



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞEKER PANCARI LİFİ VE GUAR GAMIN HAMUR REOLOJİK
ÖZELLİKLERİ VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hamza CEYLAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Özen ÖZBOY ÖZBAŞ

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 212324004 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Hamza CEYLAN tarafından hazırlanan “**ŞEKER PANCARI LİFİ VE GUAR GAMIN HAMUR REOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Özen ÖZBOY ÖZBAŞ

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Prof. Dr. K. Nazan TURHAN

İzmir Ekonomi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Üye: Dr. Öğretim Üyesi Fatma ŞAHMURAT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 02/02/2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Hamza CEYLAN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde değerli bilgilerini ve tecrübelerini zaman fark etmeksizin daima benimle paylaşan, en zor zamanlarda motivasyonumu ve özgüvenimi yükselten, her sözünün hayatıma kattığı değeri asla unutmayacağım saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Özen ÖZBOY ÖZBAŞ'a, analizler aşamasında daima bana yardımcı olan değerli arkadaşım Yüksek Lisans öğrencisi Damla UMAR'a, ekmek yapım aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle çok büyük yardımları olan Ar.Gör. Dr. Merve ARIBAŞ'a, ekmek örneklerinin renk değerlerinin, tekstür özelliklerinin ve su aktivitesi değerlerinin belirlenmesindeki yardımlarından dolayı Uzm. Yelda ZENCİR'e (Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü), ekmek fotoğraflarının çekimini yapan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Rahmi UYAR'a, desteklerinden dolayı değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Deniz KOÇAN'a, reolojik analizlerimizin yapılmasında bize imkânlarını açan ve güzel bir çalışma ortamı sunan Sayın Zeki DEMİRTAŞOĞLU'na (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti.) ve tüm kurum çalışanlarına çok teşekkür ederim.

Son olarak her an yanımda olan ve bu süreçte bana katlanan hayat arkadaşım sevgili eşim Elif CEYLAN'a ve motivasyon kaynaklarım her şeyim olan canım çocuklarım Zeynep'im ve Ali'me çok teşekkür ederim.

Hamza CEYLAN

AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1 Besinsel Lifler ve Ekmek	3
2.2 Şeker Pancarı Lifi ve Fibrex	5
2.3 Şeker Pancarı Lifinin Hububat Ürünlerinde Kullanımı	6
2.4 Guar Gam ve Kimyasal Yapısı	13
2.5 Guar Gamin Fonksiyonları	14
2.6 Guar Gam Üretimi.....	17
2.7 Guar Gamin Hububat Ürünlerinde Kullanımı	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1 Materyal.....	21
3.2 Yöntem	22
3.2.1 Ham maddelerde yapılan kimyasal ve fizikokimyasal analizler	22
3.2.1.1 Nem miktarı tayini.....	22
3.2.1.2 Kül miktarı tayini.....	22
3.2.1.3 Yaş gluten (yaş öz) miktarı tayini.....	22
3.2.1.4 Gluten indeks tayini	22
3.2.1.5 Zeleny sedimentasyon değeri tayini	23
3.2.1.6 Modifiye sedimentasyon değeri tayini.....	23
3.2.1.7 Düşme sayısı (Falling Number) değeri tayini	23
3.2.1.8 Partikül boyut dağılım analizi	23
3.2.1.9 Renk analizi.....	23
3.2.2 Hamur reolojik analizleri	23
3.2.3 Ekmek yapma denemesi ve ekmek kalite özelliklerinin belirlenmesi.....	27
3.2.3.1 Ekmek yapma denemesi.....	27
3.2.3.2 Ekmek kalite özelliklerinin belirlenmesi	28
3.2.3.2.1 Ekmek yapım kalitesi (EYK)	28
3.2.3.2.1.1 Ağırlık ve hacim analizi	28
3.2.3.2.1.2 Ekmek yoğunluğu ve spesifik hacim analizi	28
3.2.3.2.1.3 Pişme kaybı analizleri.....	29
3.2.3.2.2 Su aktivitesi tayini.....	29
3.2.3.2.3 Tekstür analizi	29
3.2.3.2.4 Renk Analizi.....	31
3.2.3.2.5 Duyusal analizler	32
3.2.4 İstatistiksel analizler	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	34
4.1 Buğday Ununun Bazı Kimyasal, Fizikokimyasal, Reolojik Özellikleri ve Renk Değerlerine İlişkin Sonuçlar	34

4.1.1 Buğday ununun bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ilişkin sonuçlar.....	35
4.1.2 Buğday ununun bazı reolojik özelliklerine ilişkin sonuçlar	36
4.1.3 Buğday ununun renk değerlerine ilişkin sonuçlar	36
4.2 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gamın Bazı Kalite Özelliklerine İlişkin Sonuçlar	37
4.2.1 Renk değerlerine ilişkin sonuçlar	37
4.2.2 Şeker pancarı lifine ilişkin partikül boyut dağılımı sonuçları.....	38
4.3 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Hamur Reolojisine Etkilerine İlişkin Sonuçlar	38
4.4 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmek Yapım Kalite Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	46
4.5 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmekte Su Aktivitesi (a_w) Değerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar	56
4.6 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Renk Özelliğine Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	58
4.7 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Tekstür Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	66
4.8 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Duyusal Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	70
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	91
ÖZGEÇMİŞ	92

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEKER PANCARI LİFİ VE GUAR GAMIN HAMUR REOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Hamza CEYLAN

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Özen ÖZBOY ÖZBAŞ

ÖZET

Bu çalışma, lifce zengin şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gamı (GG) ilavesinin hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerindeki etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla una farklı oranlarda F ilavesi yapılmıştır (%3.0, %6.0 ve %9.0, un esasına göre ağırlıkça). F ilavesinin yanı sıra; hamurun reolojik özelliklerini ve ekmek kalitesini iyileştirmek amacıyla una GG (%0.5, %1.0 ve %1.5) eklenmiştir. F ve GG içeren hamurların reolojik davranışı Absograf-500 ve Resistograf-500 cihazları kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra bu unlardan elde edilen ekmeklerin ekmek yapım özellikleri, renk, tekstürel ve duyuşal özellikleri araştırılmıştır. F ve GG'nin una katılması hamurun reolojik özelliklerini değiştirmiştir. F ilavesiyle su absorpsiyonu, hamur gelişme süresi, hamur stabilitesi, farinograf kalite sayısı artarken, GG ilavesi esas olarak su absorpsiyon değerini artırmıştır. Dolayısıyla, F ve GG'nin birlikte kullanılması su absorpsiyon değerini tek başına eklendiklerine göre daha fazla artırmıştır. Tüm reolojik parametreler birlikte değerlendirildiğinde, %6 F ve %1.0 GG eklenecek en yüksek ilave oranı değerleri olabilir. F ve GG ilavesi ile hamur ve ekmek ağırlığı artmış, spesifik hacimleri genel olarak azalmış olup, ekmek yapım özelliklerinin çoğu açısından en uygun ilave oranlarının %6 ve %9 F ve %1 GG olduğu söylenebilir. Ekmek kabuğunun L^* değeri F ilavesi arttıkça genel olarak artmış, ancak GG ilavesi arttıkça bir miktar azalmıştır ($p<0.05$). Genel olarak ekmeklerin b^* değeri, hue, kroma, esmerleşme indeksi ve toplam renk değişim değerinde ekmeklerin kabuk renginde tüm ilave oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). F oranı %3'ten %9'a çıktıkça, ekmek içi L^* değeri artan GG ilave oranlarıyla azalma eğilimi göstermiş ve sadece %9 F ilavesinde L^* değerinde anlamlı farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). TPA sonuçlarından sertlik değerlerine göre ise %6 F ve %0.5 ve %1.0 GG ilavesi kontrol ekmeği ile kıyaslandığında daha kabul edilebilir sonuçlar vermiştir. Ekmek formülasyonuna F ve GG ilavesi ile duyuşal özelliklerde büyük bir değişiklik olmamasına rağmen en düşük skor %9 F ve %1.5 GG ilaveli ekmeklerde tespit edilmiştir. Genel olarak yüksek miktarda F ilavesi daha az kabul edilebilir bulunurken, GG ilavesi arttıkça duyuşal özelliklerde genel kabul edilebilirlik değerlerinde düşme eğilimi azalmaya başlamıştır. Ekmek üretiminde F'nin %6, GG'nin ise %0.5 ve %1.0 oranında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fibrex, Guar Gam, Reolojik Özellikler, Ekmek Yapım Özellikleri.

Şubat, 2024; 92 sayfa

M.Sc. THESIS
EFFECTS OF SUGAR BEET FIBER AND GUAR GUM ON DOUGH
RHEOLOGICAL PROPERTIES AND BREAD QUALITY

Hamza CEYLAN

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

Supervisor: Prof. Dr. Özen ÖZBOY ÖZBAŞ

ABSTRACT

The present study was carried out to study the effect of incorporation of fiber rich sugar beet fiber (Fibrex, F) and guar gum (GG) on dough rheology and bread quality. For this purpose, F was added into flour at different levels (3.0%, 6.0%, and 9.0%, w/w, flour basis). Besides the addition of F; GG (0.5%, 1.0% and 1.5%, w/w, flour basis) was added into the flour in order to improve dough rheological properties and bread qualities. F and GG blended flours were examined for rheological behaviour of dough by using Absograph-500 and Resistograph-500 instruments. After that, bread making qualities, both crust and crumb colors, textural and sensory properties of breads obtained from these blended flours were investigated. Incorporation of F and GG in flour altered the rheological properties of the dough. Water absorption, dough development time, dough stability, farinograph quality number increased with incorporation of F whereas GG addition mainly increased the water absorption value. Therefore, the combined use of F and GG increased the water absorption value more than when they were added separately. Dough samples containing 6% F and 1.0% GG may be the highest addition levels to be added when all rheological parameters are evaluated together. Dough and bread weight increased, the specific volume generally decreased by the addition of F and GG, and it can be said that the most appropriate addition rates in terms of most of the bread making properties were 6 and 9% F and 1% GG. L^* value of bread crust generally increased as the F addition increased, but decreased slightly as the GG addition increased ($p < 0.05$). In general, there were no statistically significant difference in the b^* value, hue, chroma, browning index and total color change value of the crust color of the breads at all addition rates ($p > 0.05$). When the F addition level increased from 3% to 9%, L^* value of bread crumb showed a tendency to decrease with increasing GG addition levels and there was significant difference in the L^* value only at 9% F addition ($p < 0.05$). According to the hardness values from TPA results, 6% F and 0.5% and 1.0% GG additions resulted more acceptable results compared to the values of the control bread. Although there were no major changes in sensory properties with the addition of F and GG to the bread formulation, the lowest scoring was detected in bread samples with 9% F and 1.5% GG addition. In general, while high amounts of F addition were found to be less acceptable, the tendency to decrease in acceptability values in sensory properties began to decrease with increasing GG addition. It has been concluded that 6% F and 0.5% and 1.0% GG can be used in bread production.

Keywords: Fibrex, Guar Gum, Rheological Properties, Bread Making Qualities.

February, 2024; 92 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Guar gamın kimyasal yapısı.	14
Şekil 2.2. Guar gam üretim süreci	17
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan şeker pancarı lifi.	21
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan guar gam	22
Şekil 3.3. Bastak Teknoloji Absograf 500 test cihazı.....	24
Şekil 3.4. Bastak Teknoloji Resistograf 500 test cihazı	25
Şekil 3.5. L^* , a^* , b^* renk skalası.....	31
Şekil 3.6. Ekmek duyusal değerlendirme formu.	33
Şekil 4.1. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilavesinin su absorpsiyon (%) değeri üzerine etkisi.....	41
Şekil 4.2. %0 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.	52
Şekil 4.3. %3 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.....	53
Şekil 4.4. %6 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.	54
Şekil 4.5. %9 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ekmek pişirme fişi	28
Çizelge 3.2. Bazı tekstür parametrelerinin tanımları	30
Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan ekmeklik unun bazı kimyasal, fizikokimyasal, reolojik özellikleri ve renk değerleri.	34
Çizelge 4.2. Şeker pancarı lifi ve guar gamın renk değerleri.....	37
Çizelge 4.3. Farklı oranlarda şeker pancarı lifi ilave edilen unların bazı Absograf 500 değerleri	38
Çizelge 4.4. Farklı oranlarda guar gam ilave edilen unların bazı Absograf 500 değerleri	40
Çizelge 4.5. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilen unların bazı Resistograf 500 değerleri.	45
Çizelge 4.6. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin bazı EYK özellikleri üzerine etkileri	48
Çizelge 4.7. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin su aktivitesi (a_w) değeri üzerine etkileri.....	56
Çizelge 4.8. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerleri.....	60
Çizelge 4.9. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinden türetilmiş değerler	62
Çizelge 4.10. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ekmek içi renk değerleri	64
Çizelge 4.11. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ekmek içi renk değerlerinden türetilmiş değerler.....	65
Çizelge 4.12. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin tekstür değerleri.....	67
Çizelge 4.13. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin duyu özellikleri	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

<i>ad lib</i>	İstenildiği kadar (<i>Ad libitum</i> : Latince)
ΔE^*	Net Renk Farkı
A	Enerji (Alan)
<i>a</i>*	(+) kırmızı-(-) yeşil
AACC	American Association of Cereal Chemists
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
<i>a_w</i>	Su Aktivitesi
<i>b</i>*	(+) sarı-(-) mavi
BA	Alcoholic Beverages
BI	Esmerleşme İndeksi
BL	Besinsel Lif
BU	Brabender Unit
<i>C</i>*	Kroma
CMG	Karboksimetil-Guar
CMHPG	Karboksimetil Hidroksipropil Guar
CO₂	Karbon Dioksit
Da	Dalton
dk	Dakika
E	Elastikiyet
E 412	Guar Gam
EA	Ekmek Ağırlığı
EY	Ekmek Yoğunluğu
EYK	Ekmek Yapım Kalitesi
F	Fibrex
FQN	Farinograf Kalite Sayısı
FU	Farinograf Unit
g	Gram
DE	Dekstroz Ekivalent
GF	Gluten Free, Glutensiz
GG	Guar Gam
h	Yükseklik
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
HA	Hamur Ağırlığı
HÇBL	Hurma Çekirdeği Besinsel Lifi
<i>h</i>^o	Hue
HPG	Hidroksipropil Guar
HPMC	Hidroksipropilmetilselüloz
İBS	İrritabl Bağırsak Sendromu
k.m	Kuru Madde
KU	Keçiboynuzu Unu
L	Litre
<i>L</i>*	Parlaklık
LBG	Keçiboynuzu Gamı
LDL	Düşük Dansiteli Lipoprotein
LSD	En Küçük Önemli Fark
MEB	Millî Eğitim Bakanlığı

µm	Mikro Metre
ml	Mili Litre
N	Kuvvet
NaCl	Sodyum Klorür
NTF	İşlenmemiş Lif
pH	Hidrojen İyonu Konsantrasyonu
PK	Pişme Kaybı
R₁	R ₅ /E: Oran değeri
R₂	R _m /E: Maksimum Oran Değeri
R₅	Sabit Deformasyondaki Direnç
R_m	Maksimum Direnç
RVA	Rapid Visco Analyzer
s	Saniye
SH	Spesifik Hacim
ŞPL	Şeker Pancarı Lifi
ŞPP	Şeker Pancarı Posası (Küspesi)
TF	İşlenmiş Lif
TPA	Tekstür Profil Analizi
WI	Beyazlık İndeksi

1. GİRİŞ

Diyetle düşük lif alımının kardiyovasküler hastalıklar, obezite, diyabet, divertiküler hastalıklar ve gastrointestinal problemlerle ilişkili olduğu 1970’li yıllardan bu yana iyice anlaşılmıştır. Besinsel lifin sağlık ve beslenmedeki bu rolü, çok çeşitli araştırma faaliyetlerini teşvik etmiş ve kamuoyunun dikkatini çekmiştir. Günümüzde gıdalarda katkı olarak ilave edilen çok farklı besinsel lif kaynağı kullanılmaktadır. Besinsel lifin geniş bir ürün yelpazesine eklenmesi, şu anda yüksek talep gören katma değerli veya fonksiyonel gıdaların geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Besinsel lif (BL) uzun yıllardan bu yana sağlığa olan olumlu etkileri nedeniyle özellikle hububat ürünlerine ilave edilmekte ve bilinçli tüketiciler tarafından tercih edilmektedir.

Besinsel lif (hububat kepekleri; buğday kepeği, yulaf kavuzu, pirinç kavuzu, meyve lifleri; elma lifi, portakal lifi, enzime dirençli nişasta, şeker pancarı lifi, biracılık artığı lif vb.) ilavesinin hububat ürünlerinde (ekmek, bisküvi, kek, makarna, erişte vb.) kullanımına yönelik çok sayıda araştırma mevcuttur. Çalışmalar BL ilavesinin genel olarak katıldığı hububat ürünlerinin kalitesini düşürdüğünü göstermektedir.

Ekmek, üstün besleyici, duysal ve tekstürel özellikleri nedeniyle daima popüler ve çekici gıdalardan biri olmuştur. Ayrıca ekmek, bileşiminin besinsel liflerce veya eksikliği görülen besin öğelerince zenginleştirilmesi ve değiştirilmesine son derece uygun bir gıdadır. Ancak ekmek formülasyonuna BL ilavesi hamur reolojisi ve ekmeğin pek çok kalite özelliğini olumsuz yönde değiştirmektedir.

Besinsel lif ilavesinin ekmeklerin hacmini düşürdüğü, ekmek içi tekstürünü ve ekmek içi gözenek yapısını bozduğu, ekmek dokusunu sertleştirdiği, ekmek içi rengini çoğu kez koyulaştırdığı, liflerin yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle lif ilave edilen ekmeklerin küflenmeye daha yatkın olduğu, bu nedenle raf ömürlerinin daha kısa olduğu bilinmektedir.

Bu nedenlerle belirtilen bu sorunların çözümüne yönelik her tür araştırma hem ekmek kalitesini yükselteceği için ekonomik nedenlerle hem de tüketici beğenisini yükselteceği için toplum sağlığına katkıları nedeniyle önem taşımaktadır. Bu durum, değişik besinsel lif boyutu ve BL ilave oranları, farklı kaynaklardan elde edilen

besinsel liflerin ekmek üretiminde hamura ilave edilmesi yönündeki araştırmaların artmasına ve çeşitlenmesine neden olmuştur. Ayrıca, farklı BL ilavelerinin hamur reolojisi ve ekmek yapım kalitesi üzerinde farklı etki göstermesi, bu yöndeki çalışmaları, bazı besinsel liflerin tek başına değil, başka BL ile kombine kullanılarak, bu durumun son ürün kalite özellikleri üzerinde sinerjist bir etki yaratıp yaratmayacağını araştırılmasına yöneltmiştir.

Şeker pancarı lifi (ŞPL) ilavesinin ekmek üretiminde kullanımına yönelik sınırlı çalışma vardır. Bu çalışmalarda değişik ilave oranlarında ŞPL'nin ekmek yapım kalitesini nasıl etkilediği incelenirken, ŞPL ilaveli hamur ve ekmeklerin kalitesini iyileştirmeye yönelik çok daha az çalışmaya rastlanılmıştır.

Guar gam (GG) hidrokolloid nitelikli bir gamdır ve şeker pancarı lifi içeren hamur ve ekmeklerin kalitesini iyileştirmeye yönelik GG kullanımına ilişkin bu tez çalışması ilk kez yapılacaktır. Guar gam gibi oldukça ucuz olan ve gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan bu hidrokolloidin besinsel lifçe zenginleştirilmiş hamur ve ekmek yapım kalitesini iyileştirmede fayda yaratması pek çok açıdan önem taşımaktadır.

Böylelikle hem şeker fabrikası artığı olan şeker pancarı posasından elde edilen ŞPL'nin “besinsel lif” olarak ekmek formülasyonunda kullanılabilme potansiyeli incelenerek ekmeğin besinsel lif içeriği artırılabilir hem de GG gibi ucuz ve az miktarda kullanımı ile teknolojik anlamda önemli fonksiyon gösteren bir hidrokolloid kullanımı ile ekmekte kalite ve tüketici tercihi problemlerinin birlikte çözülebilmesi sağlanabilmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Besinsel Lifler ve Ekmek

Fonksiyonel gıdalar, insan organizması üzerinde olumlu fizyolojik etkiye sahip olan ve temel işlevlerine ek olarak hastalık riskini azaltmaya katkıda bulunan gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Beslenme uzmanları, gelişmiş ülkelerde beslenmedeki eksiklikleri göz önünde bulundurarak uzun bir süredir insanların sağlığını sürdürme ve geliştirmede besinsel lifin önemini vurgulamaktadırlar.

