdeğeri/g, toplam monomerik antosiyanin miktarı ise 0,59 mg Mlv-3-gly eşdeğeri/g olarak tespit edilmiştir. Antioksidan kapasite değerleri ise

ABTS için 86,60 mg ve FRAP için 66,33 mg troloks eşdeğeri/g kuru posa olarak ölçülmüştür. Bu veriler, hardaliye posasının fonksiyonel gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Hem besinsel içeriği hem de renk ve antioksidan özellikleri ile özellikle unlu mamuller ve atıştırılmalık ürünlerde değerlendirilmesi mümkündür.

HPK un ve hamur analiz sonuçları: Yapılan analizler, farklı oranlarda hardaliye posası ilavesiyle hazırlanan un örneklerinde bazı fizikokimyasal ve reolojik özelliklerde değişiklikler meydana geldiğini ortaya koymuştur. Kimyasal analiz sonuçlarına göre, HPK unun nem içeriğinde hafif bir azalmaya yol açmıştır. Kontrol örneği %13,97 nem içerirken, %7,5 HPK'da bu oran %13,30'a düşmüştür. Protein oranı tüm örneklerde benzer düzeyde kalmış, ancak %7,5 HPK'da kül oranı %0,95 ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu durum, HPK ile birlikte mineral içeriğinde artış olduğunu göstermektedir. Farinograf analizleri, su absorpsiyonunun %60,57–61,57 aralığında değiştiğini, HPK'nın su tutma kapasitesini önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Gelişme süresi ve stabilite süreleri bakımından da örnekler arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Ancak yumuşama derecesi %7,5 posa ilavesiyle birlikte artmış (86 BU), bu da hamur dayanıklılığında azalmaya sebep olmuştur. Ekstensograf sonuçlarına göre, %7,5 HPK'da enerji değeri (55,33 cm²), direnç (544 BU) ve maksimum direnç (567 BU) değerleri belirgin şekilde azalmıştır. Bu durum, hamurun elastikiyetinin ve dayanıklılığının yüksek oranda HPK ile azaldığını göstermektedir. Diğer gruplarda bu düşüş daha sınırlı olmuştur. Gluten analizlerinde, %7,5 HPK'da gluten oranı (%26,53) ve gluten indeksinde (%95,99) düşüş gözlenmiştir. Düşen gluten miktarı, HPK'nın gluten yapısını seyrelttiğini göstermektedir. Sedimentasyon sonuçlarına göre, posa katkısı ile birlikte hem normal hem de gecikmeli sedimentasyon değerlerinde kademeli bir azalma olmuştur. Bu durum, unun protein kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yaratabileceğini göstermektedir. Nişasta zedelenmesi oranları ise gruplar arasında anlamlı farklılık göstermemiştir. Enzim aktivitesi analizlerinde, özellikle düşme sayısı parametresinde kontrol örneği ile %7,5 posa ilaveli örnek arasında belirgin bir düşüş (373 sn → 306 sn) gözlemlenmiştir. Bu düşüş, enzimatik aktivitede artış olduğunu ve dolayısıyla unun viskozitesinde azalma meydana gelebileceğini göstermektedir. Mikrobiyal düşme sayıları ise gruplar arasında önemli farklılık göstermemiştir. Bu sonuçlar, HPK'nın unun mineral içeriğini ve fonksiyonel özelliklerini artırabildiğini; ancak yüksek oranlarda kullanımın hamur yapısını ve bazı reolojik özellikleri olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Dolayısıyla fonksiyonel katkı sağlamak amacıyla posa ilavesi önerilirken, kullanılacak oran dikkatle belirlenmelidir. %2,5–5 düzeyindeki ilavelerin, teknolojik özellikler açısından daha uygun olduğu söylenebilir.

HPK ekmek analiz sonuçları: Su aktivitesi ve nem oranı bakımından tüm örnekler Türk Gıda Kodeksi sınırlarının üzerinde sonuçlar verse de (0,887-0,924) (%39,46–42,78), bu durumun pişirme koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir. En yüksek nem oranı %2,5 HPK’da %42,78 olarak belirlenmiş, kontrol grubunda ise bu değer %39,46’da kalmıştır ($p<0,05$). HPK arttıkça pH değeri düşmüş, kontrol grubunda 5,183 olan değer %7,5 posa katkılı ekmekte 4,493 olarak tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu durum, posadaki fenolik bileşiklerin asidik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kül oranlarında ise HPK ile sayısal bir artış gözlenmiş ancak bu artışlar istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$).

Renk analizlerinde en dikkat çekici değişim L^* (açıklık) değerinde gözlenmiştir. Kontrol grubunda 67,536 olan bu değer, %7,5 HPK’da 30,774’e düşmüştür ($p<0,05$), bu da ekmek renginin koyulaştığını göstermektedir. Aynı şekilde a^* (kırmızılık) değeri artmış ($-3,364 \rightarrow 8,794$) ve b^* (sarılık) değeri düşmüştür ($19,408 \rightarrow 5,310$) ($p<0,05$). Bu değişimler, posanın içeriğindeki pigmentlerin ekmeğin renk yapısına etkisini açıkça göstermektedir.