Besinsel lif (BL), sağlığa önemli katkısı olan fonksiyonel gıda bileşenlerinden biri olarak kabul edilir. Besinsel lif, kalın bağırsakta tam veya kısmi fermentasyon ile insan ince bağırsağında sindirime ve adsorpsiyona dirençli bitkilerin (veya benzer karbonhidratların) yenilebilir kısmıdır. Besinsel lif, polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin ve ilgili bitkisel maddeleri içerir. Besinsel lifler, laksatif ve/veya kan kolesterolünün düşmesi ve/veya kan glukozunun düşmesi dâhil olmak üzere faydalı fizyolojik etkileri teşvik eder (AACC, 2001).

Besinsel lifin terapötik potansiyeli göz önüne alındığında, daha fazla besinsel lif içeren gıda ürünleri geliştirilmektedir. Yüksek lifli gıdaların sağladığı fizyolojik faydalara ek olarak, araştırmalar lif bileşenlerinin belirli gıdalara doku, jelleşme, koyulaştırma, emülsüfiye edici ve stabilize edici özellikler kazandırabileceğini de göstermiştir (Abdul-Hamid ve Luan, 2000).

İnsan beslenmesinde birinci derecede öneme sahip gıdalardan olan ekmek, besleyici ve doyurucu özellikleri dışında, kendine özgü tat-kokusu diğer gıdalara göre daha ucuz ve kolay sağlanabilir olmasından dolayı halen vazgeçilmez bir gıda durumundadır. ABD Sağlık ve İnsani Hizmetler Departmanı tarafından önerilen günlük gıda seçimleri için gıda rehberi piramidinde önemli bir paya sahip olan ekmek bu nedenle, günlük gıda alımını belirli ihtiyaçlara göre ayarlamak için uygun bir gıda olarak görülmektedir. Böylelikle, günlük beslenmenin önemli bir bileşeni olan ekmek, ham madde bileşiminin değiştirilmesiyle besin ve biyolojik olarak değerli bileşenlerin eksikliğine başarılı bir şekilde uyarlanabilir (Filipovic vd., 2010).

Ekmeğin içinde BL bulunması, besin değerini artırır ve enerji değerini düşürür. Ancak lif ilavesi hamurun reolojik özelliklerinde ve ekmek yapım kalite parametrelerinde değişikliğe neden olmaktadır (Özboy ve Köksel, 1997a; 1997b).

Lifin ekmek kalitesi üzerindeki etkisi, lifin çeşidine, boyutuna ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Daha önceki çalışmalar, lif ilavesinin genellikle ekmek hacminde bir azalmaya yol açtığını, bunun sonucunda daha yoğun, daha sıkı ve daha koyu renkli ekmek içi görünümüne sahip bir ürün elde edildiğini göstermiştir (Šoronja-Simović vd., 2016).

Bu dezavantajlar ve BL takviyesinin sağladığı sağlık faydaları, piyasada farklı kaynaklardan gelen ve beyaz ekmeğe benzer kalitede ve lif bakımından zengin ekmeklere yol açan, bahsedilen sorunları çözebilecek çok sayıda besinsel lifin varlığını motive etmiştir.

Ekmek, hububat kepeği (Ranhotra vd., 1990; Özboy ve Köksel, 1997b; Sidhu vd., 1999), guar gamı ve modifiye selülozlar (Pomeranz vd., 1977), β -glukanlar (Knuckles vd., 1997) ve şeker pancarı lifleri (Özboy ve Köksel, 1999; Ang ve Crosby, 2003) gibi BL ile zenginleştirilebilir.

Kakao, kahve ve şeker kamışı küspesi, inülin, portakal kabuğu lifi, bezelye lifi, pirinç kavuzundan elde edilen lifler, BL açısından zenginleştirilmiş ekmeklerin kalitesini artırmak için buğday ununa dâhil edilmiştir (Collar vd., 2006; Djordjevic vd., 2018).

Bu liflerin hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerindeki etkisi büyük ölçüde lif özelliklerine bağlı bulunmuş ve zıt etkilerle de sıklıkla karşılaşmıştır. Önceki çalışmalar, temel olarak, besinsel lif kaynağı olarak uygunluklarını belirlemek için farklı liflerin bireysel olarak dâhil edilmesine odaklanmıştır.

Bununla birlikte, farklı liflerin kombinasyonu, zararlı etkilere karşı koyarak bireysel eksikliklerin üstesinden gelebilir ve/veya muhtemelen hamur işleme özelliklerini/işlenebilirliği ve gaz tutma yeteneğini geliştirebilir ve sonuç olarak daha iyi nihai ürünler verebilir (Rosell vd., 2006).

2.2 Şeker Pancarı Lifi ve Fibrex

Şeker pancarı (*Beta vulgaris L.*), *Chenopodiaceae* familyasının bir üyesidir. Dünyanın farklı yerlerinde ağırlıklı olarak kristal şeker üretimi için şeker pancarı kullanılmaktadır (Minarovičová vd., 2018).

Şeker pancarı lifi (ŞPL) ticari olarak yetiştirilen şeker pancarından serbest şekerin çıkarılmasından sonra kalan ve çoğunlukla hayvan yemi olarak kullanılan bir yan ürün olan şeker pancarı posasından (küsperi) (ŞPP) üretilir (Thibault vd., 2011). Şeker endüstrisinde, bir tonşeker pancarının işlenmesinden sonra, %70-80 su içeren yaklaşık 250 kg preslenmiş ŞPP artık olarak kalmaktadır (Bogdanović vd., 2013).

ŞPP esas olarak hemiselüloz (%26), pektin (%24), selüloz (%23), proteinler (%9), sukroz (%6), lignin (%4.5), çözünür mineral madde (%4), çözünmeyen mineral madde (%3) ve yağ (%0.5) içerir (Broughton vd., 1995).

Günümüzde besleyici değerinin yanı sıra insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan BL gibi fonksiyonel gıda bileşenleri ve fonksiyonel gıdalar olmadan beslenmeyi düşünmek mümkün değildir. Genellikle günlük 25-35 g besinsel lif alımı önerilir. Bu miktardaki şeker pancarı lifi beklenen sağlık faydaları için çok iyi bir çözüm olarak düşünülebilir. Şeker pancarı lifi üretimi için kullanılan teknolojik prosedürlerin bazı patentleri alınmıştır (Beale vd., 1984; Michel vd., 1985; Lee, 1988; Michel vd., 1988; Tjebbes, 1988; Williams vd., 1994; Broughton vd., 1995).

Şeker pancarı lifleri yapı ve bileşim bakımından hububat liflerinden farklıdır. Mineral rezorpsiyonunu engellememelerinin nedeni fitik asit içermemeleridir (Sandström vd., 1987; Cossack vd., 1992; Coundray vd., 1997) ancak çok iyi su tutma kapasiteleri vardır. Kurutma yöntemi ve lif parçacıklarının boyutunun su tutma kapasitesi üzerinde büyük etkisi vardır (Gould vd., 1989; Auffret vd., 1994). Şeker pancarı lifleri, katyon değişimi ile zayıf tek işlevli reçineler gibi davranır. İyon bağlama yetenekleri, galakturonik asitlerin metil olmayan kalıntılarının konsantrasyonu ile orantılıdır (Bertin vd., 1988; Dronnet vd., 1997).

Fibrex ticari bir şeker pancarı lifidir. Fibrex'in %75'i hemiselüloz ve selüloz, geri kalanı ise pektinden oluşur.

ŞPL'inin besinsel lif katkısı olarak kullanıldığı araştırmalar için ekmeğe (Özboy ve Köksel, 1999), bisküviye (Köksel ve Özboy, 1999; Öztürk vd., 2008), makarnaya (Özboy ve Köksel, 2000a), ekstrüde ürünlere (Özboy ve Köksel, 2000b), et ürünlerine (Özboy-Özbas vd., 2003; Vural vd., 2004a; Vural vd., 2004b; Javidipour vd., 2005) ve tarhanaya (Özboy-Özbaş vd., 2010) ilavesi örnek olarak verilebilir.

2.3 Şeker Pancarı Lifinin Hububat Ürünlerinde Kullanımı

Unlu mamuller genellikle günde birkaç kez tüketilmekte ve bu, şeker pancarından elde edilen besinsel liflerin formülasyona dâhil edilmesine olanak sunmaktadır. Katma değerli unlu mamuller üretmek için besinsel lif içeriği yüksek bileşenler giderek daha fazla kullanılmaktadır. Yüksek lif içerikli bileşenler, hamurun işlenmesi sırasında buğday hamurunun yapısal elemanları ile etkileşim yoluyla hamur reolojisini doğrudan etkilemektedir. Besinsel lif ilavesiyle hamurda meydana gelen yapısal değişiklikler ekmeğin kalitesini, özellikle somun hacmini ve ekmek içini olumsuz şekilde etkilemektedir (Filipovic vd., 2010).

Pomeranz vd. (1997), eklenen besinsel lifin gluten içeriğini seyrelterek ve ekmek içi yapılarını değiştirerek ekmek hacmini azalttığını, bunun da karbondioksit tutulmasını bozduğunu öne sürmüştür.

Besinsel liflerin hamur ve ekmek yapım kalitesini etkileme mekanizması hakkındaki diğer iki hipoteze göre, BL'ler suyu bağlar ve diğer hamur bileşenlerinin kullanabileceği su miktarını azaltır. Liflerin rekabet halinde bağlanması, hamurdaki nemin yeniden dağılmasına ve gluten'in kısmen dehidrasyonuna neden olabilir. İkinci hipotez, BL'lerin gluten ağını fiziksel olarak bozduğunu iddia eder.

Bock ve Damodaran (2013)'na göre, bu etkilerin sonucu glutende konformasyonel bir değişiklik meydana gelir (β -spiral yapının, moleküller arası β -pilili tabaka yapısına dönüşümü). Elastik β -spiral yapının gluten ağındaki moleküller arası β -pilili tabakalara dönüşümü, hamurun viskoelastisitesini azaltabilir (Wang vd., 2002; Skendi vd., 2009).

Çeşitli kaynaklardan elde edilen BL'in insan sağlığı üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı gıda üretiminde kullanımı giderek artmaktadır. Hububat kepeğine kıyasla,

şeker pancarı liflerinin daha yüksek su bağlama ve tutma kapasitesine sahip olması, özellikle fırıncılık endüstrisi için ilgi çekicidir.

Abdul-Hamid ve Luan (2000) çalışmalarında, Denisco Sugar AB tarafından üretilen, şeker pancarından elde edilen ticari bir ürün olan Fibrex'i kullanmış ve %5 Fibrex ilavesi hariç tüm BL ilaveli ekmeklerin, kontrol ekmeğinden (lif ilavesiz) önemli ölçüde daha sıkı bir dokuya sahip bulunduğunu belirtmiştir.

Śeres vd. (2005) hidrojen peroksitin ŞPL üzerine dekolorizasyon etkisini incelemişlerdir. Rengi hidrojen peroksit ile dekolore edilmiş ŞPL ilavesiyle en iyi beyaz ekmek kalitesinde ekmek üretebilmek için en ideal ŞPL ilave oranı, partikül büyüklüğü ve su ilave oranını tespit etmeye çalışmışlardır.

Filipovic vd. (2007) modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş ŞPL ilavesinin hamur ve ekmek verimi, ekmek hacmi ve ekmek içi kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Kurutulmuş şeker pancarı lifleri öğütülmüş, elenmiş, hidratlanmış ve fazla suyu uzaklaştırmak için preslenmiş, bu şekilde hidratlı fakat modifiye edilmemiş lifler elde edilmiştir. Modifiye edilmemiş liflerin bir kısmı, 24 saat boyunca farklı pH değerlerinde H₂O₂ ile başka bir işleme daha tabi tutulmuştur. Elde edilen karışımlar nötralize edilmiş, preslenmiş ve ince parçacıklı homojen bir kütle elde edene kadar karıştırılmış ve bu şekilde modifiye lifler elde edilmiştir. Deneyler, karışımlarda uygulanan lif miktarı %0 ila %15, gluten miktarı ise %0 ila %5 arasında değişecek şekilde planlanmıştır. Her iki lif içeriğinin artması (modifiye edilmemiş ve edilmiş), hamur ve ekmek verimini artırmış, ancak ekmek hacmini ve ekmek içi kalitesini düşürmüştür. Öte yandan, gluten miktarının artması, az miktarda lif içeren ekmeğin hacmini artırırken; lif miktarı arttığında, gluten'in etkisiz olduğu kanıtlanmıştır. Deneyler, lif içeriğinin artmasıyla hamur ve ekmek özelliklerinde oluşan kalite düşmesi nedeniyle lif miktarının %15'i geçmemesi gerektiğini göstermiştir. Yüksek düzeyde gluten'in ağızda kötü bir his uyandırması sonucu gluten miktarının da %5'i geçmemesi sonucuna varılmıştır. Modifiye edilmemiş ve modifiye edilmiş ŞPL'nin karşılaştırılması ile modifiye edilmemiş lifler avantajlı bulunmuşken, ekmeğin %10'dan daha az modifiye edilmemiş lifle zenginleştirilmesi ve buna düşük oranda gluten eklenmesi tavsiye edilmiştir.

Filipovic vd. (2010) üç değişik ticari besinsel lifin (uzun ve kısa molekül zincirlerine sahip enginardan elde edilen inulin-I ve inulin-II ve şeker pancarından elde edilen Fibrex-III) maya ile kabartılan hamura %5 oranında ilavesinde hamurun son fermentasyon ve dondurma işlemindeki kalitesine etkisini incelemiştir. Değişik gıda endüstrisi yan ürünlerinin hamura birlikte ilavesinin gluten ağı oluşumu üzerine çoklu bir etki gösterebileceği ve ekmekte beslenme kalitesini önemli düzeyde iyileştirirken, ilave edilebileceği minimum oranın belirlenmesinin de önemli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca 60 gün süren dondurma süreci sonrası veriler, dondurulmuş mayalı hamura lif eklenmesinin nihai ürünün kalitesinin korunmasına olumlu katkıda bulunduğunu ve bunların etkisinin liflerin özelliklerine bağlı olduğunu göstermektedir.

Rosell vd. (2006) farklı kaynaklardan (hindiba kökleri, şeker pancarı ve bezelye) hazırlanan çeşitli liflerin (Fibruline-çözünür inülin, Fibrex-şeker pancarı lifi, Exafine-çözünmez bezelye kabuğu ve Swelite-bezelye hücre duvarı) tek başına veya kombinasyon halinde buğday ununa eklendiğinde hamur yoğurma özellikleri üzerindeki etkisini, yanıt yüzey metodolojisi uygulayarak incelemiştir. Fibrex su absorpsiyon üzerinde önemli bir artışa yol açmıştır. Exafine, hamurun kıvamını ve stabilitesini etkilemeden su absorpsiyonunu arttırmıştır ve bu durum, Swelite ile birleştirildiğinde bile aynı şekilde olmuştur. Fibrulin, hamur yoğurma parametreleri üzerinde çok az etki göstermiştir. Hamur yoğurma özellikleri üzerindeki genel etki, Fibrex'in tek başına eklendiğinde hamur yoğurma parametreleri üzerinde en önemli etkiyi gösteren lif olduğunu ve ayrıca bezelye türevli liflerin varlığında sinerjistik ve/veya antagonistik etkilerin gözlemlendiğini göstermiştir.

Collar vd. (2006) düşük kalorili buğday ekmeği formülasyonları tasarlamak için farklı kaynaklardan gelen BL karışımları ile çalışmışlardır. Çözünür inülin (Fibruline), kısmen çözünür şeker pancarı lifi (Fibrex), bezelye hücre duvarı (Swelite) ve çözünmez bezelye kabuğu (Exafine) besinsel liflerinin buğday hamurunun yoğurma ve jelleşme profilleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı oranlarda tek başlarına ve belirlenen karışımlarda eklenen liflerin etkisi, bir RVA (Rapid Visco Analyzer) eğrisinden elde edilen viskozimetrik parametreler üzerindeki yanıt yüzeyi metodolojisi ile değerlendirilmiştir.

Collar vd. (2007) hamur viskoelastik özellikleri ve ekmek yapım kalite standartlarını karşılayabilecek nitelikte düşük kalorili buğday ekmeği formülasyonu tasarlamak için farklı kaynaklardan gelen lif karışımlarını ve işleme derecesini optimize etmeyi amaçlamıştır. İnulin, Fibrex ve bezelye kabuğu ilavesinin, buğday unu hamuru üzerindeki bazı yoğurma, uzama ve fonksiyonel özelliklerine etkisini incelemiştir. Fibrex'in küçük parçacık boyutunda iyi bir hidrasyon gösterdiğini, tek başına ilave edildiğinde hamurun yoğurma ve mekanik işleme özelliklerinde önemli derecede bozulma göstermediğini tespit etmiştir.

Šoronja Simović vd. (2010) ŞPL'ni beyaz una ekleyerek, tam tahıllı ürünlerde bulunan fitik asidin mineral alımına olan olumsuz etkisini elimine etmeye çalışmıştır. ŞPL'nin hamur reolojisi ve ekmek yapım parametreleri (ekmek hacmi ve ekmek içi kalitesi) üzerine olan olumsuz etkisini azaltmak için en optimal shortening (katı yağ), süt tozu ve gluten ilave oranı belirlenmek istenmiştir. Sonuçlar %5 gluten, %5 shortening (katı yağ) ve %2 süt tozu ilavesiyle ŞPL içeren en kabul edilebilir ekmek kalitesinin elde edildiğini göstermiştir.

Bu sonuçlar Šereš vd. (2005) tarafından bulunanlara benzer bulunmuştur. ŞPL içeren ekmek numunelerinin hacmi lif içermeyen ekmeğe göre %35 oranında azalmış ve ekmek içi kalitesi önemli ölçüde bozulmuştur.

Mišan vd. (2016), ŞPL'nin fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan hidrojen peroksit uygulamasının ŞPL'nin antioksidan potansiyelini bozup bozmayacağını incelemiştir. Çalışmada, sülfirik asitle ekstrakte edilen şeker pancarı posasından işlenmemiş lif (NTF), alkali çözelti içinde hidrojen peroksit ile işlenmiş NTF'den elde edilen işlenmiş lif (TF) ve ticari olarak temin edilen Fibrex® kullanılmıştır. Üç lif numunesinin etanol/su karışımındaki (80:20, v/v) ekstrakte edilebilir ve ekstrakte edilemez lif fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi belirlenmiştir. İncelenen liflerin alkali muamelesinden sonra elde edilen ekstrakte edilemeyen fraksiyonları, fenolik bileşiklerce çok daha zengin ve ekstrakte edilebilir fraksiyonlardan daha yüksek antioksidan potansiyeline sahip bulunmuştur. Ferulik asidin baskın fenolik asit olduğu görülmüştür. Hem ekstrakte edilebilir hem de ekstrakte edilemeyen fraksiyonlarla ilgili olarak, Fibrex® kimyasal testlerde NTF ve TF'ye kıyasla en yüksek antioksidan aktiviteye sahip bulunmuştur.

Shokrollahi ve Taghizadeh (2016) yeni bir BL kaynağı olarak hurma çekirdeğinin yağı alınmış tozu olan hurma çekirdeği besinsel lifi (HÇBL) ile şeker pancarından şeker ekstraksiyonundan sonra elde edilen Fibrex'i kimyasal, fiziksel ve ekmek pişirme özellikleri bakımından değerlendirmiştir. HÇBL'nin yüksek BL içeriği (%78.6), Fibrex'ten (% 65.74) daha zengin ve daha saf olduğunu göstermiştir. HÇBL'nin yağ tutma kapasitesi (1.33 g/g) Fibrex'e (1.32 g/g) benzer ancak su tutma kapasitesi (2.75 g/g) Fibrex'ten (5.26 g/g) daha düşük bulunmuştur. Buğday ununun %2.5 ve %5 oranında Fibrex veya HÇBL ile ikame edilmesi, yalnızca %2.5 HÇBL içeren ekmeğin sertliğinin kontrol ekmeğinden (%0 lif) farklı olmadığını göstermiştir. Duyusal analiz, %5 Fibrex içeren numuneler dışındaki tüm numunelerin genel olarak kabul edilebilir bulunduğunu ortaya çıkarmış, dolayısıyla bu numuneler ekmek yapımı için tavsiye edilmiştir.

Šoronja Simović vd. (2016) keçiyoynuzu unu (KU) ve ŞPL ilavesinin reolojik hamur performansı ve ekmek yapım kalitesine etkisini incelemiştir. Ayrıca 16 günlük depolama süresince ekmeklerin mikrobiyolojik kalitesi değerlendirilmiştir. Fonksiyonel katkı maddeleri içeren numuneler, BL içerikleri nedeniyle, daha yüksek su tutma kapasitesi (%2-10) ve daha uzun hamur gelişme süresine neden olmuştur. Hamurların uzamaya direnci önemli düzeyde artmıştır. Fonksiyonel bileşenlerin eklenmesi (besinsel lifin hidrasyon özelliklerinden dolayı) ekmeklerin tekstür ve duyusal özelliklerini iyileştirmiştir. Ekmek örneklerinin duyusal özellik incelemesi sonuçları, keçiyoynuzu unu ve şeker pancarı lifi ilavesinin ekmeğin özgül hacmi üzerinde etkili olduğunu doğrulamıştır. ŞPL ilavesi elastikiyeti artırmış, daha ince ekmek içi tekstürüne neden olmuştur. Sonuçlar, ŞPL ve keçiyoynuzu ununun ekmek yapımında kullanımının hamurların reolojik özellikleri, ekmeğin fiziksel ve duyusal kalite parametrelerinde önemli bir bozulmaya yol açmadığını göstermiştir. Keçiyoynuzu unu ile hazırlanan numunede 16 günlük incelemede mikrobiyolojik kontaminasyon bulunmaması keçiyoynuzu ununun doğal koruyucu olarak kullanılabileceğini doğrulamıştır.

Kalite özellikleri arasında, üretim teknolojisi ve son ürünün duyusal kabulü üzerindeki büyük etkileri nedeniyle hamur reolojik özellikleri özellikle vurgulanmaktadır. Šoronja Simović vd. (2021a) tarım sektörünün besinsel lifçe zengin yan ürünlerinden olan şeker pancarı lifi (ŞPL) ve keçiyoynuzu unu (KU) ilave

edilmiş hamurun reolojik davranışını, standart Brabender Extensograph ve Kiefer mikro yöntemi kullanarak incelemiştir. Buğday hamuru formülasyonuna KU (%0-20) ve ŞPL (%0-6) ilavesi, uzamaya karşı gösterdiği direnci sırasıyla yaklaşık %75 ve %55'e yükseltirken, KU ve ŞPL ilavesinin birleşik etkisi, hamurun uzamaya karşı direncini %100'e kadar artırmıştır. Hamurun uzayabilirliği (extensibility) hemen hemen aynı aralıklarda (%40'a kadar) azalırken, KU ve ŞPL ilavesinin birleşik etkisi hamur uzayabilirliğinde %75 kadar azalmaya neden olmuştur. Bu çalışmada kullanılan iki reolojik yöntem arasındaki mutlak korelasyonun doğrulanmadığı, reolojik özelliklerin yanı sıra temel olan diğer yöntemlerin de kullanılmasının gerektirdiği sonucuna varılmıştır.

Günümüzde, farklı endüstrilerin çok sayıda yan ürünü, ticari BL üretimi için kullanılabilir. Bu yan ürünlerden ayrıca glutensiz (gluten free, GF) olma avantajına sahip olan BL'ler, GF ürünler için potansiyel bileşenler olarak değerlendirilebilir.

Toplam BL içeriği sırasıyla %75 ve %78-89 olan şeker pancarı posası ve elma posası (Figuerola vd., 2005; Šoronja-Simović vd., 2016) büyük miktarlarda elde edilen yan ürünlerdir. Ayrıca, iyi dengelenmiş çözünür ve çözünmez besinsel lif oranı, gıda bileşenleri için optimal 1:2'ye yakındır (Jaime vd., 2002) ve bu oran şeker pancarı liflerini ve elma liflerini GF ekmek üretimine daha uygun hale getirmektedir.

Djorjevic vd. (2018), mısır bazlı GF formülasyonlar ve bunların GF hamur reolojisi ve ekmek yapım kalitesi üzerindeki etkileri, hidroksipropilmetilselüloz (HPMC) (%2, %3, %4), şeker pancarı lifi (ŞPL) (%3, %5, %7) ve su (%210, %220, %230) oranlarında yapılan değişiklikler ile incelenmiştir. Spesifik ekmek hacmi ve ekmek iç dokusu açısından GF ekmek kalitesi değerlendirmesi, HPMC ve ŞPL'nin daha yüksek seviyelerde formüle dahil edilmesinin bahsedilen kalite parametrelerini geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Yeterli su içeriği ile birleştğinde HPMC ve ŞPL'nin dahil edilmesinin, ekmek yapım kalitesi üzerinde olumsuz bir etki olmaksızın GF ekmeğin besin değerini artırabilir sonucuna varılmıştır.

Djordjevic vd. (2019) hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), şeker pancarı lifi (ŞPL) ve elma lifi ile birlikte yeterli su ilave oranlarının GF hamur reolojisi, ekmek yapım kalitesi ve üretilen ekmeklerin duyu özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir.

Sakać vd. (2011) ŞPL eklenmesiyle hazırlanan bisküvilerin antioksidan aktivitesi, bisküvilerin fonksiyonel özellikleri ve raf ömürleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. İşlenmiş lif (TF), şeker pancarı posasından sülfürik asit ile ekstraksiyon ve hidrojen peroksit ile muamelenin ardından kurutulmuş, öğütülmüş ve elenerek elde edilmiştir. TF, piyasada bulunan Fibrex® ile karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Bisküviler, bisküvi formülasyonuna buğday unu yerine %0, 7, 9 ve %11 oranında ŞPL ilave edilerek hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, bisküvi formülasyonunda buğday ununun Fibrex® ile ikame edilmesinin, antioksidan aktiviteyi, yani Fibrex® ile zenginleştirilmiş bisküvilerin fonksiyonel özelliklerini yükselttiğini ve raf ömürlerini uzatabileceğini göstermiştir. Buna karşılık, TF, TF ile zenginleştirilmiş bisküvilerin antioksidan aktivitesini artırmamıştır. Fibrex® ile zenginleştirilmiş bisküvilerin daha iyi antioksidan aktiviteleri, ferulik asidin varlığına bağlanmıştır.

Šoronja Simović vd. (2017), modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş şeker pancarı liflerinin, bisküvilerin antioksidan aktivitelerini ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için formülasyona katılma olasılığını araştırmıştır. Bu amaçla, farklı şeker pancarı lifleri ilave edilmiş bisküvilerden elde edilen etanol ekstraktının antioksidan özellikleri Fibrex®'den elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Fibrex® içeren bisküvilerin antioksidan aktivite bakımından en yüksek performansı sergilediği tespit edilmiştir.

Minarovičová vd. (2018), kereviz kökü tozu ve şeker pancarı posası tozunun farklı oranlarda (%5, 7.5, 10 ve 20) buğday ununa ilavesiyle zenginleştirilerek elde edilen hamurun bazı reolojik özellikleri ve pişmiş makarnanın bazı kalite özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Kereviz kökü ve şeker pancarı posası tozları, çoğu çözünmeyen toplam besinsel lif için iyi bir kaynak olarak bulunmuştur. Liflerin dahil edilmesi, su absorpsiyonunu artırmış, hamur stabilitesini ve hamur gelişme süresini uzatarak, bazı farinograf parametrelerini değiştirdiği sonucuna varılmıştır. Lifce zenginleştirilmiş makarnalar, kontrol makarnasından daha yüksek nem içeriğine sahip bulunmuştur. Şeker pancarı posası tozu ile hazırlanan makarnanın gri rengi ve kabul edilir bulunmayan bir tadı olduğu tespit edilmiştir. Liflerin eklenmesi ayrıca makarnanın pişirme kalitesini de değiştirmiştir. Üretilen makarnaların pişirme kaybı ve su emilimi artmış ve optimum pişirme süresi azalmıştır. Ayrıca, daha yüksek seviyede kereviz kökü tozu eklenmiş pişmiş makarna, daha yüksek sebze tadı

yoğunluğu ile karakterize edilmiş ve hoş bir tada ve renge sahip bulunmuştur. Duyusal değerlendirme, kereviz köklerinin makarnaya %10'a kadar katılabileceğini göstermiştir.

2.4 Guar Gam ve Kimyasal Yapısı

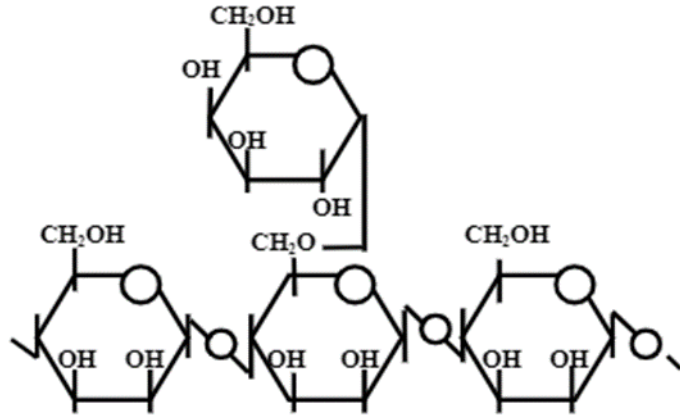
Guar gam (GG) Leguminosae familyasından *Cyamopsis tetragonolobus* tohumlarından elde edilen iyonik olmayan bir polisakkarittir (George vd., 2019). Asya alt kıtasının bazı bölgelerinde, Kuzey Afrika ve Güney Amerika'da ticari olarak üretilmekte olan bu bitkiye doğada da sıklıkla rastlanılmaktadır (Gong vd., 2012).

Guar gam bundan başka guaran, küme fasulyesi, “calcutta lucern”, gum cyamopsis, cyamopsis sakızı olarak da bilinmektedir (Hasan ve Abdel-Raouf, 2018).

Moleküler ağırlık aralığı 50.000 ila 8.000.000 Da olan yüksek molekül ağırlıklı polisakkaritlerden oluşan GG, esasen yüksek polidispers ve uzun zincir yapısında bir polisakkarit biyopolimeridir (Roberts, 2011).

GG tek bir galaktoz ünitesinin yan zincirlerini taşıyan lineer bir mannan omurgasından oluşan yarı esnek rasgele bobin konformasyonuna sahiptir. Polimerde mannoz galaktoz oranı 1.6-1.8:1 şeklindedir (Torres vd., 2014). GG'nin ortalama %80 galaktomannan, %12 nem, %5 protein, %2 asidik çözünmeyen kül, %0.7 kül ve %0.7 lipid içerdiği bilinmektedir (Şekil 2.1) (Rao vd., 2010). GG'nin diğer avantajları arasında biyogüvenlik, biyobozunurluk, biyouyumluluk ve sürdürülebilirlik gibi çeşitli özelliklere sahip doğal bir polimer olması da dikkat çekmektedir (George vd., 2019).

GG sentetik polimerlerden farklı olarak pH, elektrolit ilavesi ve ısıtmaya karşı nispeten duyarsız olduğu bilinen <%1 gibi düşük konsantrasyonlarda oldukça viskoz çözeltiler meydana getirmekte olup, GG'nin bu özelliği moleküler ağırlığının yüksek olması ve hidrojen bağı ile geniş intermoleküller birleşmeyle açıklanmaktadır (Gong vd., 2012).



Şekil 2.1. Guar gamın kimyasal yapısı (Shortridge vd., 2000).

GG çözeltileri ısıtıldığında, polimer molekülü etrafındaki hidratasyon suyunun kaybı sonucu fark edilir bir sıcaklık düşürme etkisi görülür. Öte yandan GG içeren çözeltiler tamponlama kapasitesine sahiptir ve çözeltilerin kararlılık gösterdikleri pH aralığı 4.5–10’dur. GG sıcak ve soğuk suda çözünürken, organik çözücülerde çözünmez, öte yandan kimyasallara ve yağlara karşı oldukça dayanıklıdır. Hidrojen bağı oluşumu için çok sayıda hidroksil grubu ve kimyasal modifikasyon ve çapraz bağlama için yüksek yeteneği bulunan GG, jel ve film oluşturma yeteneğine ve mükemmel su bağlama kapasitesine de sahiptir. GG’nin diğer önemli bir özelliği de toksik veya genotoksik olmamasıdır (Hasan ve Abdel-Raouf, 2018).

GG düşük maliyeti ve düşük konsantrasyonlarda bile oldukça viskoz çözelti üretme kabiliyeti nedeniyle çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılabilme potansiyeline de sahip gözükmemektedir (Soumya vd., 2010; Gong vd., 2012).

2.5 Guar Gamın Fonksiyonları

Gıda endüstrisinde GG pek çok üründe gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında soslar, çorbalar, içecekler, işlenmiş peynir ve et ürünleri, süt ürünleri ve fırınlanmış gıda ürünleri sayılabilir. Ayrıca GG yukarıda sayılan özellikleri nedeniyle stabilizatör ve koyulaştırıcı olarak geniş bir alanda kullanılmaktadır (Mudgil vd., 2012; 2014).

GG tipik olarak gıda ürünlerinin jelleşmesini, kalınlaşmasını ve emülsifikasyonunu kolaylaştırmak için gıdalara 1 g/100 g oranında ilave edilebilir. Yüksek viskoziteye neden olması, gıdalarda %1’in üzerindeki oranlarda ilave edilmesinde kısıtlayıcı bir

faktör olmaktadır. Günümüzde GG'nin, viskozitesini düşürmek için kısmen hidrolize guar gama işlenmesi uygulamalarını görmekteyiz (Prabaharan, 2011; Roberts, 2011). Seyreltik GG çözeltileri ise gıdalarda daha çok kalınlaştırıcı ve stabilize edici ajan olarak farklı konsantrasyonlarda kullanılabilmektedir (Torres vd., 2014).

Gıda endüstrisi uygulamaları dışında GG gibi suda çözünür polisakkarit çözeltileri, farmasötik, biyomedikal, kimyasal ve kozmetik ürünlerinde koyulaştırıcılar, stabilizatörler veya jelleştirici maddeler olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Torres vd., 2014). Ayrıca GG çözeltilerinin zayıf berraklığı ve modifiye edilmiş veya belirli özelliklere sahip ürünlere yönelik duyulan istekler, çeşitli ticari türevlerin geliştirilmesine neden olmuştur.

GG'nin kimyasal modifikasyonu, anhidroglukoz birimleri üzerindeki OH gruplarının reaksiyonunu içermektedir. GG türevlerini üretmek için bazı yöntemler kullanılır. Bunlara örnek olarak karboksimetilasyon, oksidasyon, aşılama ve çapraz bağlamaya dayalı yöntemler verilebilir (Dodi vd., 2011; Gong vd., 2012). GG'nin başlıca türevleri: Karboksimetil Hidroksipropil Guar (CMHPG), Hidroksipropil Guar (HPG), Karboksimetil Guar (CMG) şeklinde verilebilir (Hasan ve Abdel-Raouf, 2018). Bunlardan düşük moleküler ağırlıklı ve düşük viskoziteli depolimerize guar galaktomannan, nutrasötiklerin ve fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kullanılan çözünür bir BL kaynağıdır.

Mudgil vd. (2012) hidrolize GG'nin, kan glukoz konsantrasyonu, serum kolesterol ve serbest yağ asidi düzeyini düşürme ve kabızlığı giderme gibi fizyolojik etkiler göstermesinden dolayı önemli bir suda çözünür BL olduğunu ve bu özelliklerinden ötürü GG'nin çözünür BL kaynağı olarak gıda ürünlerinde kullanılabileceğini bildirmiştir. Günlük GG kullanımının 20 g seviyelerinde güvenli olduğu da belirtilmiştir.

İrritabl bağırsak sendromunun (İBS) tedavisi için suda çözünür jelleşmeyen BL'in tercih edildiği bilinir. Kısmen hidrolize GG'nin suda çözünürlük ve jelleşmeme özelliği, kabızlığın ve ishalin baskın olduğu İBS'nun her iki biçiminde de semptomları azaltmada etkili bulunmuştur. Diyetle kısmen hidrolize GG takviyesinin müshil kullanım gereksinimini, ishal sıklığını ve İBS semptomlarını azalttığı raporlandırılmıştır.

Yapılan *in vitro* alışmalar göstermiştir ki, GG varlığı nişastanın sindirimini önemli ölçüde azaltmaktadır. GG’ın bu rolü, nişasta ve nişasta hidrolize edici enzimler arasında bariyer görevi görmesiyle açıklanmaktadır. Öte yandan GG’ın jel oluşturma özelliğinden dolayı kolesterol ve glukoz düşürücü etkiler gösterirken, kilo vermeye ve obeziteyi önlemeye yardımcı olduğundan da bahsedilmektedir. GG znr lifinin jel oluşturma kapasitesi ve mideyi yavaş boşalması nedeniyle artan bir doygunluk sağladığı da bilinmektedir. GG takviyesi ile desteklenen diyet; iştahı, açlığı ve yeme isteğini azaltmaktadır.

GG ile kolesterolün düşürülmesinin arkasındaki mekanizmanın ise, dışkıda safra asitlerinin atılımındaki artış ve kolesterolden safra asitlerinin üretimini artırabilen enterohepatik safra asidindeki azalmadan kaynaklanmaktadır. BL kaynağı olarak GG’ın yeterli miktarda alımı, şeker hastalığının kontrolüne, mineral emilimini artırmaya, bağırsak düzeninin korunmasına, toplam ve LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) kolesterolün önemli ölçüde azalmasına ve konstipasyon gibi sindirim problemlerinin nlenmesine yardımcı olmaktadır (Mudgil vd., 2014). Ayrıca kısmen hidrolize guar gamın potansiyel bir prebiyotik olduğu da belirtilmektedir (Mudgil vd., 2018).

GG’ın, endüstriyel ve gıdalarda kullanıma uygun (food grade) ibaresiyle iki farklı saflıkta satıldığı görülmektedir. Gıdalarda kullanıma uygun GG ğtlmş endosperm halindeyken, endüstriyel saflıkta olan GG bazı kimyasal katkı maddeleri ilave edilerek üretilmektedir (Nussinovitch, 1997).

Unlu mamller için kuru karışımlar hazırlanırken, keçiboynuzu gamı (LBG) ve GG karıştırılmasıyla, ürünlerin bazı özelliklerinde iyileşme sağlandığı bilinmektedir. Gıdalara GG ilavesiyle karıştırma (mixing) süresi kısılrken, gaz hücrelerinin sayısı ve homojenlikleri artmaktadır. Bunlara ek, bu gıdaların depolama sresindeki nem kaybı daha az olurken, gıdaların dondurulabilmeleri daha olanaklı duruma gelmiştir (Cawley, 1964).

Sungur (2018) GG kullanıldığında unlu mamllerin kabuk inceliğinin az ve kabuk yapısının esnek olduğunu belirtmiştir. GG ekmekte hacim artışı sağlamıştır (Ribotta vd., 2001; 2004). Yine GG ilavesinin ekmeğin gaz hücrelerini arttırdığı, ekmek

gözenekliliğini azalttığı, ekmekte ince bir kabuk oluşturarak esnek kabuk yapısı sağladığı da tespit edilmiştir (Barcenas vd., 2004).

2.6 Guar Gam Üretimi

Kurak bölgelerde yetişen, yıllık bir tarımsal ürün olan guar bitkisi, yaklaşık 60 cm boyundadır. Bitkinin genel görünümü ve dikey gövde üzerindeki bakla dizilimi ile soya bitkisini andırmaktadır. Baklaların boyutları 5.0–12.5 cm olup, ortalama olarak 5-6 adet küresel, açık kahverengi renkte tohum içermektedir. GG, endosperm formunda bulunan guar tohumlarından elde edilmekte olup, bu tohumlar çift çeneklidir ve içinde iki endosperm yarısı bulunmaktadır. Guar tohumunun endosperm ve kabuğu protein açısından çok zengin olan guar unu olarak adlandırılmaktadır. Dünya guarının yaklaşık %90'ını, Hindistan ve Pakistan birlikte yetiştirmektedir (Thombare vd., 2016).

Guar gam ticari olarak tohumlardan, mekanik bir kavurma, aşındırma, eleme ve cilalama işlemleriyle ekstrakte edilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Guar gam üretim süreci.

2.7 Guar Gamın Hububat Ürünlerinde Kullanımı

Tredger vd. (1991), guar gam (GG), şeker pancarı lifi (ŞPL) ve buğday kepeği ile birlikte kolesterol düzeyi normal erkeklerin diyetlerine ilave edilmiştir ve deneklerin serum lipoprotein seviyesine etkileri incelenmiştir. Her bir lif, ekmek formülasyonuna dahil edilmiş, denekler 14 gün boyunca günde 20 g BL tüketmişler,

21 gün ara periyot sonrası, 20 denekten GG veya ŞPL içeren ekmek tüketenlerde kan kolesterol ve apoprotein seviyelerinin önemli düzeyde düştüğü tespit edilmiştir.

Overton vd. (1994), ŞPL ve GG'nin hipokolesterolemik etki mekanizmasını araştırmışlardır. On adet erkek Wistar fareden oluşan dört grup oluşturulmuş, farelere *ad lib* olarak, 100 g ŞPL veya 100 g GG /kg verilmiştir. Kontrol grubu ise 100 g selüloz veya 100 g buğday kepeği/kg olarak belirlenmiştir. Denekler 28 gün boyunca beslenmiştir. ŞPL'nin hipokolesterolemik etki mekanizması çok açık olmamakla birlikte, enterohepatik safra asidi dolaşımının bozulmasını içeren bir mekanizma yoluyla, muhtemelen diyetle alınan lipidlerin absorpsiyon hızının değişmesi ile ilişkili bulunmuştur.