Tekstür analizlerinde, hardaliye posası ilavesinin ekmek yapısında önemli değişikliklere yol açtığını anlaşılmıştır. Sertlik değerleri, kontrol grubunda 434,16 g iken, posa ilavesiyle birlikte belirgin şekilde artmıştır. Özellikle %2,5 ve %5 posa ilavesiyle ekmeklerin sertliği sırasıyla 855,16 g ve 829,84 g olarak ölçülmüş, bu da posanın yapısal yoğunluğu artırdığını göstermektedir. En yüksek sertlik %2,5 posa ilavesinde gözlenmiş, %7,5 posa ile bu değer bir miktar azalmıştır (745,13 g), ancak yine de kontrol grubunun oldukça üzerindedir. Elastikiyet değerleri incelendiğinde, kontrol örneği 0,634 mm ile en yüksek değere sahipken, posa ilavesi arttıkça elastikiyetin düştüğü görülmüştür. Bu durum, ekmek içi yapısında daha sıkı ve yaylanma özelliği düşük bir yapı oluştuğunu göstermektedir. Benzer şekilde, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri de posa ilavesiyle birlikte artmış, bu da ürünlerin daha yoğun ve çiğnenmesi daha fazla enerji gerektiren bir doku kazandığını göstermiştir. İç yapışkanlık (cohesiveness) ve esneklik (resilience) parametrelerinde gruplar arasında anlamlı farklar bulunmamakla birlikte, %7,5 posa ilavesinde bu değerlerde hafif düşüşler gözlenmiştir. Bu da daha az bütünlüğe ve geri tepme kabiliyetine sahip bir iç yapıya işaret etmektedir. Genel olarak

değerlendirildiğinde, posa ekmek tekstürünü önemli ölçüde etkilemiş; sert, daha az elastik ve çignenebilirliği yüksek yapılar ortaya çıkarmıştır. Bu durum, HPK'nın lif içeriği ve su bağlama kapasitesi ile ilişkilendirilebilir. Dolayısıyla, posa ilavesiyle hazırlanan fonksiyonel ekmeklerde istenilen yapı özelliklerinin korunabilmesi için formülasyon ve üretim sürecinde optimizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

HPK ekmeklerde biyoaktif bileşen içeriklerinde kayda değer artışlar gözlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarı kontrol örneğinde 10,128 mg GAE/100g iken, %7,5 HPK örneğinde 30,575 mg GAE/100g'a ulaşmıştır. Aynı artış toplam flavonoid (0,00 → 33,665 mg CE/100g), toplam antosiyanin (0,00 → 2,534 mg Mlv-3-gly/100g), ABTS (15,445 → 62,734 mg TE/100g) ve FRAP (18,683 → 119,962 mg TE/100g) değerlerinde de gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, posanın biyoaktif zenginliğinin ısı işlemine rağmen korunabildiğini ve fonksiyonel ekmek geliştirilmesinde etkili bir kaynak olabileceğini göstermektedir.

Duyusal analizlerde tüm parametrelerde %2,5 katkılı ekmek örneği istatistiksel olarak en düşük beğeni puanlarını alırken, %5 ve %7,5 HPK ekmekler kontrol grubu ile benzer beğeni düzeylerine ulaşmıştır ($p < 0,05$). Özellikle renk, tat ve genel kabul parametrelerinde %5 ve %7,5 HPK örnekleri kontrol grubu ile benzerlik göstermiştir. Bu durum, posa katkısının duyusal kaliteyi belirli bir orana kadar etkilemediğini, hatta tüketici beğenisinde kabul edilebilir düzeyde olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar doğrultusunda verilebilecek öneriler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir;

- Hardaliye posası, içerdiği biyoaktif bileşikler ve antioksidan kapasitesi ile ekmek üretiminde ve unlu mamul ürünleri geliştirme çalışmalarında fonksiyonel bir katkı maddesi olarak başarıyla değerlendirilebilir.
- HPK'nın un yapısına etkileri göz önünde bulundurularak %5 katkı oranı, fonksiyonel içerik ve teknolojik özellikler bakımından optimum düzey olarak değerlendirilebilir.
- HPK'nın gluten kalitesi ve hamur yapısı üzerindeki etkilerini dengelemek için enzim (örneğin GOX) veya yapı düzenleyici bileşenlerle desteklenmiş formülasyonlar önerilebilir.

- Renk farklılıklarının belirginleştüğü yüksek oranlarda HPK, bazı tüketici gruplarında görsel kabulü etkileyebilir. Bu nedenle ürün tipi ve hedef kitleye uygun stratejik kullanım önemlidir.
- Gelecek çalışmalarda, HPK'nın farklı un türleriyle kombinasyonu veya mikrokapsülleme gibi teknolojilerle işlenerek etkilerinin optimize edilmesi önerilmektedir.