Bu tip araştırmalar GG'a olan ilgiyi sağlık üzerine etkisi bakımından artırırken, diğer taraftan GG'ın taşıdığı bazı teknolojik özellikler nedeniyle de gıdalarda ve özellikle hububat ürünlerinde de kullanım sıklığını da artırmaktadır.

Schiraldi vd. (1996), hidrokolloidlerin bayatlama karşıtı özelliğine kanıt olabilecek bir bulguya rastlamamış olsalar da LBG ve GG kullanımının taze ekmek kalitesini iyileştirdiğini belirlemişlerdir.

Rosell vd. (2001), bazı hidrokolloidlerin (β -karregenan, sodyum aljinat, hidroksipropil metilselüloz, ksantan gam) buğday ununun reolojik özellikleri ve son ürün kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Ksantan gamın ekmeğin spesifik hacmini ve ekmek içi su aktivitesini arttırdığı tespit edilmiştir.

Gavilighi vd. (2006), karboksimetil selüloz, LBG, GG ve ksantan gam gibi hidrokolloidleri lavaş tipi ekmeklerde bayatlamayı önleyici katkı olarak kullanmışlardır.

Lazaridou vd. (2007), β -glukan, karboksimetil selüloz, ksantan gam, agaroz ve pektin gibi hidrokolloidleri gluten içermeyen ekmeklerde ekmek ve hamur güçlendirici olarak kullanmışlardır.

Sungur ve Ercan (2003), tam buğday unlarına değişik oranlarda katılan hidrokolloidlerin [GG (%0.15-1.00), keçiyoynuzu gamı (%0.15-1.00), karboksimetil selüloz (%0.25-1.00) ve β -karragenan (%0.15-1.00)] ekmek özelliklerine etkileri

üzerine yapmış oldukları çalışmada, hamur ve ekmeğin bazı teknolojik ve fiziksel özellikleri ile ekmeğin bayatlaması üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Guarda vd. (2004), hidrokolloidlerin (ksantan, HPMC, β -karregenan, sodyum aljinat) taze ekmek ve ekmeklerin bayatlaması üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, hidroksimetilpropilselüloz kullanılması lezzet, aroma, dış görünüş, gevreklik üzerine olumlu etki göstermiş, ayrıca tüm hidrokolloidlerin depolama esnasında nem kaybını da azalttıkları belirlenmiştir.

Shalini ve Laxmi (2007), tam buğday unundan yapılan çapati (chapatti) ekmeği üzerine yapmış oldukları çalışmada, κ -karragenan, hidroksipropilmetilselüloz, GG ve karboksimetil selüloz gamı una ağırlıkça %0.25-1.0 oranında katarak çapati ekmeği üretmişlerdir. Ekmekler oda sıcaklığında ve buzdolabında 2-5 gün bekletilmiştir. Çalışma sonunda, incelenen hidrokolloidlerin, çapati ekmeğinin kalitesini iyileştirdiği ve en yüksek etkinin %0.75 GG ve %0.5 hidroksipropilmetilselüloz ilavesinde elde edildiği sonucuna varılmıştır.

Ferrero (2016) yapmış oldukları bir çalışmada, yaygın kullanılan hidrokolloidlerin buğday ekmeğinin farklı özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Hidrokolloidlerin ekmek kalitesini, hamur performansını ve duysal kaliteyi olumlu etkilediği görülmüştür. Ayrıca hidrokolloidler depolama esnasında ekmek içinde meydana gelen değişimleri en aza indirmek için de kullanılmıştır. Besinsel lif bakımından zengin olan unlarda azalan hamur ve ekmek kalitesinin hidrokolloidlerle iyileştirilebileceği belirtilmiştir.

Ahmed ve Thomas (2017), GG ve ksantan gamın, β -glukan besinsel lifi ilaveli esmer buğday unundan yapılmış ekmek hamurunun yapışkanlık, bayatlama ve uzayabilirlik özellikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. %0.125-0.5 aralığında uygulanan her iki hidrokolloid ilavesi, hamurun yapışkanlık (stickiness) ve ekstensograf değerleri üzerine benzer sonuçlar göstermekle beraber, 0.25g/100g hidrokolloid ilavesi ile daha iyi bir hamur yapısı elde edilmiştir.

Kundu vd. (2014) lifce zengin balkabağı tozu ve GG ilavesinin buğday ununun farinograf karakteristiklerine etkisini incelemişlerdir. %5'in üzerinde balkabağı tozu ve %1 ve %1.5 GG ilavesinde, ilave oranı arttıkça, hamurun gelişme süresi,

stabilitesi ve FQN yükselirken, yoğurma tolerans sayısı azalmıştır. Hamurlarda uzamaya karşı direnç %5 balkabağı tozu içeren unlarda tüm GG ilave oranlarında (%0.5-1.5) önemli düzeyde yükselmiştir. Sonuçlar balkabağı tozunun GG ilavesiyle ekmek üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir.

Rodge vd. (2012) GG ilavesinin hamurun reolojik özellikleri ve beyaz ekmeğin bazı fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri üzerine etkilerini incelenmiştir. Guar gam ilavesi ile farinograf su absorpsiyonu artmış, gelişme süresi azalmış, stabilite değerleri artmıştır. Ekmek rengi, simetri durumu ve aroması ilave oranı ile lineer artarken, guar gam ilavesi ekmek içi rengi, tekstürü ve tadını iyileştirmiştir.

Sunulan tez çalışmasıyla amaçlananları şöyle sıralayabiliriz;

- * önemli bir şeker fabrikası artığı olan şeker pancarı posasından elde edilen ŞPL (Fibrex)'nin hamur reolojik özelliklerine etkisini tespit etmek,
- * besinsel lifce zengin olan ŞPL'nin hamur reolojisinde oluşturacağı beklenen olumsuz etkiyi hidrokolloid yapısındaki GG'nin değişik oranlarda ilavesiyle iyileştirebilme olanağını tespit etmek,
- * elde edilen reolojik özellikler ışığında seçilen uygun bir ekmek yapma yöntemiyle ŞPL ve GG'ı değişik oranlarda kombine içeren formülasyonlardan ekmek denemeleri yapmak,
- * üretilen ekmek örneklerinin bazı ekmek yapım özelliklerini (ekmek ağırlığı, ekmek hacmi, ekmek yoğunluğu, ekmek spesifik hacmi, ekmek içi ve kabuğu renk değerleri, tekstür değerleri ve su aktivitesi vb) belirleyerek,
- * GG ilavesinin ŞPL içeren hamur ve ekmek kalitesini iyileştirmede kullanılabilecek en uygun ilave oranını tespit edebilmektir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Tez çalışmasında Konya’da faaliyet gösteren bir un fabrikasından (Çevikler Un Sanayi, Karasevda, Konya, Türkiye) ekmeklik un (% protein miktarı k.m.’de en az 10.5 olan) temin edilmiştir.

Şeker pancarı lifi olarak Almanya’dan satın alınan, %67 besinsel lif içeren ticari bir ürün, Fibrex Finax (F) (Strömald, İsveç) kullanılmıştır. Guar zımkı şeklinde bilinen E 412 kodlu bir gıda katkı maddesi olan guar gam (GG) (Kimbiotek Kimyevi Mad. San. ve Tek. İstanbul) yurt içinden temin edilmiştir. Şeker pancarı lifi ve guar gamın görüntüsü Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de verilmiştir.

Rafine iyotlu sofrata tuzu (Carrefour- Öykü Gıda Mad. Paz. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara), yaş hamur mayası (Pak Gıda Üretim ve Pazarlama A.Ş., Düzce) ve su (Badem Pınarı, Kırşehir) marketlerden satın alınmıştır.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan şeker pancarı lifi (Fibrex, Finax, İsveç)



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan guar gam (E 412)

3.2 Yöntem

3.2.1 Ham maddelerde yapılan kimyasal ve fizikokimyasal analizler

3.2.1.1 Nem miktarı tayini

Buğday ununda nem miktarı, AACCI Metot No: 44-15A'ya göre belirlenmiştir (AACC, 2000).

3.2.1.2 Kül miktarı tayini

Un örneğinde kül miktarı AACCI Metot No: 08-01'e göre Muffle 1200 (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti., Ankara, Türkiye) kül fırını kullanılarak saptanmıştır (AACC, 2000).

3.2.1.3 Yaş gluten (yaş öz) miktarı tayini

Yaş gluten (yaş öz) miktarı, AACC Metot No: 38-11 (AACC, 2000)'e göre, Perten 2200 Gluten Ölçüm Cihazı (Perten Ins., Hudinge, İsveç) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.1.4 Gluten indeks tayini

Gluten indeks tayini, AACC Metot No:38-12 (AACC, 2000)'ye göre, Perten 2200 Gluten İndeks Cihazı (Perten Ins., Hudinge, İsveç) kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1.5 Zeleny sedimentasyon değeri tayini

Un örneğinde Zeleny sedimentasyon değeri tayini, AACC metot No:56-60A (AACC, 2000)'e uygun olarak Sedimentation Zeleny 3100 (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti., Ankara, Türkiye) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1.6 Modifiye sedimentasyon değeri tayini

Un örneğinde modifiye sedimentasyon testi, Köksel vd., (2000)'nin yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

3.2.1.7 Düşme sayısı (Falling Number) değeri tayini

Düşme sayısını belirlemek amacıyla Falling Number 1500 (Perten Ins., Hudinge, İsveç) test cihazı kullanılmış ve analiz AACC Metot No:56-81B (AACC, 2000)'e göre yapılmıştır.

3.2.1.8 Partikül boyut dağılım analizi

Şeker pancarı lifi (Finax Fibrex, İsveç)'ne ait partikül boyut dağılımı, laboratuvar test cihazı (Retsch D-5657, Haan, Almanya) ve 150µm, 212µm ve 500µm test elekleri kullanılarak ağırlıkça yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

3.2.1.9 Renk analizi

Un, şeker pancarı lifi (Finax Fibrex) ve guar gam örenklerinde renk analizi Konika Minolta CM-3600d (Konica Minolta Inc., Osaka, Japonya) renk ölçer cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Renk skalasında; L^* değeri [(0) siyah-(100) beyaz], a^* değeri [(+) kırmızı-(-) yeşil] ve b^* değeri [(+) sarı-(-) mavi] olarak kullanılmıştır.

3.2.2 Hamur reolojik analizleri

Araştırma örneklerinde hamura ait su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite, yumuşama derecesi, FQN (Farinograph Quality Number-Farinograf Kalite Sayısı) değerleri, firma tarafından “Farinograf” cihazıyla sonuçları karşılaştırılabilir ve eşdeğer olduğu belirtilen, bilgisayar destekli Absograf 500 (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti., Ankara, Türkiye) test cihazı kullanılarak saptanmıştır (Şekil

3.3.). Cihaz, unun su absorpsiyonu ve bu undan hazırlanan belli konsistensteki hamurun yoğurmaya karşı gösterdiği direnci ölçüp, grafik ve veri olarak kaydederken, bir sonraki test aşaması olan Resistograf 500 cihazı için hamur hazırlamada da yardımcı olabilmektedir.

Çalışmaya başlamadan önce cihaz sıcaklığının 30 °C'ye gelmesi sağlanır ve %14 nem esasına göre tartılmış olan 300 g un örneği cihazın hamur karıştırma haznesine konur. Unun yeterince karışması için cihaz 1 dakika çalıştırılıp, ardından bilgisayardaki program başlatılarak hamur karıştırma haznesine büretten %50 civarında su verilir. Beş dakika boyunca yapılan bu ölçüm sonunda, 500 FU çizgisine yaklaşan bir grafik ve ölçüm ile çalışılan un örneğinin yaklaşık % su absorpsiyon değeri tespit edilir.



Şekil 3.3. Bastak Teknoloji Absograf 500 test cihazı

Hamur karıştırma haznesi boşaltılıp, temizlendikten sonra yeniden 300 g un tartılıp, bir dakika süreyle unun karışması sağlanır. Beş dakika testinde belirlenen % su absorpsiyon değeri kadar su verilir ve su verme işleminin sonunda grafiğin 500 FU çizgisini ortalaması gerekir. Hamur karıştırma haznesinin üstü kapatılıp analize 20 dakika süreyle devam edilir.

Gelişme süresi, grafik başlangıcından grafiğin 500 FU konsistens çizgisini ortaladığı ve maksimum yüksekliğe ulaştığı noktaya kadar geçen dakika (dk) olarak süredir.

Yoğurma sırasında hamurun yoğurucu paletlere gösterdiği direnç bir süre değişmeden kalır. Stabilité, grafiğin 500 FU konsistens çizgisine ulaştığı nokta ile 500 FU çizgisinden ayrıldığı nokta arasındaki dakika olarak süredir.

Yumuşama derecesi, grafiğin tepe noktasından itibaren 12 dakika sonra, grafiğin orta noktasının 500 FU konsistens çizgisine olan uzaklıktır ve FU birimiyle verilir.

Farinograf kalite sayısı (FQN), zaman eksenini boyunca, su ilave noktası ile eğrinin merkezinin yüksekliğinin, hamur gelişme süresini gösteren eğrinin merkezinin yüksekliğine kıyasla 30 FU azaldığı nokta arasındaki uzunluk, 10 ile çarpılarak hesaplanır.

Araştırma örneklerinde un, tuz ve su ile istenen konsistenste hazırlanan hamura ait enerji, hamurun uzamaya karşı gösterdiği maksimum direnç (max. resistance), hamurun sabit deformasyondaki direnci (resistance), uzama kabiliyeti (rupture), oran sayısı ve maksimum oran sayısı, firma tarafından “Ekstensograf” cihazıyla sonuçları karşılaştırılabilir ve eşdeğer olduğu belirtilen, bilgisayar destekli Resistograf 500 (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti., Ankara, Türkiye) test cihazı kullanılarak saptanmıştır (Şekil 3.4.). Cihazın prensibi, uygun su miktarıyla hazırlanan hamurun, belirli fermentasyon aşamalarından geçerek, kanca ve ray sistemiyle kopana kadar esnetilerek elastikiyetinin ölçülüp, grafiğe aktarılması ve sayısal verilerin elde edilmesidir.



Şekil 3.4. Bastak Teknoloji Resistograf 500 test cihazı

Çalışmaya başlamadan önce cihaz sıcaklığının 30 °C'ye geldiği kontrol edilir ve fermentasyon dolabındaki kapların altına su konulur. Büret 30 °C'deki su ile doldurulur. Behere 6 g tuz tartılır ve üzerine büretten 150 ml su konarak tuz çözünür (unun % su absorpsiyonu %50'den az ise daha az su konulur). %14 nem esasına göre tartılmış olan 300 g un örneği Absograf 500 cihazının hamur karıştırma haznesine konur ve kapağı kapatılır. Unun yeterince karışması için cihaz 1 dakika çalıştırılıp, ardından bilgisayardaki program başlatılarak hamur karıştırma haznesine tuz çözeltisi kabın köşesinden ilave edilir. Su ilavesinden sonra büretten 5 dakika içerisinde 500 FU çizgisine yaklaşan bir grafik ve ölçüm ile çalışılan un örneğinin yaklaşık % su absorpsiyon değeri tespit edilir ve yoğurma kesilir. Alet temizlendikten sonra, tekrar aynı miktar un tartılıp miktarı saptanmış olan su 25 saniye içerisinde verilerek tam 5 dakika yoğurma yapılır. Elde edilen hamur 150 g'lık iki eşit parçaya kesilir. Her bir parça Resistograf 500 cihazının pazılama kısmında 20 devir yaptırılarak yuvarlak hale getirilir. Ardından bastonlama kısmında silindir şekli verilir ve özel kaplarına yerleştirilip, 45 dakika fermentasyon dolabında tutulur. Süre sonunda hamur parçası çıkarılır ve aşağıdan yukarıya doğru hareket eden raylı hamur esnetme mekanizması kullanılarak (yerçekiminin olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için) koparılır. Sonra hamur parçalarına tekrar yuvarlak ve silindir şekli verilerek fermentasyon dolabına konulur ve ikinci kez 45 dakika bekletilir ve aynı şekilde grafik çizilir. Üçüncü kez 45 dakika fermentasyondan sonra grafik yeniden çizilir.

Böylelikle, hamurun reolojik özelliklerini anlamaya yetecek uzunlukta test süreleri verilerek 45., 90. ve 135. dakikalarda elde edilen belli konsistensteki hamura ait paralelleri ile beraber Resistograf 500 grafikleri elde edilmiştir. Hamura ait 135. dakikadaki ölçümler istatistiksel analize tabi tutulmuştur (Elgün vd., 2015).

Çizilen Resistograf 500 grafikleri ile grafiğin planimetrik alanı olan enerji (A , cm^2) değeri, grafiğin taban uzunluğu olan uzama kabiliyeti (E , mm), grafiğin yüksekliği olan hamurun uzamaya karşı maksimum direnci (R_m , FU) ve grafiğin başlangıcından 5 dakika sonraki yüksekliği olan hamurun sabit deformasyondaki direnç (R_5 , FU) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca oran değeri (direnç/uzama kabiliyeti: R_1) ve maksimum oran değeri (maksimum direnç/uzama kabiliyeti: R_2) hesaplanmıştır.

3.2.3 Ekmek yapma denemesi ve ekmek kalite özelliklerinin belirlenmesi

3.2.3.1 Ekmek yapma denemesi

Unların ekmeklik özelliklerinin belirlenmesi doğrudan hamur yapma yöntemine (Straight Dough Method) göre yapılmıştır. İki tekrarlı yürütülen ekmek denemelerinde hem formülasyon hem de fermentasyon süreleri ülkemizde genel olarak uygulanan ekmek üretim metoduna uygun olacak şekilde kullanılmıştır.

Yoğurma kabına %14 nem esasına göre 300 g un tartılmıştır. Gerekli olan maya süspansiyonu 80 g yaş maya/litre, tuz çözeltisi ise 60 g tuz (NaCl)/litre olacak şekilde 30 °C'deki su kullanılarak hazırlanmıştır. Denemelerde hazırlanan maya süspansiyonu ve tuz çözeltilerinden her 100 g un için 25'er ml alınmış ve una katılmıştır. Böylelikle hamurların un ağırlığına göre %2 maya (g/g) ve %1.5 tuz (g/g) içermesi sağlanmıştır. Ekmek üretiminde Absograf 500'den elde edilen % su absorpsiyon değerleri kullanılmıştır (Çizelge 3.1.). Yoğurulan hamur (HA, g) (yoğurma süresi ön denemelerle belirlenmiştir), yoğurma kabından (Emsan Bella Gusto Stand Mikser 1300W, İstanbul, Türkiye) alındıktan sonra, tartılıp, iki eşit parçaya bölünüp, elde 20 kez yuvarlanıp fermentasyon kabına konup, 30 °C ve %85 bağıl nemdeki etüvde (Şimşek Labortechnik Ltd. Şti., Model Et-120, Ankara, Türkiye) 30 dakika bekletildikten sonra birinci havalandırma (punch) yapılmıştır. Aynı koşullar altında 30 dakika bekletilip ikinci havalandırma yapıldıktan sonra, elle şekil verilip, belli boyuttaki (9x9 cm üst kenar, 7x7 cm taban kenar ve 4.5 cm yükseklik) alimünyum kaseye (Ece A.Ş., Kocaeli, Türkiye) alınmıştır. Son fermentasyon (proof) süresi 55 dakika olarak belirlenmiştir. Toplam 115 dakikalık fermentasyon süresi sonunda hamurlar Arçelik MF-1300 fırında (Arçelik A.Ş., İstanbul, Türkiye) 180 °C'de 30 dakika pişirilmiştir. Fırının içine içi su dolu kap yerleştirilerek yeterli buhar sağlanmıştır. Fırından çıkan pişmiş ekmekler çalışma alanı koşullarında, açık atmosferde tepsilerde 1 saat soğumaları için bekletilmiştir.

Soğumuş olan ekmeklerde ekmek yapım kalitesi (EYK) için belirlenen ölçümler (Ekmek ağırlığı: EA, EH: Ekmek hacmi, SH: Ekmek spesifik hacmi, EY: Ekmek yoğunluğu ve PK: Ekmek pişme kaybı) yapılmış, sonra ekmekler plastik torbalar içine yerleştirilip, ağızları sıkıca bağlandıktan sonra tekstür analizi, renk analizi ve diğer analizler için oda şartlarında tutulmuştur.

Ekmek pişirme denemelerinde şeker pancarı lifi (F) %3, %6 ve %9 oranlarında (un esasına göre ağırlıkça) ve guar gam (GG) %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında (un esasına göre ağırlıkça) tüm şeker pancarı lifi ilave oranlarında kombine kullanılarak ekmekler üretilmiştir.

Çizelge 3.1. Ekmek pişirme fişi

Ekmek Pişirme Fişi

TARİH : / / 20...