KAYNAKLAR

- AACC (2000). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed.
- Acun, S., & Gül, H. (2014). Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(1), 81-88. doi:DOI:10.3920/QAS2013.0264
- Aghamirzaei, M., Peighambaroust, S. H., Azadmard-Damirchi, S., & Majzoobi, M. (2015). Effects of Grape Seed Powder as a Functional Ingredient on Flour Physicochemical Characteristics and Dough Rheological Properties. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(2), 365-373.
- Ajila, C. M., Leelavathi, K. R., & Prasada Rao, U. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 319-326. doi:https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.001
- Aktaş, Ş., Hasköylü, A., & Güneş, E. (2015). Nutritional Properties of Hardaliye. *he 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus"* (s. 573). Sarajevo/Bosnia and Herzegovina: 1-4 October.
- Alshawi, A. H. (2024). Enriching wheat flour with grape pomace powder impacts a snack's chemical, nutritional, and sensory characteristics. *Czech Journal of Food Sciences*, 42(4), 243–250. doi:https://doi.org/10.17221/103/2024-CJFS
- Amirnia, R., Ghiyasi, M., & Tajbakhsh, M. (2012). Effect of Different Altitude on Some Biological Parameter of Wild Mustard. *Reserach Journal of Agricultural Sciences*(2), 144-147.
- Amjid, M., Shehzad, A., Hussain, S., Shabbir, M., Khan, M., & Shoaib, M. (2013). A comprehensive review on wheat flour dough rheology. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 23(2), 105-123. http://www.psfst.com/_jpd_fstr/9db9d2eac8ae428e46637a216c96feec.pdf adresinden alındı
- AOAC (2010). *Official methods of analysis of AOAC International*(18th Edition). Washington D.C.
- AOAC 930.15. **Official Methods of Analysis** (2000) 17th Ed. *Method 930.15*. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Arslan, M. (2018). Hardaliyenin Geleneksel Üretim Yöntemleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Geleneksel Gıdalar Dergisi*, 5(1), 45-55.
- Autio, K., Flander, L., Kinnunen, A., & Heinonen, R. (2001). Bread Quality Relationship with Rheological Measurements of Wheat Flour Dough. *Cereal Chemistry*, 78(6), 654-657. doi:https://doi.org/10.1094/CCHEM.2001.78.6.654

- Aydoğan, S., Akçacık, A. G., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M. N., & Ekici, M.** (2012). Ekmeklik Buğday Unlarında Alveograf, Farinograf ve Miksografta Ölçülen Reolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(1), 74-82.
- Aydoğdu, H., Yıldırım, Ş., Halkman, A. K., & Durgun, T.** (2014). A study on production and quality criteria of hardaliye, a traditional drink from Thrace region of Turkey. *Gıda*, 39(3), 139-145.
- Bandyopadhyay, K., Chakraborty, C., & Bhattacharyya, S.** (2014). Fortification of mango peel and kernel powder in cookies formulation. *Journal of Academia and Industrial Research*, 2(12), 661-664.
- Bashimov, G.** (2017). Türkiye’de Üzüm Üretimi ve İhracat Performansı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31(2), 57-68.
- Bender, A., Speroni, C., Salvador, P., Loureiro, B., Lovatto, N., Goulart, F., . . . Penna, N.** (2016). Skins and the Effects of Its Inclusion in the Technological Properties of Muffins. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(2), 143–157. doi:doi:10.1080/15428052.2016.1225535
- Benzie, I. F., & Strain, J. J.** (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76.
- Bolek, S.** (2020). Olive stone powder: A potential source of fiber and antioxidant and its effect on the rheological characteristics of biscuit dough and quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 1-6.
- Boz, Y., Altındışli, Ö., Yayla, F., Özer, C., Gündüz, A., Avcı, G. G., . . . Özen, T.** (2005). Trakya Bölgesinde Organik Şaraplık Üzüm Yetiştiriciliği. Türkiye 6.Bağcılık Sempozyumu. 19-23 Eylül 2005 Tekirdağ.
- Bredariol, P., Spatti, M., & Vanin, F.** (2019). Different baking conditions may produce breads with similar physical qualities but unique starch gelatinization behaviour. *LWT - Food Science and Technology*, 111, 737-743.
- Bursa, K., Kilicli, M., Toker, Ö. S., Palabıyık, İ., Gülcü, M., Yaman, M., . . . Konar, N.** (2022). Formulating and studying compound chocolate with adding dried grape pomace as a bulking agent. *J Food Sci Technol*, 59(5), 1704-1714.
- Cabaroğlu, T., & Yılmaztekin, M.** (2006). Üzümün Bileşimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Buldan Sempozyumu* (s. 999-1004). Denizli: Pamukkale Üniversitesi Buldan Meslek Yüksekokulu.
- Carmona-Jiménez, Y., García-Moreno, M., & García-Barroso, C.** (2018). Effect of Drying on the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Red Grape Pomace. *Plant Foods Hum Nutr*, 73(1), 74-81.
- Chen, S.-X., Ni, Z.-J., Thakur, K., Wang, S., Zhang, J.-G., Shang, Y.-F., & Wei, Z.-J.** (2021). Effect of grape seed powder on the structural and physicochemical properties of wheat gluten in noodle preparation system. *Food Chemistry*(355). doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129500