Ömek Kodu	F Miktarı gr.	GG Miktarı gr.	Un Miktarı gr.	Su Absorpsiyonu %	Düzeltilmiş absorpsiyon ml	İlave Su Miktarı ml	Hamur Miktarı gr.	Ömek kodu	Parça Hamur Ağırlığı gr.	Fermentasyona Giriş Saati	Birinci Havalandırma	İkinci Havalandırma	FIRIN		
													Giriş Saati	Çıkış Saati	
H1								H1a							
								H1b							

F = Fibrex GG = Guar gamı

Analiz Yapan:

3.2.3.2 Ekmek kalite özelliklerinin belirlenmesi

3.2.3.2.1 Ekmek yapım kalitesi (EYK)

3.2.3.2.1.1 Ağırlık ve hacim analizi

Üretilen ekmeklerin ağırlıkları (EA) oda sıcaklığında en az 60 dakika bekletildikten sonra tartılarak gram (g) cinsinden belirlenmiştir. Ekmeklerin hacimleri (EH), buğday ile yer değiştirme prensibine göre ölçülmüş ve cm³ cinsinden verilmiştir.

3.2.3.2.1.2 Ekmek yoğunluğu ve spesifik hacim analizi

Ekmek yoğunluğu (EY), ekmek ağırlığının (g) ekmek hacmine (cm³) bölünmesiyle hesaplanmıştır. Ekmeklerin spesifik hacmi (SH), ekmek hacminin (cm³) ekmek ağırlığına bölünmesiyle belirlenmiştir (g) (Elgün vd., 2015).

3.2.3.2.1.3 Pişme kaybı analizleri

Ekmekte pişme kaybı (PK), üretilen ekmeklerde meydana gelen nispi ağırlık kaybı olarak hesaplanmış ve sonuçlar yüzde (%) olarak belirtilmiştir.

3.2.3.2.2 Su aktivitesi tayini

Ekmeklerin su aktivitesi (a_w), AquaLab marka su aktivitesi ölçüm cihazı (Model Series CX2, Decagon Devices Inc., Pullman, Washington, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Ekmeğin iç ve kabuk kısmı, ölçüm cihazının plastik kaplarına, kabın alt yüzeyini tamamen kaplayacak şekilde yerleştirilmiş ve okuma yapılmıştır. Su aktivitesi ölçüm cihazının hassasiyeti ± 0.003 olup, ölçümler 25 °C'de gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2.3 Tekstür analizi

Ekmeklerin tekstür profil analizi (TPA), Tekstür Analiz cihazı (Texture Analyzer, Lloyd-TA-Plus, West Sussex, İngiltere) kullanılarak yapılmıştır. Ekmekler pişirildikten 24 saat sonra, oda sıcaklığında, maksimum yük 5 N ve yaklaşma hızı 55 mm/dk olacak şekilde 35 mm çapında alüminyum disk kullanılarak belirlenmiştir.

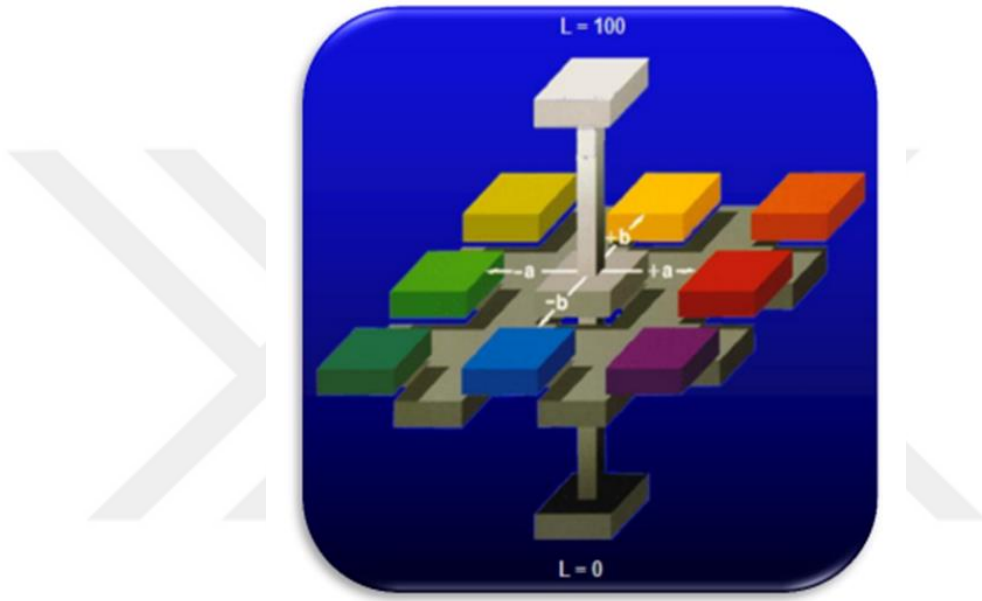
Ekmek örneklerinin her biri 12.5 mm kalınlığında dilimlenmiş, iki dilim üst üste konularak cihaza yerleştirilmiş, %25 oranında sıkıştırılması için gerekli kuvvet (N) ölçülmüş ve iki ardışık sıkıştırma gerçekleştirilerek analiz yapılmıştır. Her bir ekmek örneğinde iki ölçüm gerçekleştirilerek elde edilen kuvvet zaman grafiğindeki veriler, cihaz yazılımı aracılığıyla sertlik (hardness: N), koheziflik (cohesiveness), esneklik (springiness: mm), sakızımsılık (gumminess: N), çiğnenebilirlik (chewiness: Nmm) ve katılık (stiffness: N/mm) parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Ekmeklerin TPA'da değerlendirmeye alınan parametrelerin ifade ettiği anlamlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Bazı tekstür parametrelerinin tanımları

TPA Parametresi	Tanım	Birim
Sertlik	Belirli bir deformasyonu sağlamak için uygulanması gereken maksimum kuvvet	N
Koheziflik	İkinci sıkıştırmada elde edilen alanın ilk sıkıştırmadaki alana oranı	Birimsiz
Esneklik	Deforme edici kuvvet kaldırıldıktan sonra kendini toparlayarak deformasyondan önceki haline dönme hızı	mm
Sakızımsılık	Yarı katı bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerjidir	N
Çiğnenebilirlik	Katı bir gıda maddesinin yutmaya hazır hale gelene kadar parçalanması için gerekli enerjidir	Nmm
Katılık	Analiz edilen örneğin deformasyona karşı gösterdiği direnci ifade	N/mm

3.2.3.2.4 Renk Analizi

Ekmek içi ve kabuğunda L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri, spektrofotometre (Konika Minolta CM-3600d, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Burada; L^* değeri [(0) siyah- (100) beyaz], a^* değeri [(+) kırmızı, (-) yeşil] ve b^* değeri [(+) sarı, (-) mavi] olarak kullanılmıştır (Şekil 3.5). Her bir ekmek örneği için ekmek içi ve ekmek kabuğunda dört farklı noktadan renk okuması yapılmıştır.



Şekil 3.5. L^* , a^* , b^* renk skalası (Hunterlab, 2017).

Elde edilen parametrelerden Kroma (C^*), Hue (h°), Net Renk Farkı (ΔE^*), ekmek içinde (crumb) Beyazlık İndeksi (WI-whiteness index) ve ekmek kabuğunda (crust) Esmerleşme İndeksi (BI-browning index) değerleri türetilmiştir.

C^* (3.1), h° (0° - 360°) (3.2), ΔE^* (3.3), WI (3.4) ve BI (3.5) değerleri aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır (Francis, 1998; Palou vd., 1999; Hsue vd., 2003, Mokrzycki ve Tatol, 2011, Djordjević vd., 2019).

$$C^* = (a^2 + b^2)^{0.5} \quad (3.1)$$

$$h^\circ = \arctan(b/a) \quad (\text{eğer } a^* > 0 \text{ ve } b^* > 0 \text{ ise}) \text{ ve } h^\circ = 180^\circ + \arctan(b/a) \quad (\text{eğer } a^* < 0 \text{ ve } b^* > 0 \text{ ise}), \quad (3.2)$$

$$\Delta E^* = (\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2})^{0.5} \quad (3.3)$$

$\Delta a^* = a^* - a^*_0$, $\Delta b^* = b^* - b^*_0$, $\Delta L^* = L^* - L^*_0$; a^*_0 , b^*_0 ve c^*_0 kontrol ekmeğine ait renk değerleridir.

- $0 < \Delta E^* < 1$ gözlemci farkı fark etmez,
- $1 < \Delta E^* < 2$ sadece deneyimli gözlemci farkı fark edebilir,
- $2 < \Delta E^* < 3.5$ deneyimsiz gözlemci de farkı fark eder,
- $3.5 < \Delta E^* < 5$ renkteki net fark fark edilir,
- $5 < \Delta E^*$ gözlemci iki farklı renk fark eder.

$$WI = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.4)$$

$$BI = \frac{100 \times (X - 0.31)}{0.172} \quad (3.5a)$$

$$X = \frac{a^* + 1.75L^*}{5.645L^* + a^* - 3.012b^*} \quad (3.5b)$$

3.2.3.2.5 Duyusal analizler

Duyusal değerlendirmede on altı ekmek örneği plastik torbalarda oda sıcaklığında 24 saat muhafaza edildikten sonra, Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde öğrenci ve öğretim elemanlarından oluşan rastgele seçilen panelistler tarafından ekmek içi rengi, ekmek içi gözenek yapısı, sertlik, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik gibi altı ekmek kalite kriterince değerlendirilmiştir (Şekil 3.6). Ekmek örnekleri standart kalınlık ve ölçülerde dilimlenerek (2 cm kalınlık) panelistlere suyla birlikte sunulmuştur. Ekmekler, hedonik skala kullanılarak Anzaldúa-Morales (1994) tarafından belirtilen metoda göre analiz edilmiş, 1-15 skalasında (1 çok kötü, 7 orta, 15 çok iyi) puanlanmıştır (Meral ve Karaoğlu, 2020). Panel öncesinde panelistler (n=14) ekmek kalite kriterlerinin bilimsel tanımları hususunda sözlü olarak bilgilendirilmişlerdir.

Duyusal Değerlendirme Formu					
Panelistin Adı Soyadı:					
Tarih:					
Puan veriniz (1-15)	İç rengi	Ekmek içi gözenek yapısı	Sertlik	Ağızda bıraktığı his	Genel edilebilirlik kabul
1 çok kötü					
7 orta					
15 çok iyi					

Şekil 3.6. Ekmek duyusal değerlendirme formu (Meral ve Karaoğlu, 2020).

3.2.4 İstatistiksel analizler

Değişik oranlarda ŞPL ve GG içeren un karışımlarında Resistograf 500 (135. dakika) ve bu unlardan üretilen ekmek örneklerinden elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi yapılmış ve istatistiksel olarak önemli bulunan varyasyon kaynaklarının ortalamaları LSD (Least Significiant Difference: En küçük önemli fark) testi uygulanarak karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Buğday Ununun Bazı Kimyasal, Fizikokimyasal, Reolojik Özellikleri ve Renk Değerlerine İlişkin Sonuçlar

Tez çalışmasında kullanılan ekmeklik un örneğine ilişkin bazı kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özellikler ile renk değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırmada kullanılan ekmeklik unun bazı kimyasal, fizikokimyasal, reolojik özellikleri ve renk değerleri^{1,2,3,4,5}

Ekmeklik Un (Kontrol)		Nem Miktarı (%)	Kül Miktarı (% k.m.)	Yaş Gluten Miktarı (%)	Gluten İndeks Değeri (%)	Sedimentasyon Değeri (ml)	Modifiye Sedimentasyon Değeri (ml)	Düşme Sayısı Değeri (s)
		13.2	0.72	25.7	98	40	58	325
ABSOGRAF 500 DEĞERLERİ		Su Absorpsiyonu (%)		Gelişme süresi (dk)		Stabilite (dk)	FQN	
		63.6		0.9		1.2	23	
RESİSTOGRAF 500 DEĞERLERİ		Rm (FU)		E (mm)		A (cm ²)	R ₂	
45. dk		424		135		68	3.2	
90.dk		662		117		95	5.7	
135. dk		358		92		38	3.9	
RENK DEĞERLERİ	Kabuk	L*	a*	b*	C*	h ⁰	BI	
		46.89	17.57	30.24	34.98	59.79	122.85	
	İç	L*	a*	b*	C*	h ⁰	WI	
		70.19	-0.49	14.52	14.53	92	66.78	

¹ k.m.: kuru madde

² FQN: Farinograf Kalite Sayısı

³Rm: Maksimum Direnç, E: Elastikiyet, A: Enerji (Alan), R₂: Rm/E: Maksimum Oran Değeri, FU: Farinograf Unit

⁴L*: (parlaklık), a*: (kırmızılık ve yeşillik) ve b*: (sarılık ve mavilik)

⁵ C*: Kroma, h⁰: Hue açısı, BI: Esmerleşme İndeksi, WI: Beyazlık İndeksi

4.1.1 Buğday ununun bazı kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerine ilişkin sonuçlar

Çalışmada kullanılan un örneğine ait nem miktarı, kül miktarı, sedimentasyon değeri, modifiye sedimentasyon değeri ve düşme sayısı değerleri sırasıyla; %13.2, %0.72 (k.m), 40 ml, 58 ml ve 325 s olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine göre ekmeklik buğday ununun nem miktarı en fazla %14.5, kül miktarı k.m'de ≤ 0.70 ve ≤ 0.80 , sedimentasyon değeri en az 30 ml, modifiye sedimentasyon değeri en az 30 ml ve düşme sayısı en az 250 s olmalıdır (Anonim, 2018). Çalışmada kullanılan una ilişkin sonuçların tebliğde belirtilen değer aralıklarında olduğu görülmektedir.

Un örneğine ilişkin yaş gluten miktarının %25.7 olduğu tespit edilmiştir. Gluten proteinleri, fermentasyon sırasında maya tarafından üretilen karbondioksit gazının tutulmasını ve yüksek hacimli ekmek oluşturulmasını sağlar. Yaş gluten değerinin %20-27 olması, orta kalitede hamur elde edilmesine olanak sağlamaktadır (Köksel vd., 2000). Bu bilgiler doğrultusunda kullanılan unun yaş gluten miktarının kabul edilebilir kalitede ekmek üretimi sağlayacak seviyede olduğu söylenebilir.

Un örneğinin gluten indeks değeri ise %98 olarak tespit edilmiştir. Gluten indeksi, gluten ve hamur kalitesi hakkında bilgi veren bir değerdir (Elgün vd., 2015). Gluten indeks değerinin %30'un altında olması gluten kalitesinin zayıf, %30-80 aralığında olması normal ve %80'in üzerinde bir değerde olması ise yüksek olduğu anlamına gelmektedir (Oikonomou vd., 2015). Buna göre tez çalışmasında kullanılan unun gluten kalitesi yüksek örnek grubunda değerlendirilmektedir.

Un örneğinin sedimentasyon testi sonuçlarına göre, Zeleny sedimentasyon değeri 40 ml, modifiye (beklemeli) Zeleny sedimentasyon değeri ise 58 ml olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Zeleny sedimentasyon testi, unun gluten miktarı ve kalitesi hakkında bilgi veren pratik bir yöntemdir. Gluten miktarı ve kalitesi yüksek olan unlarda sedimentasyon değeri yüksek çıkar. Sedimentasyon değerinin 36 ml'in üzerinde olması gluten kalitesinin çok iyi olması anlamına gelmektedir.

Zeleny sedimentasyon testi modifiye edilerek, unda süne-kımıl zararının tespit edilmesinde kullanılabilir. Süne-kımıl zararı gören unlarda proteolitik enzim

aktivitesi sonucunda gluten parçalanır ve bu unların modifiye sedimentasyon değeri düşük çıkar. Modifiye sedimentasyon ve Zeleny sedimentasyon değeri arasındaki fark arttıkça, süne-kıvımlı zararının da arttığı anlaşılmaktadır (Köksel vd., 2000).

Tez çalışmasında kullanılan un örneğinin Zeleny sedimentasyon değerinin yüksek olması ve modifiye sedimentasyon değerinin de aynı şekilde yüksek bir değerde bulunması unun gluten kalitesinin iyi olduğu sonucunu desteklemektedir.

Tez çalışmasında kullanılan un örneğinde yapılan bazı kimyasal ve fizikokimyasal analizler sonucunda, un kalitesinin ekmek üretimi için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

4.1.2 Buğday ununun bazı reolojik özelliklerine ilişkin sonuçlar

Absograf 500 sonuçlarına göre, ekmeklik buğday unundan, F ve GG ilave edilmeden (kontrol) hazırlanan hamur örneğinin su absorpsiyon değeri %63.6 olarak bulunmuştur.

Ekmeklik unlarda su absorpsiyonunun yüksek olması istenir. Gelişme süresi 0.9 dk olarak bulunmuştur. Protein miktar ve kalitesi yüksek olan unların gelişme süresi fazla çıkar. Sürenin uzun olması istenir. Gelişme süresi, yoğurma süresinin uzunluğuna, öz miktar ve kalitesinin yüksekliğine işaret eder. FQN değeri ise 23 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Resistograf 500 verilerinden, ekmeklik buğday unundan F ve GG ilave edilmeden hazırlanan (kontrol) hamur örneğinin, 135. dk'da, 358 FU maksimum direnç (Rm) ve 92 mm elastikiyet (E) değeri ile zayıf-orta hamur özelliği gösterdiği tespit edilmiştir (Ünal ve Boyacıoğlu, 1984; MEB., 2013).

4.1.3 Buğday ununun renk değerlerine ilişkin sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik una ilişkin L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) değerleri sırasıyla 90.65, 0.36 ve 8.39 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Ekmeklik undan hazırlanan kontrol ekmeğinin kabuk renk değerleri L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık-yeşillik) ve b^* (sarılık-mavilik) sırasıyla 46.89, 17.57, 30.24 ve ekmek içi renk değerleri ise sırasıyla 70.19-0.49, 14.52 olarak bulunmuştur.

C^* değeri kroma olarak isimlendirilmekte ve a^* ve b^* değerlerinden hesaplanmaktadır ve ekmek kabuğunda 34.98 ve ekmek içinde 14.53 olarak bulunmuştur. C^* değeri yükseldikçe renk daha parlak olurken, azaldıkça daha mat olarak gözlenir.

h^0 ise derece olarak hue açısını göstermekte olup yine a^* ve b^* değerleri kullanılarak matematiksel olarak hesaplanabilmektedir ve bir renk tekerleği etrafında konumlanan renkler arasındaki ortak ayırım olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 1996). h^0 belirli tonlardan ziyade renk ailelerini tanımlar. Örneğin, lacivert veya bebek mavisi değil mavi şeklinde. Ayrıca tüm tonlar renktir, ancak tüm renkler ton değildir şeklinde bir tanımlama da vardır. h^0 değeri ekmek kabuğunda 59.79, ekmek içinde ise 92 olarak bulunmuştur.

Ekmek kabuğunda (crust) Esmerleşme İndeksi (BI-browning index) 122.85 olarak bulunmuştur. Ekmek içinde (crumb) Beyazlık İndeksi değeri (WI-whiteness index) ise 66.78 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

4.2 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gamın Bazı Kalite Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

4.2.1 Renk değerlerine ilişkin sonuçlar

Araştırmada kullanılan şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gamına (GG) ilişkin renk değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Şeker pancarı lifi ve guar gamın renk değerleri ^{1,2}

Renk Değerleri	F	GG
L^*	61.65	85.80
a^*	4.86	-0.81
b^*	13.54	10.67

¹ F: Fibrex, GG: Guar Gam

² L^* : (parlaklık), a^* : (kırmızılık ve yeşillik) ve b^* : (sarılık ve mavilik)

Yapılan farklı çalışmalarda şeker pancarı lifi (ŞPL)’ne ilişkin renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) sırasıyla 61.0, 3.3 ve 17.9 (Kılıcı, 2019) ve 58.9, 2.9 ve 17.3 (Ünlü, 2017) olarak bulunmuştur. Sërës vd. (2005) çalışmalarında kullandıkları ŞPL’ine ait L^*

değerini 58.7, a^* değerini 0.11 ve b^* değerini 9.6 olarak bulmuşlardır. Bu değerler ile çalışmamızda ŞPL için bulunan renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) genel olarak birbirine yakın olduğu görülmektedir.

4.2.2 Şeker pancarı lifine ilişkin partikül boyut dağılımı sonuçları

Şeker pancarı lifi (Finax Fibrex, İsveç)’ne ait partikül boyut dağılımı sonuçları, %0.25 150-212 μ m, %10.09 212-500 μ m ve %89.66’sı >500 μ m (ağırlıkça) olarak belirlenmiştir. Rosell vd. (2006)’nın çalışmalarında kullandıkları ŞPL’nin (Fibrex, Nutritec, İspanya) partikül boyut dağılımı 200 μ m üstü %0.22, 150 μ m %2.33, 100 μ m üstü %34.99, 75 μ m üstü %13.91, 50 μ m üstü %18.30, 25 μ m üstü %29.12 olarak tespit etmişlerdir.