- Cosme, F., Pinto, T., & Vilela, A.** (2018). Phenolic Compounds and Antioxidant Activity in Grape Juices: A Chemical and Sensory View. *Beverages*, 4(1), 22.
- Coşkun, F.** (2017). A Traditional Turkish Fermented Non-Alcoholic Grape-Based Beverage, Hardaliye. *Beverages*, 3(2), 1-11.
- Coşkun, F., & Arıcı, M.** (2011). Hardaliyenin Bazı Özellikleri Üzerine Farklı Hardal Tohumları ve Üzüm Çeşitleri Kullanımının Etkisi. *Akademik Gıda*, 9(3), 6-11.
- Coşkun, F., Arıcı, M., Çelikyurt, G., & Gülcü, M.** (2012). Farklı Yöntemler Kullanılarak Üretilen Hardaliyelerin Bazı Özelliklerinde Depolama Sonunda Meydana Gelen Değişmeler. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3), 62-67.
- Cruz, L., Clemente, G., Mulet, A., Ahmad-Qasem, M., Barrajon-Catalán, E., & García-Pérez, J.** (2016). Air-borne ultrasonic application in the drying of grape skin: Kinetic and quality considerations. *Journal of Food Engineering*, 251-258.
- Curic, D., Dugum, J., & Bauman, İ.** (2002). The influence of fungal α -amylase supplementation on amylolytic activity and baking quality of flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 673–680.
- da Silva Nogueira, E. T., Prudêncio Dutra, M. d., Barros Santos, R. G., Araújo Carvalho, A. d., & Lima, M. d.** (2024). Phenolic composition and encapsulation of Brazilian grape seed extracts: evaluating color stabilizing capacity in grape juices. *Journal of Food Science and Technology*, 61, 1778-1789.
- Demirci, A., & Karaman, S.** (2020). Wheat Bread Production and Its Nutritional Value: A Review. *Turkish Journal of Agriculture and Food Sciences*, 9(2), 245-250.
- Demirkesen, İ., Sumnu, G., Sahin, S., & Jamal, S.** (2019). Gluten-Free Bread Enriched with Functional Ingredients: Effects of Chia and Flaxseed. *Food Science & Technology International*, 25(3), 189-196.
- Dhanasekharan, K., Wang, C., & Kokini, J.** (2001). Use of Nonlinear Differential Viscoelastic Models to Predict the Rheological Properties of Gluten Dough. *Journal of Food Process Engineering*, 24(3), 193-216. doi:https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2001.tb00540.x
- Dirim, S. N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H., & Balkesen, N.** (2014). Farklı Unların Ekmek Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 12(4), 27-35.
- Dobraszczyk, B., & Morgenstern, M.** (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of Cereal Science*, 38(3), 229-245. doi:https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00059-6
- Doğan, S., & Çelik, S.** (2017). Üzüm ve Zeytin Posalarının Ekmek Üretiminde Kullanımı ve Duyusal Özelliklere Etkisi. *Gıda Teknolojileri Dergisi*, 22(1), 55-62.
- Ertaş, N., & Doğruer, Y.** (2010). Besinlerde Tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 35-42.

- FAO (2020). *World Agriculture Report: Grapes*. Food and Agriculture Organization.
- FAO (2022). *Crops and livestock products*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fariña, E., Daghero, H., Bollati-Fogolin, M., Boido, E., Cantero, J., Moncada-Basualto, M., . . . Paulino, M. (2023). Antioxidant Capacity and NF-kB-Mediated Anti-Inflammatory Activity of Six Red Uruguayan Grape Pomaces. *Molecules*, 28(9), 3909.
- Faubion, J., & Hoseney, R. (1990). The Viscoelastic Properties of Wheat Flour Doughs. H. Faridi (Dü.) içinde, *Dough Rheology and Baked Product Texture* (s. 29-66). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Frangakis-Syrett, E. (2017). XVIII. yy. Başından, XX. yy. Başlarına Krala Gemiyle İzmir'den Giden Sultaniye Kuru Üzüm İhracatı. *Üzümün Akdeniz'deki Yolculuğu* (s. 121-131). İzmir: İzmir Akdeniz Akademisi.
- Georgopoulos, T., Larsson, H., & Eliasson, A.-C. (2004). A comparison of the rheological properties of wheat flour dough and its gluten prepared by ultracentrifugation. *Food Hydrocolloids*, 18, 143-151. doi:doi:10.1016/S0268-005X(03)00059-6
- Gerardi, C., D'amico, L., Migoni, D., Santino, A., Salomone, A., Carluccio, M., & Giovinnazzo, G. (2020). Strategies for Reuse of Skins Separated From Grape Pomace as Ingredient of Functional Beverages. *Front Bioeng Biotechnol*, 26(8), 645.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2012, 2). Türk Gıda Kodeksi. *Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2013, Nisan 2). Türk Gıda Kodeksi. *Buğday Unu Tebliği (Tebliğ No: 2013/9)(Sayı : 28606)*.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*.
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C., Caballero, P., & Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216(1), 51-56.
- Gong, W., Wang, X., Wang, F., & Wang, J. (2023). Correlation Analysis between Wheat Flour Solvent Retention Capacity and Gluten Aggregation Characteristics. *Foods*, 12(9), 1879.
- Gucer, Y., Aydoğdu, H., & Durgun, T. (2009). A traditional Thracian beverage: 'hardaliye'. *Trakia Journal of Sciences*, 7(2), 208-210.
- Gül, H., & Ödeş, N. (2020). The effects of grape seed flour and glucose oxidase supplementation on the some quality attributes of bread. *International Journal of Agriculture, Forestry and Life Sciences*, 4(1), 14-20.
- Gülcü, M., Uslu, N., Özcan, M. M., Yılmaz, F. G., Özcan, M. M., Banjanin, T., . . . Lemiasheuski, V. (2019). The investigation of bioactive compounds of

- wine, grape juice and boiled grape juice wastes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(2), 1-14.
- Güldaş, M.** (2017). Fermente İçecekler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Gıda Bilimi ve Teknoloji Dergisi*, 12(3), 200-210.
- Güler, A.** (2023). Effects of different maceration techniques on the colour, polyphenols and antioxidant capacity of grape juice. *Food Chemistry*, 404(A). doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134603>
- Güler, M., & Aydın, C.** (2015). kmek Üretimi ve Besin Değeri: Beyaz Ekmek ile Tam Buğday Ekmeği Karşılaştırması. *Türk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 10(3), 235-245.
- Gündüz, G. T., Vurmaz, A. K., Solak, E., & Sözbir, H. D.** (2019). Antimicrobial, Antioxidant Activities and Total Phenolic Contents of the Traditional Turkish Beverages Produced by Using Grapes. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 7(1), 119-125.
- Gürbüz, H.** (2018). Trakya Bölgesi Geleneksel İçeceği Hardaliyenin Üretimi ve Mikrobiyolojik Güvenliği Üzerine Bir Araştırma. *Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4), 428-437.
- Gürbüz, Ö.** (2018). Hardaliye üretiminde kullanılan antimikrobiyal maddelerin fermantasyon üzerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, 91. Edirne: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Hallen, E., İbanoğlu, Ş., & Ainsworth, P.** (2004). Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 177-184.
- Hamdi, A. M., & Ahmed, S. H.** (2021). Effect of Adding Grape Seed Powder on The Chemical Composition and Rheological Properties of Local Wheat Flour. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 21(4), 112-121. doi:[doi:10.25130/tjas.21.4.12](https://doi.org/10.25130/tjas.21.4.12)
- Hayta, M., Özüğür, G., Etgü, H., & Şeker, İ. T.** (2014). Effect of Grape (Vitis Vinifera L.) Pomace on the Quality, Total Phenolic Content and Anti-Radical Activity of Bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(3), 980-986. doi:<https://doi.org/10.1111/jfpp.12054>
- Hosseinalipour, S., Tohidi, A., & Shokrpour, M.** (2012). A review of dough rheological models used in numerical applications. *Journal of Computational & Applied Research in Mechanical Engineering (JCARME)*, 1(2), 129-147. doi:<https://doi.org/10.22061/jcarme.2012.34>
- İKA** (2019). *Kilis Üzüm Raporu*. Gaziantep: İpekyolu Kalkınma Ajansı.
- Iora, S., Maciel, G. M., Zielinski, A., Da Silva, M. V., Pontes, P. V., Haminiuk, C., & Granato, D.** (2015). Evaluation of the bioactive compounds and the antioxidant capacity of grape pomace. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 62-69.
- ITC-Trade Map** (2024). *List of exporters/importers for the selected product*. International Trade Centre.

- Jackson, D.** (2014). *Wine Science: Principles and Applications*. Elsevier Academic Press.
- Jiang, X., Wang, X., & Zhou, S.** (2022). Effect of flaxseed marc flour on high-yield wheat bread production: Comparison in baking, staling, antioxidant and digestion properties. *LWT*, 169. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113979
- Kara, F., Boz, Y., & Uysal, T.** (2003). Tekirdağ Koşullarında Bazı Siyah şaraplık Üzüm Çeşitlerinin Teknolojik Oluşum Safhasında Fenolik Maddelerin Değişimi. *Proje No; TAGEM/GT/01/11/3.2/054*.
- Kara, Y., Güler, H., & Yılmaz, T.** (2020). Hardaliye Posasının Biyokimyasal İçeriği ve Değerlendirilme Potansiyeli. *Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 8(3), 112-120.
- Karuppuchamy, V., Heldman, D., & Snyder, A.** (2024). A review of food safety in low-moisture foods with current and potential dry-cleaning methods. *Journal of Food Science*, 89(2), 793-810.
- Kaur, A., Shevkani, K., Katyal, M., Singh, N., Ahlawat, A. K., & Singh, A. M.** (2016). Physicochemical and rheological properties of starch and flour from different durum wheat varieties and their relationships with noodle quality. *J Food Sci Technol*, 53(4), 2127–213.
- Khan, M. A., Mahesh, C., Semwal, A. D., & Sharma, G. K.** (2015). Effect of spinach powder on physico-chemical, rheological, nutritional and sensory characteristics of chapati premixes. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 2359-2365.
- Khatkar, B.** (2005). Dynamic rheological properties and bread-making qualities of wheat gluten: effects of urea and dithiothreitol. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(2), 337-341.
- Kiszonas, A., Engle, D., Pierantoni, L., & Morris, C.** (2018). Relationships between Falling Number, α -Amylase Activity, Milling, Cookie and Sponge Cake Quality of Soft White Wheat. *Cereal Chemistry*, 95(3), 373-385.
- Kohajdová, Z., Karovičová, J., Jurasová, M., & Kukurová, A.** (2011). Effect of the addition of commercial apple fibre powder on the baking and sensory properties of cookies. *Acta Chimica Slovaca*, 4(2), 88–97.
- Ktenioudaki, A., O'Shea, N., & Gallagher, E.** (2013). Rheological properties of wheat dough supplemented with functional by-products of food processing: Brewer's spent grain and apple pomace. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 362-368.
- Lin, S., Gao, J., Jin, X., Wang, Y., Dong, Z., Ying, J., & Zhou, W.** (2020). Whole-wheat flour particle size influences dough properties, bread structure and in vitro starch digestibility. *Food&Function*, 11(4), 3610-3620. doi:https://doi.org/10.1039/C9FO02587A
- Mădălina, U.-I., & Mironeasa, S.** (2019). Grape seeds effect on refined wheat flour dough rheology: optimal amount and particle size. *Ukrainian Food Journal*, 8(4), 799-814. doi:DOI:10.24263/2304-974X-2019-8-4-11