4.3 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Hamur Reolojisine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik una değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesinin hamurun bazı reolojik özellikleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Buğday unundan hazırlanan hamurun reolojik özelliklerini tespit etmek için yapılan araştırmalar sonucunda değişik ülkelerde çeşitli cihaz ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında Absograf 500 ve Resistograf 500 (Bastak Teknoloji Sistemleri Ltd. Şti., Ankara, Türkiye) cihazları kullanılmıştır.

Çizelge 4.3. Farklı oranlarda şeker pancarı lifi ilave edilen unların bazı Absograf 500 değerleri¹

Absograf 500 Değerleri	Şeker Pancarı Lifi (%)			
	0	3	6	9
Su Absorpsiyonu (%)	63.6	64.7	66.1	67.5
Gelişme Süresi (dk)	0.9	1.0	7.1	7.8
Stabilite (dk)	1.2	2.0	8.8	3.1
FQN	23	28	110	100

¹FQN: Farinograf Kalite Sayısı

F ve GG'nin ilave edilmediği hamur numunesinin (kontrol), sırasıyla %63.6, 0.9 dk ve 23 değerleri ile düşük % su absorpsiyon değeri, gelişme süresi ve FQN'na sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3.).

Artan oranlarda F ilave edilerek hazırlanmış hamur numunelerinde % su absorpsiyon, gelişme süresi, stabilite ve FQN için bulunan değerlerin sırasıyla, %64.7-67.5, 1.0-7.8 dk, 2.0-8.8 dk ve 28-110 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.). %6'nın üzerinde ilave oranında stabilite değerindeki azalma protein ve besinsel lif arasındaki yüksek etkileşim ile ilişkilendirilebilir ve genellikle, yüksek oranlarda lif içeren ham madde ilavesinin hamurların reolojik özelliklerini önemli düzeyde etkilediği bilinmektedir.

Minarovićova vd. (2018) yaptıkları bir çalışmada kontrole göre ŞPL ilave oranı %5, %7.5, %10 ve %20'ye yükseldikçe farinografda tespit edilen % su absorpsiyon değerinin sırasıyla %54.20'dan, %60.16, %65.72, %70.10 ve %76.21'e, hamur gelişme süresinin 2.55 dk'dan, 3.42 dk, 8.75 dk, 11.17 dk ve 14.50 dk'ya, stabilite değerinin 9.58 dk'dan, 12.06 dk, 13.75 dk., 15.40 dk ve 24.20 dk'ya yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Šoronja-Simović vd. (2016) ise yaptıkları çalışmada %3 oranında ŞPL ilavesinde farinograf % su absorpsiyonu değerinin kontrole göre %49'dan %57'e yükseldiğini, hamur gelişme süresinin kontrole göre 2 dk'dan 10 dk'ya yükseldiğini tespit etmiştir.

Rosell vd. (2006) %13 oranında F (Fibrex, Nutritec, İspanya) ilavesinde farinograf su absorpsiyon değerinin %47 arttığını belirlemiştir. Ancak tek başına F ilavesinde hamur gelişme süresinde istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmadığını tespit etmiştir. Stabilite değerinin ise una %13 oranında F ilave edildiğinde %73.8 oranında düşürmüştür. F'nin tek başına veya başka liflerle (bezelyeden türetilmiş lifler gibi) beraber kullanıldığında sinerjik ve/veya antagonist etki göstererek hamur yoğurma parametrelerini önemli düzeyde etkilediği görülmüştür.

Çalışmamızda GG katkılı hamur numunelerinde ise bu değerler sırasıyla %65.9-69.9, 1.1-1.2 dk, 0.9-1.0 dk ve 22-29 değerleri arasında değişmiştir. Buna göre GG ilaveli unlarda gelişme süresinin az da olsa arttığı, F ilaveli unlarda ise en yüksek gelişme süresi değerine ulaşıldığı görülmüştür (Çizelge 4.4.).

Rodge vd. (2012), GG ilavesinin hamurun reolojik özellikleri üzerine etkilerini incelemişler ve GG ilavesinin % su absorpsiyon değerini arttırdığını görmüşlerdir. Farinograf % su absorpsiyonu %59.8'den, %0.25, %0.50, %0.75 ve %1.0 oranında GG ilavesiyle %61.2'den %64.5'e yükselmiştir. Hamur gelişme süresi 6.20 dk (kontrol) iken 5.95 dk'dan 5.60 dk'ya düşmüş, stabilite değeri 5.09 dk (kontrol) iken 5.11 dk'dan 5.20 dk'ya yükselmiştir.

Una artan oranlarda GG ilavesi, hamurun stabilitesini bir miktar düşürürken, artan F ilavesi ile gelişme süresinin arttığı görülmüştür. %6 oranında F içeren numunenin ise, diğer numunelerle karşılaştırıldığında en yüksek FQN'na sahip olduğu görülmüştür. FQN ne kadar yüksekse, unun o kadar kuvvetli olduğu kabul edilmektedir (Saraswathi ve Sahul Hameed, 2018).

Çizelge 4.4. Farklı oranlarda guar gam ilave edilen unların bazı Absograf 500 değerleri¹

Absograf 500 Değerleri	Guar Gam (%)			
	0.0	0.5	1.0	1.5
Su Absorpsiyonu (%)	63.6	65.9	67.9	69.9
Gelişme Süresi (dk)	0.9	1.1	1.1	1.2
Stabilite (dk)	1.2	1.0	0.8	0.9
FQN	23	22	23	29

¹ FQN: Farinograf Kalite Sayısı

Shalini ve Laxmi (2007) yaptıkları çalışmada tam buğday ununa %0.25, 0.50, 0.75 ve 1.0 oranlarında GG ilave ettiklerinde, farinograf % su absorpsiyonunun %79.5'dan 80.5'e, hamur gelişme süresinin 2.7 dk'dan 3.9 dk'ya, stabilite değerinin ise 1.7 dk'dan 2.5 dk'ya yükseldiğini tespit etmiştir.

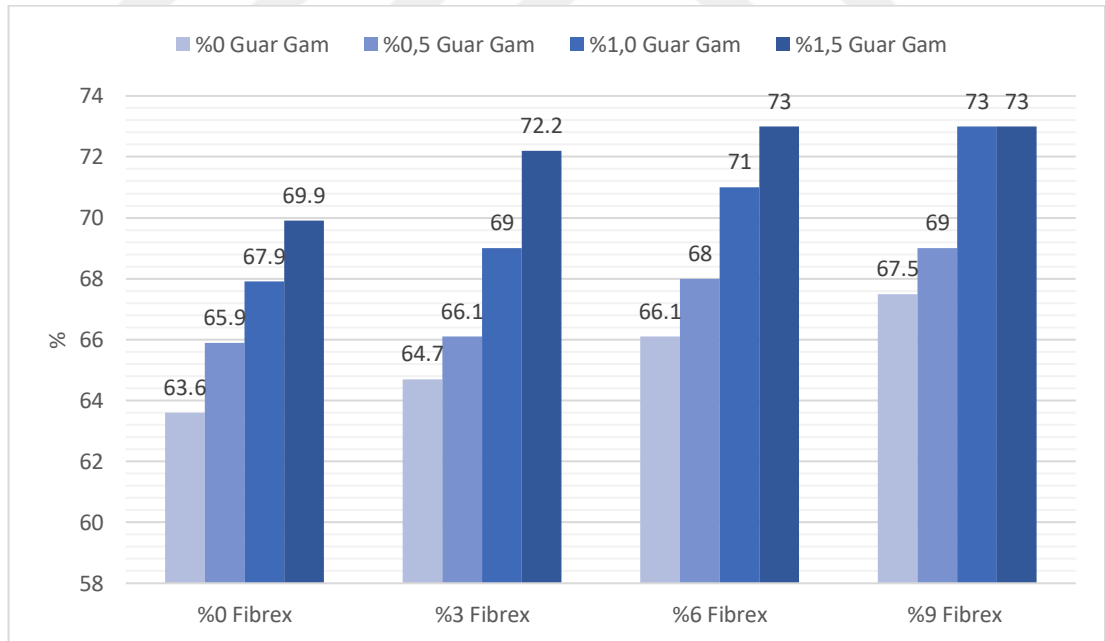
Ekmek üretimi için kullanılacak olan unların su absorpsiyonu yüksek olmalı, yoğurma (gelişme) süresi ise çok uzun olmamalıdır. Yoğurma süresinin aşırı uzun olması enerji ve zaman kaybı yönünden ticari fırınlarda istenmeyen bir özelliktir. Ancak yoğurma süresi çok kısa olan unlarda ekmeklik kalitesi de genellikle düşüktür. Öte yandan protein miktarı ve kalitesi yüksek unlarda yoğurma süresi ve

stabilite değerleri yüksek; yoğurma tolerans sayısı ve yumuşama derecesi düşük çıkar (Köksel vd., 2000).

Kundu vd. (2014), lifçe zengin balkabağı tozu ve GG ilavesinin (%0.5, 1.0 ve 1.5) buğday ununun farinograf karakteristiklerine etkisini incelemişler ve GG ilavesinin gelişme süresi, stabilite ve FQN'nı arttırdığı görülmüştür. Çalışmamızda elde edilen reolojik sonuçların da literatürle aynı doğrultuda olduğu tespit edilmiştir.

Absograf 500 ile tespit edilen % su absorpsiyon değerinin unda F ilave oranı %0'dan %9'a yükseldikçe %63.6'dan %67.5'e; GG ilave oranı %0'dan %1.5'e yükseldikçe %63.6'dan %69.9'a kadar arttığı tespit edilmiştir. Fibrex ve guar gamın birlikte ilave edildiği unlarda ilave oranları arttıa % su absorpsiyon değerinin %63.6'dan %73'e kadar yükseldiği görülmüştür (şekil 4.1).

Değişik hidrokolloidlerle çalışmış olan Rosell vd. (2001)'ye göre bu durum, besinsel liflerin yapısında çok sayıda hidroksil grubunun bulunması ve hidrojen bağları vasıtasıyla suyla daha fazla etkileşime girmesiyle açıklanmaktadır.



şekil 4.1. şeker pancarı lifi ve guar gam ilavesinin su absorpsiyon (%) değeri üzerine etkisi

Farinografda belirlenen su absorpsiyon değeri, bir unun en iyi şekilde işlenerek son ürünlere dönüştürülmesi için gereken su miktarının göstergesidir. Gelişme süresi optimum hamur yoğurma süresini ifade ederken, stabilite hamur mukavemetinin

göstergesidir. FQN diğer birçok parametrenin beraber değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan bir değerdir ve farinograf özellikleri hakkında genel bir fikir verir (Çetiner vd., 2021). Literatürde una ilave edilen besinsel lif veya hidrokolloidlerin unların su absorpsiyonuna etkilerinin, ilave edilen maddelerin çeşit ve ilave oranına bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir.

Šoronja-Simović vd. (2021a), şeker pancarı lifi (ŞPL) ve keçiyoynuzu ununun hamurun reolojik davranışları üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, ŞPL ilavesi arttıkça, unun % su absorpsiyon değerinin arttırdığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada keçiyoynuzu lifine göre ŞPL'nin 6 kat fazla su tutma kapasitesi ve 10 kat daha fazla su bağlama kapasitesi değerine sahip olduğunu, bu nedenle farinograf % su absorpsiyon değerinin yüksek olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ŞPL tarafından daha fazla suyun tutulmasının, hamurda gluten matriksini keçiyoynuzu lifine göre daha fazla seyrelttiği, bu nedenle de ŞPL ilavesinin hamurun elastikiyetini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Hamura ŞPL ilavesi (%0-6) ekstensografta hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnci 300 BU'ya yükseltmiştir. Bu durum ilave edilen lifin yapısı ve buğday proteinleri arasındaki etkileşimle açıklanmıştır. Ayrıca ŞPL'indeki çözünür liflerin buğday proteinleri ile H bağı yaparken, ŞPL'indeki çözünmez liflerin (ör: selüloz) gluten matriksi ile daha çok Van der Waals bağları ile bağlandığını, bu nedenle de ŞPL'nin farklı lif ya da hidrokolloidlerle bir arada kullanılma durumunda liflerin suda çözünür veya çözünmez kısımlarının oranının hamur özellikleri üzerinde etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Yürütülen çalışmada da literatürle uyumlu şekilde F ve GG ilavesinin % su absorpsiyon değerini arttırdığı, aynı zamanda F ve GG'nin birlikte kullanımının % su absorpsiyon değerini tek başlarına ilave edildiklerinden daha çok arttırdığı tespit edilmiştir (Šoronja Simović vd., 2021a).

Değişik oranlarda F (%3-9) ve GG (%0.5-1.5) ilave edilerek elde edilen hamurların 45., 90. ve 135. dakikalardaki bazı Resistograf 500 değerleri (A, E, Rm, R₅, R₁ ve R₂) belirlenmiştir. Bu değerler una ilave edilen ŞPL ve GG ilavesine karşı hamurun belirtilen sürelerde gösterdiği reolojik değişimi vermektedir. Buna göre hamurların fermentasyon süresi (proofing) içindeki reolojik değişim takip edilebilmektedir (Tian vd., 2021). Ancak gerçekleştirilen bu çalışmada, çoğunlukla tercih edildiği şekilde

135. dakikaya ilişkin Resistograf 500 değerleri verilmiş, istatistiksel analiz yapılarak yorumlanmıştır (Çizelge 4.5.).

Resistograf 500 verilerinden, F veya GG içermeyen un örneği ile (kontrol) hazırlanan hamurun, son dinlenme zamanında (135. dk) sabit deformasyonda uzama direnci (R_5), elastikiyet (E) ve enerji (A) değerleri sırasıyla, 349 FU, 92 mm ve 38 cm² şeklinde ölçölmüş ve bu değerlerle un örneğinin zayıf-orta hamur özelliği gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1. ve 4.5).

F ilave edilen hamur numunelerinde A, R_5 ve E değerleri sırasıyla 83-109 cm², 742-778 FU ve 79-112 mm arasında değişmiştir. Kontrol ununa göre, A ve R_5 değeri çok yükselmiş fakat F ilave oranı arttıkça E değeri düşmüştür. Bu da hamurda tespit edilen sabit deformasyondaki yüksek dirençten dolayı elastikiyetin azalmış olabileceğini ve bu nedenle de hamurun erken kopmasından kaynaklanmış olabilir. Ayrıca lif ilavesiyle hamurun viskoelastisitesinin düşmesi beklenen bir durumdur.

F ilave oranı arttıkça, artan oranlarda GG ilavesiyle hazırlanan hamurlarda 135. dakikaya ilişkin A, R_5 , E, R_m , R_1 , R_2 değerlerinde kontrol ununa göre rakamsal olarak değişiklikler görölmüş olsa da istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Köksel vd. (2000) R_m değeri ile E arasındaki oranın unun ekmeklik kalitesi hakkında fikir verdiğini, A değerinin büyük olmasının hamurun gaz tutma kapasitesi ve fermentasyon toleransının iyi olduğunu gösterdiğini, bu tip hamurların daha hacimli ekmek vermeleri beklenirken, ayrıca R_m ve R_5 değerlerinin hamurun dayanma derecesi hakkında bilgi verdiklerini de belirtmiştir.

şoronja-Simović vd. (2016) yaptıkları başka bir çalışmada %3 oranında řPL ilavesinde ekstensograf A değerinin 142.9 cm²'den 171.9 cm²'ye yükseldiğini, E değerinin 152 mm'den 102 mm'ye düştüğünü, uzamaya karşı direnç değerinin 530 Ej'den 770 Ej'ye yükseldiğini, oran sayısının ise 3.5'dan 7.5'e yükseldiğini tespit etmiştir.

şoronja-Simović vd. (2021b) ekmek yapımında gıda endüstrisi yan ürünlerinden olan keçiyoynuzu unu, şeker pancarı lifi ve şeker pancarı melasının hamur reolojisi, ekmek kalitesi ve gıda güvenliği üzerindeki tek ve birleşik etkisini araştırdıkları

çalışmada, R_5 değerinin kontrol ununda 420 BU iken ŞPL ilavesi ile 660 BU'ya çıktığını, E değerinin ise 157'den 122 mm'ye düştüğünü tespit etmiştir.

GG içeren hamur numuneleri için A, R_5 ve E değerleri sırasıyla 80-93 cm², 520-576 FU ve 120- 124 mm arasında tespit edilmiştir. Kontrol ununa göre A, R_5 ve E değerleri artmıştır. GG'in sabit deformasyondaki direnci F kadar çok yükseltmediği ve hamur elastikiyetini arttırdığı için hamurda kopmanın geciktiği görülmüştür.

GG ilavesi ile A değerinin 38 cm²'den 93 cm²'ye, R_5 değerinin 349 FU'dan 576 FU'ya, E değerinin 92 mm'den 124 mm'ye, R_m değerinin 358'den 638 FU'ya yükseldiği ($p<0.05$) ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Biçer (2011), su tutma kapasitesine etki eden bazı ticari ürünlerin hamur reolojisi ve ekmek özellikleri üzerine etkisini incelediği tez çalışmasında; kontrol ununda R_5 ve E değerlerini 570-820 BU ve 145-102 mm arasında, GG ilave edilen unda R_5 ve E değerleri 429-496 BU ve 135-149 mm arasında tespit etmiştir. Bu çalışmada sabit deformasyondaki direnç kontrol ununa göre azalmış, elastikiyet ise artmıştır. R_5 değerinin tez çalışmamızdaki sonuçlardan daha farklı etki göstermesinin sebebinin, kullanılan kontrol ununun çalışmamızda kullanılan undan çok daha kuvvetli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

%3'den %9'a F ilaveli unlara %0.5'den 1.5'e değişen oranlarda GG ilavesinin etkisini incelediğimiz çalışmamızda A, R_5 , E, R_m , R_1 , R_2 değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Literatürde F ve GG'in değişik oranlarda una ilavesinin birlikte etkisinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Uzamaya karşı direnç, hamur mukavemetinin bir ölçüsüdür. Uzamaya karşı daha yüksek bir direnç, hamuru koparmak için daha fazla kuvvet gerektiğini gösterir. Uzama kabiliyeti, hamurdaki elastikiyet miktarını ve kopmadan uzama yeteneğini gösterir.

Çizelge 4.5. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilen unların bazı Resistograf 500 değerleri^{1,2}

İlave oranı (%)		A	R ₅	E	R _m	R ₁	R ₂
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam						
0	0	38c	349b	92b	358b	3.9a	3.9a
0	0.5	87ab	576a	120b	637a	4.8a	5.3a
0	1.0	93a	520a	120b	570a	4.7a	5.1ab
0	1.5	80ab	547a	124a	584a	4.5a	4.8ab
LSD		88.434	46.767	6.378	12.408	1.797	3.551
3	0	109a	760a	112a	840a	6.8a	7.6a
3	0.5	87a	626a	108a	664a	5.9 a	6.2a
3	1.0	98a	719a	124a	746a	6.4a	6.1a
3	1.5	104a	747a	106a	831a	7.1a	7.9a
LSD		0.631	1.164	0.997	1.595	2.767	2.280
6	0	95a	742a	98a	781a	7.6a	8.0a
6	0.5	96a	768a	93a	832a	8.3a	9.0a
6	1.0	91a	683a	99a	747a	6.9a	7.5a
6	1.5	99a	792a	97a	840a	8.2a	8.7a
LSD		0.165	1.185	1.208	0.653	2.739	2.099
9	0	83a	778a	79a	808a	10.1a	10.2a
9	0.5	96a	878a	85a	904a	10.4a	10.7a
9	1.0	90a	811a	87a	815a	9.4a	9.4a
9	1.5	91a	881a	84a	887a	10.6a	10.0a
LSD		0.249	0.343	2.038	0.278	0.217	0.316

¹ Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır

² A: Enerji (Alan, cm²), R₅: Sabit Deformasyondaki Direnç (FU), E: Elastikiyet (Uzama Kabiliyeti, mm),

R_m: Maksimum Direnç (FU), R₁: R₅/E (Oran Değeri), R₂: R_m/E (Maksimum Oran Değeri), FU: Farinograf Unit

Hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç ve uzama kabiliyeti unun gluten kuvvetini ve ekmek yapma özelliklerini belirlemede yararlıdır. Hamurun fermentasyon sırasında ortaya çıkan karbondioksit gazını tutabilmesi ile ilgili de fikir verir. Hamurun uzamaya karşı direnci ve uzama kabiliyeti yüksek olduğunda genellikle ekmek hacmi de yüksek olur (Çetiner vd., 2021).

Elastikiyet değerindeki azalmanın özellikle %6 F ilavesiyle artması ve GG ilavesiyle de yükselmemesi nedeniyle bu oranının üzerine çıkılmaması gerektiği fikrini vermiştir.