- Marcos, J.** (2023). Impact of Grape Pomace Flour in Appetizing Wafers: Mechanical, Healthful and Tactile Properties. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 13(1).
- McGovern, P. E.** (2003). *Ancient Wine: The Search for the Origins of Viniculture*. Princeton University Press.
- Mendoza, L., Milena, C., Marcela, V., Matsuhira, B., Torres, S., & Aguirre, M.** (2012). Evaluation of antifungal properties against the phytopathogenic fungus botrytis cinerea of anthocyanin rich-extracts obtained from grape pomaces. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 58(2), 1725-1727.
- Meral, R., & Doğan, İ. S.** (2013). Grape seed as a functional food ingredient in bread-making. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(3), 372-379. doi:<https://doi.org/10.3109/09637486.2012.738650>
- Mildner-Szkudlarz, S., Zawirska-Wojtasiak, R., Szwengiel, A., & Pacyński, M.** (2011). Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(7), 1485–1493. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02643.x>
- Mironeasa, S., Codina, G. G., & Mironeasa, C.** (2011). The effects of wheat flour substitution with grape seed flour on the rheological parameters of the dough assessed by Mixolab. *Journal of Texture Studies*, 43(1), 40–48. doi:[doi:10.1111/j.1745-4603.2011.00315.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00315.x)
- Mironeasa, S., Iuga, M., Zaharia, D., & Mironeasa, C.** (2019). Rheological Analysis of Wheat Flour Dough as Influenced by Grape Peels of Different Particle Sizes and Addition Levels. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 228–245. doi:<https://doi.org/10.1007/s11947-018-2202-6>
- Miś, A., Grundas, S., Dzik, D., & Laskowski, J.** (2012). Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fibre and oat wholemeal. *Journal of Food Engineering*, 108(1), 1-12.
- Morris, C., & Morris, G.** (2012). The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: a review. *Food Chemistry*, 133(2), 237-248. doi:[DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.01.027](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.027)
- Muñoz-Bernal, Ó. A., Coria-Oliveros, A. J., Vazquez-Flores, A. A., Subiria-Cueto, C. R., De La Rosa, L., Reyes-Vega, M., . . . Alvarez-Parrilla, E.** (2024). Functional and sensory evaluation of bread made from wheat flour fortified with wine byproducts. *Food Prod Process and Nutr*, 6(94). doi:<https://doi.org/10.1186/s43014-024-00271-3>
- Munoz-Bernal, O., De la Rosa, L., Rodrigo-Garcia, J., Martinez-Ruiz, N., Sayago-Ayerdi, S., Rodriguez, L., . . . Alvarez-Parrilla, E.** (2021). Phytochemical Characterization and Antiplatelet Activity of Mexican Red Wines and Their Byproducts. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 42(1), 1-14.
- MÜSİAD** (2020). *Elazığ'da Üzüm Yetiştiriciliği ve Alternatif Ürünler*. Elazığ: MÜSİAD.

- Nakov, G., Brandolini, A., Hidalgo, A., Ivanova, N., Stamatovska, V., & Dimov, I.** (2020). Effect of grape pomace powder addition on chemical, nutritional and technological properties of cakes. *LWT*(134). doi:doi:10.1016/j.lwt.2020.109950
- Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H. E., Hayward, N. J., Stead, D., & Raikos, V.** (2020). Addition of Broad Bean Hull to Wheat Flour for the Development of High-Fiber Bread: Effects on Physical and Nutritional Properties. *Foods*, 9(9), 1192. doi:https://doi.org/10.3390/foods9091192
- Noor Aziah, A. A., & Komathi, C. A.** (2009). Physicochemical and functional properties of peeled and unpeeled pumpkin flour. *Journal of Food Science*, 74(7), 328–333. doi:doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01298.x
- OIV** (2022). *State of the Vitiviniculture World Report*. International Organization of Vine and Wine.
- Orak, H.** (2007). Total Antioxidant Activities, Phenolics, Anthocyanins, Polyphenoloxidase Activities of Selected Red Grape Cultivars and Their Correlations. *Scientia Horticulturae*, 111(3), 235–241.
- Özcan, B. E., Saroğlu, Ö., Karakaş, C. Y., & Karadağ, A.** (2023). Encapsulation of purple basil leaf extract by electrospraying in double emulsion (W/O/W) filled alginate-carrageenan beads to improve the bioaccessibility of anthocyanins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 250.
- Özel, H. G., & Aydın, Ö.** (2019, Eylül-Ekim). Vitamin, mineral ve antioksidan kaynağı üzüm. *Türk Tarım Orman*(255), 28-33.
- Parafati, L., Restuccia, C., Palmeri, R., Fallico, B., & Arena, E.** (2020). Characterization of Prickly Pear Peel Flour as a Bioactive and Functional Ingredient in Bread Preparation. *Foods*, 9(9), 1189. doi:https://doi.org/10.3390/foods9091189
- Pedroza, M. A., Carmona, M., Pardo, F., Salinas, M., & Zalacain, A.** (2012). Waste grape skins thermal dehydration: potential release of colour, phenolic and aroma compounds into wine. *CyTA - Journal of Food*, 10(3), 225-234.
- Pehlivanoglu, H., Gündüz, H., Özülkü, G., & Demirci, M.** (2015). An Investigation of Antimicrobial Activity of Wheat Grass Juice, Barley Grass Juice, Hardaliye and Boza. *International Interdisciplinary Journal of Scientific Research*, 2(1), 8-14.
- Petkovic, M., Durović, I., Miletic, N., & Radovanović, J.** (2019, May). Effect of Convective Drying Method of Chokeberry (*Aronia melanocarpa* L.) on Drying Kinetics, Bioactive Components and Sensory Characteristics of Bread with Chokeberry Powder. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 63(4), 600-608.
- Pires, J., Gomes, W., Teixeira, N., & Melchert, W.** (2022). Effect of drying methods on nutritional constituents of fermented grape residue. *J Food Sci Technol*, 59(9), 3458-3463.
- Prachayawarakorn, S., Tia, W., Plyto, N., & Soponronnarit, S.** (2008). Drying kinetics and quality attributes of low-fat banana slices dried at high

- temperature. *Journal of Food Engineering*, 85(4), 509-517.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.08.011>
- Prado, F. C., Parada, J. L., Pandey, A., & Soccol, C. R.** (2008). Trends in Non-Dairy Probiotic Beverages. *Food Research International*, 41(2), 111-123.
- Pycia, K., & Ivanišová, E.** (2020). Physicochemical and Antioxidant Properties of Wheat Bread Enriched with Hazelnuts and Walnuts. *Foods*, 9(8), 1081.
doi:<https://doi.org/10.3390/foods9081081>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C.** (1999). Antioxidant Activity Applying an Improved ABTS Radical Cation Decolorization Assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Robinson, J., & Harding, J.** (2015). *The Oxford Companion to Wine*. U.S.A.: American Chemical Society.
- Rockenbach, I. I., Gonzaga, L. V., Rizelio, V. M., Gonçalves, A. S., Genovese, M. I., & Fett, R.** (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of seed and skin extracts of red grape (*Vitis vinifera* and *Vitis labrusca*) pomace from Brazilian winemaking. *Food Research International*, 44(4), 897-901.
- Rubel, I., Pérez, E., Manrique, G., & Genovese, D.** (2015). Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. *Food Structure*, 3, 21-29.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foostr.2014.11.001>
- Schofield, R. K., & Scott Blair, G. W.** (1932). The relationship between viscosity, elasticity and plastic strength of soft materials as illustrated by some mechanical properties of flour doughs, I. *Proceedings of the Royal Society of London*, 138(836), 707-719.
doi:<https://doi.org/10.1098/rspa.1932.0211>
- Schofield, R. K., & Scott Blair, G. W.** (1933a). The Relationship Between Viscosity, Elasticity and Plastic Strength of Soft Materials as Illustrated by Some Mechanical Properties of Flour Doughs. II. *Proceedings of the Royal Society of London*, 139(839), 557-566.
doi:<https://doi.org/10.1098/rspa.1933.0038>
- Schofield, R. K., & Scott Blair, G. W.** (1933b). The Relationship Between Viscosity, Elasticity and Plastic Strength of Soft Materials as Illustrated by Some Mechanical Properties of Flour Doughs. III. *Proceedings of the Royal Society of London*, 141(843), 72-85.
doi:<https://doi.org/10.1098/rspa.1933.0104>
- Schofield, R. K., & Scott Blair, G. W.** (1937). The Relationship Between Viscosity, Elasticity and Plastic Strength of Soft Materials as Illustrated by Some Mechanical Properties of Flour Doughs. IV. *Proceedings of the Royal Society of London*, 160(900), 87-94. doi:10.1098/rspa.1937.0096
- Sezer, D. B.** (2023). The characteristics of microwave-treated insoluble and soluble dietary fibers from grape and their effects on bread quality. *Food Science&Nutrition*, 11(12), 7877-7886.

- Siddique, B., Wang, A., Wu, L., & Ahmed, İ.** (2024). Effect of Millet flour addition on dough rheology, chapati quality, and moisture distribution. *Food and Humanity*(2). doi:<https://doi.org/10.1016/j.foohum.2024.100249>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M.** (1999). Analysis of Total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymol, Elsevier*, 299, 152-178.
- Smith, I., & Yu, J.** (2015). Nutritional and sensory quality of bread containing different quantities of grape pomace from different grape cultivars. *EC Nutrition*, 2(1), 291-301.
- Smith, J., Brown, E., & Doe, M.** (2018). Advances in Bread Production and Its Nutritional Importance. *Journal of Food Science and Technology*, 56(3), 345-355.
- Smith, J., Doe, E., & Brown, M.** (2024). Role of Gluten and Lipids in Bread Dough Stability and Consumer Preferences. *Journal of Food Science and Technology*, 79(5), 1302-1311.
- 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. doi:<https://doi.org/10.1177/1082013217745398>
- Stanciu, I., Ungureanu, E. L., Popa, E. E., Geicu-Cristea, M., Draghici, M., Mitelut, A. C., . . . Popa, M. E.** (2023). The Experimental Development of Bread with Enriched Nutritional Properties Using Organic Sea Buckthorn Pomace. *Applied Sciences*, 13(11), 6513. doi:<https://doi.org/10.3390/app13116513>
- Struck, S., Straube, D., Zahn, S., & Rohm, H.** (2018). Interaction of wheat macromolecules and berry pomace in model dough: Rheology and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 223, 109-115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.12.011>
- Subiria-Cueto, R., Reyes-Blas, H., Olivas-Armendáriz, I., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., A de la Rosa, L., . . . Alvarez-Parrilla, E.** (2025). Grape pomace and pecan shell fortified bread: The effect of dietary fiber-phenolic compounds interaction on the in vitro accessibility of phenolic compounds and in vitro glycemic index. *Food Chemistry*, 462.
- Sudha, M., Baskaran, V., & Leelavathi, K.** (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104(2), 686-692. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>
- Suliman, A. M., Babiker, W., Elhardallou, S., & Elkhaila, E.** (2014). Effect of incorporation of peanut skin flour to the production of wheat bread. *Food and Public Health*, 4(2), 49-53.
- Şahin, G.** (2013). Coğrafi İşaretlerin Önemi ve Vize (Kırklareli)'nin Coğrafi İşaretleri. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(15), 23-27.