4.4 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmek Yapım Kalite Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Değişik oranlarda şeker pancarı lifi (F) ve guar gam (GG) ilavesinin ekmek yapım kalite (EYK) özellikleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Genellikle, ekmek hacmi (EH) kalite, spesifik hacim (SH) ise ekmekte bayatlamamanın gecikmesi açısından kalite parametresi olarak kullanılmaktadır. F ilaveli unlardan yapılan ekmeklerin EYK değerlerini incelediğimizde, HA değeri 245.28 g'dan 251.04 g'a yükselmiştir. Bunun sebebi F ilavesinin, unun % su absorpsiyon değerini arttırmasıdır. EA değeri de 218.49 g'dan 227.27 g'a yükselmiştir.

EH ve SH ekmek ve diğer fırın ürünlerinin kalitesini değerlendirmede önemli bir parametredir. Spesifik hacim değeri (SH); ekmek hacminin ağırlığa bölünmesi ile elde edilmektedir. EH ve SH değerleri F miktarı arttıkça sırasıyla, 875 cm³'den 671 cm³ 'e ve 4.01 cm³ /g'dan 2.95 cm³ /g'a düştüğü görülmüştür. Bu eğilim, lif ve protein arasındaki interaksiyon ve bunun neticesinde gluten ağındaki zayıflama ve hamurun gaz tutma kapasitesinde düşme ile ilişkilendirilebilir.

Abdul-Hamid ve Luan (2000) yaptıkları çalışmada ekmek formülasyonuna %5 ve %10 oranında Fibrex ilavesinde, ekmek hacminin 1727 ml (kontrol)'den, sırasıyla 1392 ml ve 1100 ml'ye düştüğünü tespit etmişlerdir.

El-Adly ve El-Gendy (2009) ise çalışmalarında ŞPL ilavesi %5'den %15'e doğru arttıkça kontrole göre hamur ağırlığının 230.1 g'dan 287.87 g' a, ekmek ağırlığının ise 214.67 g'dan 271.48 g'a yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Sereş vd. (2005) %5 oranında ŞPL ilavesinde kontrole göre hamur ağırlığının 156 g'dan 167 g'a, ekmek ağırlığının 141 g'dan 151 g'a ve ekmek hacminin 335 cm³'den 347 cm³'e yükseldiğini belirtmiştir.

Piştirme sırasında, hamur ekmeğe dönüştüğünde, en önemli fenomenlerden biri nem kaybıdır. Piştirme işlemi sırasında oluşan su kaybı, unlu mamullerin tazeliği üzerinde dezavantajlı bir etkiye sahiptir ve bu nedenle ekmekler daha erken bayatlar. PK değeri de %6-9 oranında F ilaveli ekmeklerde %11.03'dan %9.47'ye düşmüştür. Bunun sebebi ise şeker pancarı liflerinin yüksek besinsel lif içeriği ve yüksek

Çözünmeyen besinsel lif içeriği nedeniyle gluten ağını seyrelterek ve/veya bozulmasına yol açarak yapısının fermentasyon ve pişirme sırasında daha düşük gaz tutmasına yol aması olabilir. F ilave oranı arttıkça EY değerinde bir artış gözlenmişken, h değeri ise azalmıştır.

Šoronja-Simović vd. (2016) ŠPL ve keçiboynuzu ununun hamur reolojik özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. ŠPL ilavesinin ekmeęin spesifik hacmini azalttığđ bulunmuştur.

Šoronja-Simović vd. (2010) şeker pancarı lifleri ile zenginleştirilmiş ekmek formülünün optimizasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada lifli ekmek örneklerinin hacmi lif içermeyen ekmeğe göre %35 oranında azalmış ve ekmek içi kalitesinin önemli ölçüde bozulduğu sonucuna varmışlardır. Bu araştırma sonuçları ile tez çalışmamız aynı doğrultuda sonuçlar vermiştir.

Fakat El-Adly ve El-Gendy (2009)'nin tava ekmeği üretiminde şeker pancarı liflerinin kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada lif miktarının (modifiye edilmiş ve modifiye edilmemiş) artmasıyla hamurun su absorpsiyonunun, hamur ağırlığının, ekmek hacminin, ekmek veriminin ve tava ekmeğinin ağırlığının arttığđnđ, aynı zamanda tava ekmeği kalitesinin de arttığđnđ görmüşlerdir. Bu farklılık, hidrojen peroksit ile modifiye edilmiş liflerin, su tutma kapasitesinde yüksek oranda artışa ve çözünür/çözünmez liflerin olumlu şekilde katkıda bulunmasından kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.6. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin bazı EYK özellikleri üzerine etkileri^{1,2}

İlave oranı (%)								
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam	HA	EA	EH	h	EY	SH	PK
0	0	245.28b	218.49a	875a	11.15a	0.25a	4.01a	11.03a
0	0.5	247.91b	217.14a	873a	11.25a	0.25a	4.02a	12.41a
0	1.0	249.21ab	219.51a	888a	11.25a	0.24a	4.04a	11.91a
0	1.5	254.68a	221.65a	890a	11.20a	0.25a	4.02a	12.96a
LSD		7.271	0.435	0.418	0.136	0.022	0.309	5.598
3	0	247.49c	222.44a	755b	11.00a	0.30a	3.40a	10.13a
3	0.5	249.60bc	220.67a	805ab	11.2a	0.28a	3.65a	11.59a
3	1.0	251.97b	220.14a	845a	11.4a	0.26a	3.84a	12.62a
3	1.5	256.88a	221.90a	853a	10.0b	0.26a	3.84a	13.62a
LSD		17.210	0.084	4.762	13.942	0.037	0.465	6.311
6	0	248.41c	223.30a	765ab	10.45ab	0.30a	3.43b	10.12b
6	0.5	250.23c	220.20a	790a	11.30a	0.28ab	3.59a	12.00ab
6	1.0	254.75b	222.47a	755b	10.15b	0.30a	3.40b	12.68ab
6	1.5	258.00a	220.14a	805a	10.85ab	0.28b	3.65a	14.68a
LSD		52.383	0.853	23.667	0.850	0.017	0.153	2.768
9	0	251.04b	227.27a	671b	10.15a	0.34a	2.95c	9.47b
9	0.5	251.07b	222.08b	713ab	10.95a	0.31b	3.21ab	11.55ab
9	1.0	256.04a	229.00a	693b	10.45a	0.33a	3.03bc	10.56ab
9	1.5	258.55a	226.60ab	760a	10.15a	0.30b	3.36a	12.36a
LSD		12.859	6.151	6.38	1.226	0.020	0.236	2.774

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0.05).

² EYK: Ekmek yapım kalite, HA: Hamur ağırlığı (g), EA: Ekmek ağırlığı (g), EH: Ekmek hacmi (cm³), h: Yükseklik (cm), EY: Ekmek yoğunluğu (g/cm³), SH: Spesifik hacim (cm³/g), PK: Ekmek pişme kaybı (%)

Çalışmamızda una artan oranlarda GG ilavesinin (%0-%1.5) EA, EH, h, EY, SH ve PK değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik yapmamışken, HA'da %1 ve %1.5 ilave oranlarında önemli bir artış tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Hidrokolloidler, bulundukları ortamda su moleküllerinin dolaşım kabiliyetini azaltarak, efektif nişasta konsantrasyonunda bir artışa sebep olurlar. Yapılan çok sayıda çalışma, değişik hidrokolloidlerin nişastanın jelatinizasyonu ve yapısal özelliklerinde bozucu etkiye neden olduğunu göstermektedir. Bu durum, hidrokolloidlerin önceden tahmin edilemeyen bir özelliğini gösterir. Bu durum özellikle fırıncılık formülasyonlarında hidrokolloid karışımlar kullanıldığında daha karmaşıklaşır. Hidrokolloidler, esasen gluten'in hidrasyon özelliklerini etkilemek ve ayrıca nişastanın jelleşmesi ve bozulmasına müdahale ederek, gluten ve nişastanın özelliklerini düzenleme kabiliyeti göstermektedir. Tabii ki bu durum, çalışılan hidrokolloid çeşidine ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişebilir.

Rodge vd. (2012)'de yapmış oldukları çalışmada, hidrokolloid (guar gam) ilavesinin ekmeğin kalite özelliklerine etkisini incelemişler. GG ilavesinin ekmek hacminde doğrusal olarak artışa neden olduğunu, ekmeklerin yoğunluğunun daha az, hacminin daha yüksek olduğunu ve bu nedenle tüketiciler tarafından tercih edildiğini göstermiştir. Bu durum, GG ilavesi nedeniyle artan gluten gelişimi ve hamurun su tutma kapasitesinin artmasından kaynaklanabilir. Ekmek hacim değeri kontrolde 635 ml iken, GG ilavesi arttıkça 728 ml'den 820 ml'ye yükselmiş, spesifik hacim değeri 2.25 (kontrol) iken 3.06'dan 3.26'ya yükselmiştir. Ekmek içi sertlik değeri ise 1.65 (g kuvvet) iken 1.11'den 1.65'e (g kuvvet) yükselmiştir (Rodge vd., 2012).

Çalışmamızda da F ilave oranı artarken GG ilave oranı yükseliyorsa EH ve SH değerleri Rodge vd. (2012)'ye benzer sonuçlar vermiştir. Diğer sonuçlardaki farklılıkların nedeni ise kullanılan ekmeklik unun zayıf-orta kalitede gluten kalitesine sahip olması ve GG'ın yeterince gluten gelişimine katkı sağlayamamış olması olabilir.

Çizelge 4.6'da %3 F ilaveli unlara artan oranlarda GG ilavesinin ekmek yapım kalite değerlerindeki değişimlere baktığımızda, HA'nın %1 ve 1.5 GG ilavesinde 247.49 g'dan sırasıyla 251.97 ve 256.88 g'a yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. EH'nin %1 ve %1.5 GG ilavesinde 755 cm³'den

sırasıyla 845 ve 853 cm³' e yükseldiği, h'nin %1.5 GG ilavesinde 11 cm'den 10 cm'ye düştüğü ve bu değişimlerin istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.05) görülmüştür. EA, EY, SH ve PK değerlerinde ise artan GG ilavesiyle istatistiksel olarak önemli fark bulunmamıştır (p>0.05).

%6 F ilaveli unlara sırasıyla %0.5, %1, ve %1.5 oranlarında GG ilavesinin ekmek yapım kalite değerlerindeki değişimlere baktığımızda, HA'nın %1 ve 1.5 GG ilavesinde 248.41 g'dan sırasıyla 254.75 ve 258.00 g'a yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) görülmüştür. EA değerinde ise istatistiksel olarak önemli fark olmadığı (p>0.05) tespit edilmiştir. EH'nin %0.5 ve 1.5 GG ilavesinde 765 cm³'den sırasıyla 790 ve 805 cm³'e yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) görülmüştür. h'nin %0.5 GG ilavesinde 10.45 cm'den 11.30 cm'ye yükseldiği, %1 GG ilavesinde ise 10.15 cm'ye düştüğü ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir.

EY'nun %0.5 ve 1.5 GG ilavesinde 0.30 g/cm³'den 0.28 g/cm³'e düştüğü görülmüştür (p<0.05). SH değerinin %0.5 ve 1.5 GG ilavesinde 3.43 cm³/g'den sırasıyla 3.59 ve 3.65 cm³/g'e yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) belirlenmiştir. PK'nın ise %1.5 GG ilavesinde 10.12 gr'dan 14.68 gr'a yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) görülmüştür.

%9 F ilaveli unlara artan oranlarda GG ilavesinin ekmek yapım kalite değerlerindeki değişimlere baktığımızda ise, HA'nın %1 ve 1.5 GG ilavesinde 251.04 g'dan sırasıyla 256.04 ve 258.55 g'a yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) görülmüştür. EA'nın %0.5 GG ilavesinde 227.27 g'dan 222.08 g'a düştüğü tespit edilmiştir. EH'nin ise %1.5 GG ilavesinde 671 cm³'den 760 cm³'e yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) tespit edilmiştir. h değerinde ise istatistiksel olarak önemli fark olmadığı (p>0.05) görülmüştür.

%9 F ilaveli unlara %0.5 ve 1.5 GG ilavesinde EY değerinin 0.34 g/cm³'den sırasıyla 0.31 ve 0.30 g/cm³'e düştüğü ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) görülmüştür. SH değerinin %0.5 ve 1.5 GG ilavesinde 2.95 cm³/g 'den sırasıyla 3.21 ve 3.36 cm³/g'e yükseldiği tespit edilmiştir (p<0.05). PK'nın %1.5 GG ilavesinde 9.47 g'dan 12.36 g'a yükseldiği ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu (p<0.05) belirlenmiştir.

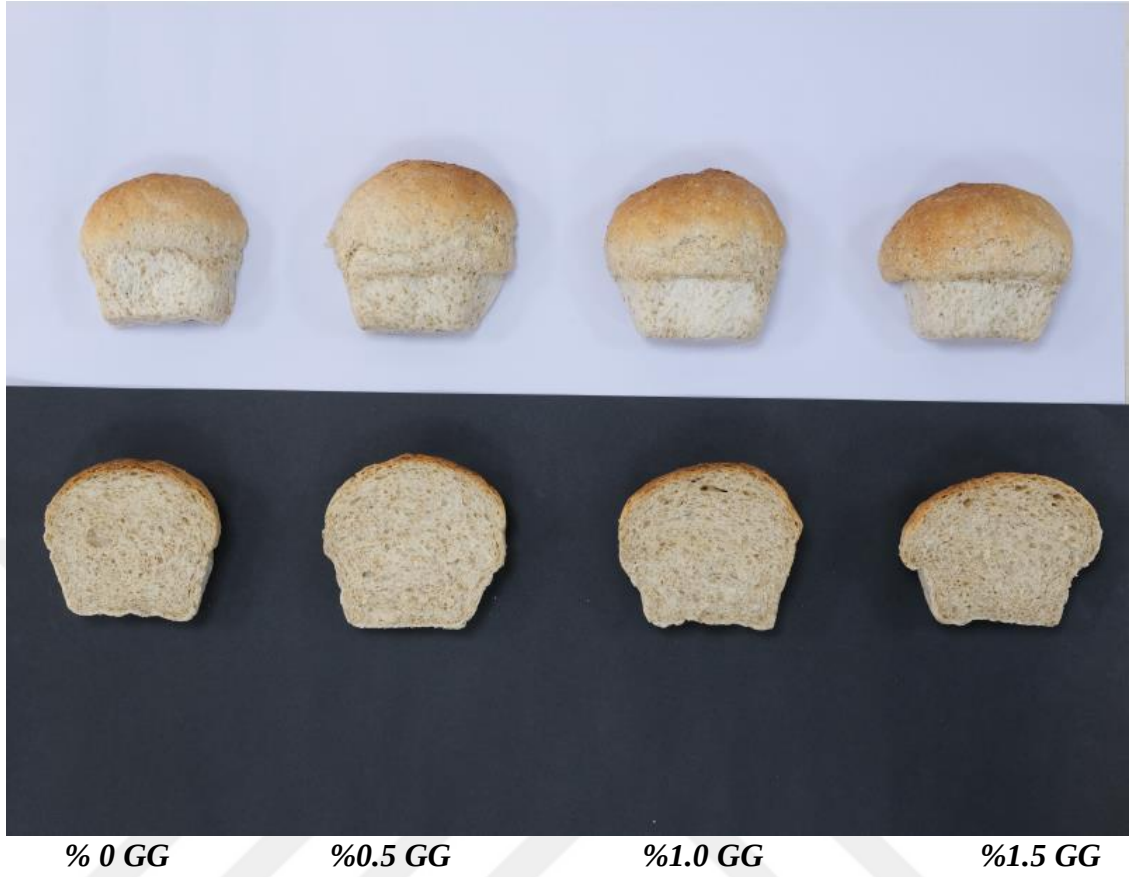
Šoronja-Simović vd. (2016) yaptıkları bir çalışmada %3 oranında ŞPL ilavesiyle ürettikleri ekmeklerde kontrole göre spesifik ekmek hacim değerinin düştüğünü, ekmek içi elastisitesinin ise iyileştiğini bulmuştur. Ekmeklerde hacim azalması gluten miktarının seyrelmesi ve ekmek içi yapısında meydana gelen değişikliklerle ilişkilendirilir ve bunun CO₂ tutumunda bir azalmaya neden olduğu bunun da hacimde düşme ile sonuçlandığı bildirilmiştir (Pomeranz vd., 1977).

Literatürde F ve GG'ın birlikte EYK özelliklerine etkisi üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Değişik oranlarda F (%0, %3, %6 ve %9) ve GG (%0, %0.5, %1.0 ve %1.5) ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi (crumb) ve ekmek kabuğu (crust) görünümünün verildiği fotoğraflar Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de sunulmuştur.

Değişik oranlarda F ve GG içeren ekmeklere ilişkin ekmek içi (crumb) görünümünün bir arada verildiği fotoğraf EK A'da sunulmuştur.

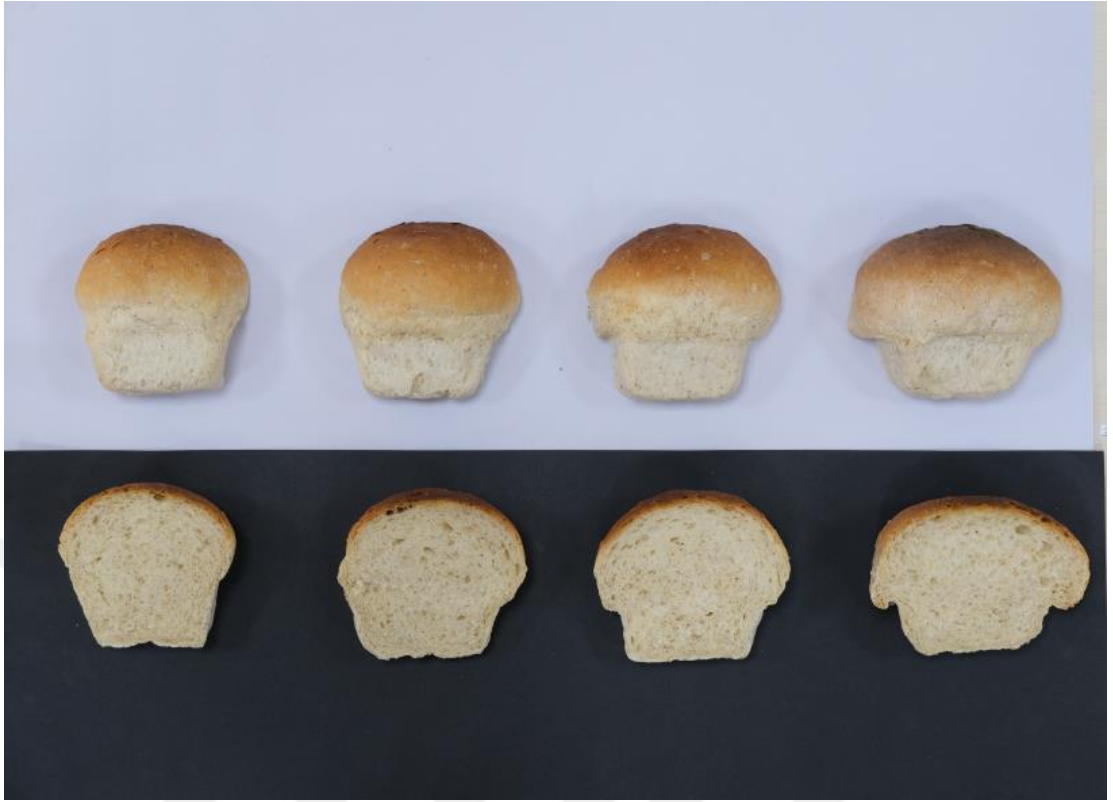
% 0 F



Şekil 4.2. %0 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.

F: Fibrex (Şeker pancarı lifi), GG: Guar Gam

% 3 F



% 0 GG

%0.5 GG

%1.0 GG

%1.5 GG

Şekil 4.3. %3 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.

F: Fibrex (Şeker pancarı lifi), GG: Guar Gam.

% 6 F



% 0 GG

%0.5 GG

%1.0 GG

%1.5 GG

Şekil 4.4. %6 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.

F: Fibrex (Şeker pancarı lifi), GG: Guar Gam.

% 9 F



% 0 GG

%0.5 GG

%1.0 GG

%1.5 GG

Şekil 4.5. %9 F ve %0, %0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında GG ilave edilerek üretilmiş ekmeklere ilişkin, ekmek içi ve ekmek kabuğu görünümlerinin verildiği fotoğraf.

F: Fibrex (Şeker pancarı lifi), GG: Guar Gam.