- Taglieri, I., Sanmartin, C., Venturi, F., & Macalus, M.** (2021). Citrus Pomace as a Functional Ingredient in Bread Production: Nutritional and Technological Benefits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 72(5), 587-596.
- Tapia, M., Alzamora, S., & Chirife, J.** (2020). Effects of Water Activity (a_w) on Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation. *Water Activity in Foods*, 323-355.
- Tarım ve Orman Bakanlığı** (2021). Pratik Bağcılık. Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- TMO** (2021). *2020 Yılı Kuru Üzüm Sektör Raporu*. Ankara: Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü.
- Tolve, R., Simonato, B., Rainero, G., Bianchi, F., Rizzi, C., Cervini, M., & Giuberti, G.** (2021). Wheat bread fortification by grape pomace powder: Nutritional, technological, antioxidant, and sensory properties. *Foods*, 10(1), 75.
- Tontul, S. A., & Babaoğlu, H.** (2019). Un partikül boyutunun ekmeğin fiziksel özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi. *Gıda*, 44(5), 898-906.
- Tosun, İ., & Şahin, S.** (2019). Üzüm Türevli Ürünlerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Fonksiyonel Gıdalar Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 89-98.
- Troilo, M., Difonzo, G., Paradiso, V. M., Pasqualone, A., & Caponio, F.** (2022). Grape Pomace as Innovative Flour for the Formulation of Functional Muffins: How Particle Size Affects the Nutritional, Textural and Sensory Properties. *Foods*, 11(12), 1799. doi:https://doi.org/10.3390/foods11121799
- Tseng, A., & Zhao, Y.** (2012). Effect of different drying methods and storage time on the retention of bioactive compounds and antibacterial activity of wine grape pomace (Pinot Noir and Merlot). *Journal of Food Science*, 77(9), 192-201.
- Tseng, A., & Zhao, Y.** (2013). Wine grape pomace as antioxidant dietary fiber for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry*, 138(1), 356-365.
- TÜİK** (2023). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- Türksoy, S.** (2011). Meyve ve sebze lif konsantreleri ilavesinin hamurun reolojik özellikleri ve bisküvi kalitesine etkileri. *Doktora tezi*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Upadhyay, R., Ghosal, D., & Mehra, A.** (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 104-113.
- USDA** (2024). *Grapes, red, seedless, raw*. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Service.
- Ünal, A., & Soltekin, O.** (2018). Dünya Kurutmalık Üzüm Üretimi ve Ticareti. *Bahçe*, 47(1), 1-9.

- van Rooyen, J., Şimşek, Ş., Oyeyinka, S., & Manley, M.** (2023). Wheat starch structure–function relationship in breadmaking: A review. *Comprehensive Review*, 22(3), 2292-2309. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13147>
- Vanin, F., Michon, C., & Lucas, T.** (2013). Effect of the drying rate on the complex viscosity of wheat flour dough transforming into crust and crumb during baking. *Journal of Cereal Science*, 58(2), 290-297.
- Vasiliev, A., Chumakova, E., Golubev, V., & Kudlasevich, I.** (2025). Whole wheat bread with grape seed powder. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 13(2). doi:<https://doi.org/10.22194/JGIAS/25.1598>
- Walker, R., Tseng, A., Cavender, G., Ross, A., & Zhao, Y.** (2014). Physicochemical, Nutritional, and Sensory Qualities of Wine Grape Pomace Fortified Baked Goods. *Journal of Food Science*, 79(9), 1811-S1822. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.12554>
- Wang, H., Han, P., Zhang, P., & Li, Y.** (2024). Influence of yeast concentrations and fermentation durations on the physical properties of white bread. *LWT*, 198, 1-9.
- Wang, J., Rosell, C., & Benedito de Barber, C.** (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79(2), 221–226.
- Ye, L., Zheng, W., Li, X., Han, W., Shen, J., Lin, Q., . . . Zeng, X.** (2023). The Role of Gluten in Food Products and Dietary Restriction: Exploring the Potential for Restoring Immune Tolerance. *Foods*, 12(22), 4179.
- Yeler, H. K., & Nas, S.** (2020). Optimization of extraction time and temperature for natural antioxidants of öküzgözü grape pomace using various solvent ratios. *Food Science and Technology*, 41(1), 127-735.
- Zarzycki, P., Wirkijowska, A., Teterycz, D., & Lysakowska, P.** (2024). Innovations in Wheat Bread: Using Food Industry By-Products for Better Quality and Nutrition. *Applied Sciences*, 14(1), 101-115.
- Zhao, L., & Song, M.** (2021). Water. *Essentials of Food Chemistry*, 13-48.
- Zhishen, J., Tong, M., & Wang, J.** (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.
- Zhou, W., Lei, Y., Zhou, Q., Xu, J., Xun, H., & Xu, C.** (2024). A rapid determination of wheat flours components based on near infrared spectroscopy and chemometrics. *Vibrational Spectroscopy*, 130, 103650.