4.5 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmekte Su Aktivitesi (a_w) Değerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik un örneğine değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesinin üretilen ekmeklerin su aktivitesi (a_w) değerine etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin su aktivitesi (a_w) değeri üzerine etkileri^{1,2}

Şeker Pancarı Lifi (%)	Guar Gam (%)	Su Aktivitesi Değeri (a_w)
0	0	0.954
0	0.5	0.957
0	1.0	0.959
0	1.5	0.959
3	0	0.956
3	0.5	0.957
3	1.0	0.959
3	1.5	0.961
6	0	0.956
6	0.5	0.955
6	1.0	0.960
6	1.5	0.958
9	0	0.957
9	0.5	0.957
9	1.0	0.953
9	1.5	0.960

Çizelge 4.7'ye göre şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilmiş olan ekmeklerde a_w değerlerinin 0.953-0.961 arasında değiştiği, kontrol ekmeğinde ise a_w değerinin 0.954 olduğu bulunmuştur. Su aktivitesi (a_w) değerinin GG ilavesi arttıkça, ŞPL içermeyen ekmek örneklerinde 0.954-0.959, %3 ŞPL içeren ekmeklerde GG ilavesi arttıkça 0.956-0.961, %6 ŞPL içeren ekmeklerde GG ilavesi arttıkça 0.956- 0.960 ve %9 ŞPL içeren ekmeklerde GG ilavesi arttıkça 0.953-0.960 arasında değiştiği ve bir miktar yükseldiği ölçülmüştür.

Aran ve Boyacıoğlu (2006) ülkemizde karbonhidrat ve protein kaynağı olarak insan beslenmesinde birincil öneme sahip olan ekmeklerde saptanan yüksek su aktivitesi (0.96-0.98) değeri nedeniyle ekmeklerin mikroorganizma gelişmesi için uygun bir ortam olduğunu belirtmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada a_w değerinin ekmeklerde 0.845-0.920 arasında değiştiği, bu nedenle de ekmeklerde bozulma ve küflenmenin kısa sürede görülebileceği belirtilmiştir (Yiğit, 1988).

Dirim vd. (2014) farklı unların (buğday, nohut, soya, barbunya, mercimek, keçiyoynuzu, bezelye unları) ekmeğin kalite özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, üretilen ekmeklerde a_w değerlerinin 0.82 ila 0.89 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Kontrol ekmeğinde (buğday unu) ise a_w değeri 0.8836 bulunmuştur.

Depolama sırasında ekmek içinde zamanla değişen en önemli parametre su aktivitesidir. Sahraıyan vd. (2013) pirinç-buğday karışımı ekmeklerde hamur reolojisi ve ekmek kalitesini iyileştirmek için *Lepidium sativum* taneleri ve guar gamın etkisini inceledikleri çalışmalarında ürettikleri ekmeklerde 1.gün için su aktivitesinin 0.974-0.987 arasında olduğunu, 3. günde ise su aktivitesinin 0.962-0.978 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ancak ilave edilen hidrokolloidlerin bu süre içinde su aktivitesini önemli şekilde etkilemediğini bulmuşlardır. Kontrol ekmeğinin a_w değeri bu çalışmada 0.953 tespit edilmiştir.

Rosell vd. (2001) su aktivitesindeki bu artışın, nem tutmadaki gibi gamların yüksek su tutma kapasitelerinden kaynaklandığını belirtmiştir. Miyazaki vd. (2004) değişik DE (Dekstroz Ekivalent) değerine sahip dekstrinlerin hamur ve ekmek kalitesine

etkilerini inceledikleri bir çalışmada su aktivitesi değerlerinin 0.952-0.943 arasında değiştiğini, kontrol ekmeğinin a_w değerini ise 0.953 olarak tespit etmiştir.

Bu çalışmada kontrol ekmeğine ilişkin tespit edilen a_w değerinin literatürle uyumlu olduğu, değişik oranlarda ŞPL ve GG ilavesinin ekmeklerde ölçülen a_w değerlerini ise çok etkilemediği görülmektedir (Çizelge 4.7).

4.6 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Renk Özelliğine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik una değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesi ile üretilen ekmeklerin ekmek kabuğu (crust) renk özellikleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar (L^* , a^* , b^*) Çizelge 4.8 ve kabuk renk değerlerinden türetilmiş renk değerleri (ΔE^* , C^* , h^o , BI) Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Gıdaların tüketiciler tarafından tercih edilmesinde en önemli parametrelerden birisi de sahip oldukları renk özellikleridir. Ekmek dışından bakıldığında iyi pişmiş ve kabarmış, kendine has görünüşte ve kabuk rengi dağılımı olabildiğince homojen olmalıdır, basık ve yanık olmamalıdır (Anonim, 2012).

Ekmeğe BL ilave edildiğinde genel olarak ekmeklerin iç ve kabuk rengi değişmekte ve koyulaşmakta bu da tüketicilerin tercihlerini olumsuz şekilde etkilemektedir. Tez çalışması kapsamında üretilen ekmeklerin ekmek iç ve kabuk renkleri Uluslararası I’Eclairage Komisyonu (CIE) tarafından geliştirilmiş olan “üç nokta ölçüm yöntemi” olarak da bilinen metoda göre L^* , a^* ve b^* değerleri tespit edilerek belirlenmiştir (Cingöz vd., 2022).

Ekmekte kabuk rengini en fazla etkileyen parametrelerin L^* ve a^* , ekmek içi renginde ise L^* ve b^* değerleri olduğu bildirilmiştir (Demir vd., 2009).

F içermeyen ve artan oranlarda (%0.5, 1.0, 1.5) GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin kabuk renk değerlerine baktığımızda, L^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemişken ($p>0.05$), a^* değerinde (kırmızılık) artan GG ilavesi ile istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma görülmüştür ($p<0.05$).

Benzer sonuç %3 F içeren ve artan oranlarda (%0.5, 1.0, 1.5) GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinde de tespit edilmiştir. L^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemişken ($p>0.05$), a^*

değerinde (kırmızılık) artan GG ilavesi ile istatistiksel olarak önemli bir azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$).

%6 F ve artan oranlarda GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin L^* , a^* ve b^* değerlerine baktığımızda ise sadece L^* değerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde bir azalma ölçülmüştür ($p<0.05$).

%9 F ve değişik oranlarda GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin kabuk renklerinde L^* , a^* ve b^* değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

%0 ve %3 oranında F içeren ve değişik oranlarda GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin kabukta ölçülen a^* değerlerinde (17.65-16.22) ise rakamsal olarak büyük bir fark gözlenmemiş, %6 ve %9 oranında F içeren unlarda GG ilavesiyle rakamsal olarak kırmızılık değerinde azalma yönünde bir fark gözlenmişken (13.30-13.93) istatistiksel olarak önemli bir fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

Sonuçlar L^* (parlaklık) değerinin genel olarak F ilavesi arttıkça arttığını, aynı zamanda GG ilavesi de artıyorsa L^* değerinin bir miktar azaldığını göstermiştir. Genel olarak üretilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinden sarılık (b^*) değerinde bütün ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Rodge vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada, hidrokoloid (guar gam) ilavesinin ekmeğin kalite özelliklerine etkisini incelediklerinde GG miktarının artması ile kabuk renk değerinin kontrol ununa göre azaldığı saptanmıştır.

Diğer bir çalışmada, Coşkun Tuğan (2019) tritikale ununa %1 seviyesinde gam ilavesi olduğunda a^* ve b^* değerlerinde artış, L^* değerinde azalma, %2 oranında gam ilavesinde ise L^* ve a^* değerinde azalma, b^* değerinde ise artma olduğunu tespit etmiştir.

Torbica vd. (2019) yapmış oldukları bir çalışmada, seçilmiş gıda yan ürünleriyle hazırlanan tam tahıllı ekmeklerin duyu ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmaları neticesinde, ŞPL ilaveli ekmeklerde kabuk renk değerlerinde çalışmamız ile paralel olarak bir düşüş olmasına rağmen istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını ($p>0.05$) belirtmişlerdir.

Çizelge 4.8. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerleri^{1,2}

İlave oranı (%)		<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam			
0	0	46.83a	17.65a	30.33a
0	0.5	41.15b	16.88ab	26.65a
0	1.0	45.25ab	17.35ab	29.38a
0	1.5	42.00ab	16.23b	26.63a
LSD		5.279	1.253	6.372
3	0	47.80a	17.65a	26.60a
3	0.5	43.78a	16.87ab	27.03a
3	1.0	44.43a	17.35ab	26.83a
3	1.5	51.03a	16.22b	30.83a
LSD		8.736	1.253	6.498
6	0	50.53a	13.30a	27.20ab
6	0.5	49.43a	14.33a	30.73a
6	1.0	46.65ab	13.43a	27.78ab
6	1.5	38.80b	14.10a	22.35b
LSD		8.857	2.463	7.643
9	0	50.85a	14.25a	30.68a
9	0.5	50.93a	14.43a	30.75a
9	1.0	53.00a	13.10a	30.10a
9	1.5	46.58a	13.93a	29.05a
LSD		7.866	2.449	3.183

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0.05).

²*L**: parlaklık, *a**: kırmızılık ve yeşillik, *b**: sarılık ve mavilik

Net Renk Farkı (ΔE^*) ekmek kabuğunda F ilave oranı %3'den %9'a yükseldikçe 7.36'dan 5.44'e düşmüştür. F ilave oranı arttıkça (%3'den %9'a) artan GG ilave oranlarıyla (%0.5'den %1.5'e) beraber ΔE^* değerlerinde düzenli bir eğilim saptanamamıştır. Ancak tüm net renk fark değerlerinin $5 < \Delta E^*$ olması yani “gözlemci iki farklı renk fark eder” üzerinden açıklandığında %6 F ilavesinde GG

ilave oranı arttıkça bu farkın 12.68 değerine yükselmesiyle çok net renk farklılığı oluştuğu şeklinde açıklanabilir.

h^o değeri derece olarak hue açısını göstermekte olup a^* ve b^* değerleri kullanılarak matematiksel olarak hesaplanabilmektedir ve değeri 0° ve 359° arasında değişir. Renk tonu hakkında bilgi vermektedir.

C^* değeri chroma olarak isimlendirilmekte ve a^* ve b^* değerlerinden hesaplanabilmektedir. Değer yükseldikçe renk daha parlak, küçüldükçe ise daha mat olarak gözlenmektedir (Anonim, 1996).

Hem h^o ve hem de C^* değerlerinde F ilave oranları artarken, GG ilavesi de artarsa genel olarak istatistiksel önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

BI kahverengi (esmer) rengin saflığı hakkında bilgi verir ve enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşmelerin gerçekleştiği proseslerde önemli bir göstergedir (Palou vd., 1999). Yüksek sıcaklıkta pişirme sırasında gerçekleşen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonları ekmek kabuk rengi ile ilişkilendirilir, bu nedenle ekmek kabuk rengi esas olarak ingrediyenlerin rengine bağlıdır (Djordjevic vd., 2019).

Çalışmamızda ekmek kabuğunda Esmerleşme İndeksi (BI-browning index) değerinde F ilave oranı artarken, GG ilave oranı yükselirken, rakamsal bir miktar azalma gözlenmişse de istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinden türetilmiş değerler^{1,2}

İlave oranı (%)					
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam	ΔE^*	h°	C^*	BI
0	0	0	59.65a	35.20a	123a
0	0.5	7.30	57.60a	31.60a	128a
0	1.0	7.50	58.38a	34.10a	124a
0	1.5	7.60	58.38a	31.05a	121a
LSD		0.0	4.881	5.673	18.289
3	0	7.36	61.75ab	30.00a	101a
3	0.5	7.47	57.83b	32.00a	117a
3	1.0	6.84	59.33ab	31.00a	113a
3	1.5	6.14	64.25a	34.00a	109a
LSD		0.0	6.225	6.290	21.940
6	0	7.47	64.28a	30.00ab	93a
6	0.5	6.35	64.93a	34.00a	111a
6	1.0	5.32	64.08a	31.00ab	108a
6	1.5	12.68	56.08b	26.00b	104a
LSD		0.0	6.297	7.178	18.110
9	0	5.44	65.25a	34.00a	108a
9	0.5	5.99	65.18a	34.00a	109a
9	1.0	9.57	66.28a	33.00a	98a
9	1.5	5.55	64.53a	32.00a	119a
LSD		0.0	4.331	2.992	23.337

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

² ΔE^* : Net renk farkı, C^* : Kroma, h° : Hue açısı, BI: Esmerleşme İndeksi

Çalışmada kullanılan ekmeklik una değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesi ile üretilen ekmeklerin ekmek içi (crumb) renk özellikleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar (L^* , a^* , b^*) Çizelge 4.10 ve ekmek içi renk değerlerinden türetilmiş renk değerleri (ΔE^* , C^* , h° , WI) Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Ekmek iç rengi tüketici için ekmek dış rengi kadar önem taşımakta ve tüketici tercihlerini etkilemektedir. Ekmek içi homojen, kendine has renkte olmalıdır (Anonim, 2012).

Değişik oranlarda GG içeren unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi renk değerlerine baktığımızda, L^* değeri GG ilavesi ile 70.25’den 73.25’e kadar yükselmiş yani parlaklıkta bir miktar artma olmuşsa da istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

a^* değeri %0.5-1.5 GG ilavelerinde sırasıyla -0.49’dan -0.81 ve -0.89’a düşerek kırmızılığı azalmış görülse de istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. b^* değerinde ise GG ilavesi arttıkça değerler 14.53’ten 11.79’a kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir.

F ilaveli unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi renk değerlerine baktığımızda; F ilave oranı arttıkça aynı zamanda GG ilave oranı da artıyorsa sadece %9 F ilavesinde L^* değerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. L^* değeri 70.6’dan 66.88’e kadar düşmüştür.

a^* değeri %0 F’den %9 F ilaveli una doğru -0.49’dan 1.09’a yükselerek kırmızılık değerini arttırmıştır. b^* değeri ise 14.53’ten 16.12’ye kadar yükselmiş sarılık değerini yükseltmiştir. a^* değeri hem F hem de GG ilave oranı arttıkça kırmızılık değerinde azalma eğilimi göstermişken, b^* değerinde de yani sarılıkta azalma eğilimi dikkat çekmiştir.

Shokrollahi ve Taghizadeh (2016) yaptıkları bir çalışmada %2.5 ve %5.0 oranında Fibrex (Nordic Sugar, Danimarka) ilave ettikleri ekmeklerde ekmek içi L^* değerinin 87.66’dan 85.30’a ve 80.45’e, a^* değerinin -2.40’dan - 67.0 ve - 0.13’e değiştiğini, b^* değerinin ise 24.10’dan 25.15’e ve 26.92’ye yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.10. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ekmek içi renk değerleri^{1,2}

İlave oranı (%)		<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam			
0	0	70.25a	−0.49b	14.53a
0	0.5	73.25a	−0.81a	12.41b
0	1.0	71.25a	−0.76ab	11.95b
0	1.5	73.00a	−0.89a	11.79b
LSD		4.879	0.314	1.346
3	0	73.43ab	−0.44ab	15.91a
3	0.5	73.93a	−0.40ab	15.00a
3	1.0	72.33ab	−0.23b	13.04a
3	1.5	70.42b	−0.18b	13.79a
LSD		3.689	0.311	2.986
6	0	71.90a	0.60ab	15.70a
6	0.5	70.35ab	0.83a	15.90a
6	1.0	66.01b	0.43b	14.67a
6	1.5	70.62ab	0.39b	14.39a
LSD		4.720	0.522	1.854
9	0	70.67ab	1.09a	16.12a
9	0.5	71.58a	0.57a	14.54b
9	1.0	68.63bc	1.15a	16.63a
9	1.5	66.88c	0.63a	14.55b
LSD		2.084	1.000	1.455

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0.05).

²*L**: parlaklık, *a**: kırmızılık ve yeşillik, *b**: sarılık ve mavilik

Çizelge 4.11. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin ekmek içi renk değerlerinden türetilmiş değerler ^{1,2}

İlave oranı (%)		ΔE^*	h°	C^*	WI
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam				
0	0	0	92.10b	14.53a	66.90a
0	0.5	36.81	93.56ab	12.42b	70.27a
0	1.0	35.58	92.99ab	11.96b	69.00a
0	1.5	37.05	94.25a	12.05b	70.67a
LSD		0.0	2.088	1.423	4.406
3	0	34.85	89.90a	15.91a	68.93a
3	0.5	35.75	90.68a	15.00a	69.95a
3	1.0	35.53	90.99a	13.04a	69.18a
3	1.5	33.74	90.96a	13.80a	66.95a
LSD		0.0	3.230	2.982	3.907
6	0	33.56	87.00b	15.70a	67.50a
6	0.5	32.19	87.33b	15.90a	66.10ab
6	1.0	30.10	88.39ab	14.68a	62.88b
6	1.5	33.28	89.92a	14.35a	67.15a
LSD		0.0	1.911	1.852	4.087
9	0	32.35	86.33a	16.38a	66.60a
9	0.5	33.74	87.85a	14.55b	68.10a
9	1.0	30.17	85.97a	16.88a	64.08b
9	1.5	30.64	87.61a	14.55b	64.03b
LSD		0.0	2.597	1.696	1.764

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

² ΔE^* : Net renk farkı, C^* : Kroma, h° : Hue açısı, WI: Beyazlık İndeksi

Torbica vd. (2019) seçilmiş bazı gıda yan ürünleriyle hazırlanan tam tahıllı ekmeklerin duyuusal ve fizikokimyasal özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında, ŞPL ilaveli ekmeklerde ekmek içi renk değerlerinden L^* ve a^* değerlerinde azalma olduğunu ama istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını ($p > 0.05$), b^* değerinde

ise çalışmamız ile paralel olarak artma yönünde bir eğilim olduğunu tespit etmişlerdir ($p<0.05$).

Net Renk Farkı (ΔE^*) değeri F içermeyen ekmeklerde GG miktarı arttıkça yükselmiştir. F ilave oranı %3'den %9'a yükseldikçe artan GG ilave oranlarıyla beraber azalma eğilimi göstermiştir. h^o değeri %1.5 GG ilavesi ile 92.10'dan 94.25'e kadar yükselmiş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüş ise diğer ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. C^* değeri GG ilavesi arttıkça 14.53'ten 11.96'ya kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür.

Ekmek içinde (crumb) Beyazlık indeksi (WI-whiteness index) değerinde GG ilavesi ile istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. Beyazlık indeksi gıda ürünlerinin tümünden beyazlığı hakkında bilgi verir (Hsue vd., 2003).

h^o , C^* ve WI değerlerinde bir miktar değişim gözlemlense de bu değişimlerin F ilave oranı artarken GG ilave oranı artarken çalışılan ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli fark yaratmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

Literatürde değişik oranlarda F ve GG ilavesinin ekmek içi ve kabuk renk değerlerinde ve onlardan türetilmiş renk değerlerinde oluşturduğu değişime ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

4.7 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Tekstür Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik una değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesinin ekmekler pişirildikten 24 saat sonraki tekstür değerleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin tekstür değerleri^{1,2}

İlave oranı (%)		Sertlik (N)	Koheziflik	Esneklik (mm)	Sakızımsılık (N)	Çiğnenebilirlik (Nmm)	Katılık (N/mm)
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam						
0	0	4.53a	0.53a	5.07a	2.14a	10.35a	0.83a
0	0.5	2.99b	0.54a	5.18a	1.70b	8.81a	0.46b
0	1.0	2.49b	0.54a	5.41a	1.32c	5.44b	0.49b
0	1.5	2.12b	0.55a	6.19a	1.07c	4.28b	0.43b
LSD		1.168	0.046	1.430	0.300	1.900	0.317
3	0	4.16a	0.53a	5.62a	1.94a	9.37a	0.76a
3	0.5	3.03ab	0.55a	4.52a	1.28b	6.41b	0.44b
3	1.0	2.53ab	0.55a	5.42a	0.99b	9.87c	0.47b
3	1.5	2.12b	0.54a	5.19a	0.94b	5.19c	0.39b
LSD		1.36	0.065	1.702	0.405	0.853	0.147
6	0	3.63a	0.56ab	6.16a	1.34a	7.86a	0.78a
6	0.5	2.40bc	0.57ab	5.98a	1.07a	5.13a	0.66a
6	1.0	1.83c	0.60a	6.16a	0.80a	5.07a	0.75a
6	1.5	3.07ab	0.55b	6.30a	0.82a	5.74a	0.71a
LSD		0.981	0.038	0.981	0.815	4.502	0.562
9	0	3.05b	0.57a	6.12a	1.73a	5.85ab	0.60a
9	0.5	1.45c	0.54a	2.34c	0.49c	1.15b	0.74a
9	1.0	2.95b	0.56a	4.06bc	1.36b	3.29ab	0.71a
9	1.5	3.40a	0.48b	4.72ab	1.72a	7.50a	0.60a
LSD		0.205	0.048	1.718	0.071	5.325	0.359

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p<0.05$).

² N: Newton

F içermeyen değişik oranlarda GG içeren ekmeklerde sertlik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik, katılık değerlerine bakıldığında %1.5 GG ilave edilen örneğin en yumuşak olduğu bulunmuş ve değerlerin sırasıyla 4.53'ten 2.12 N'a, 2.14'den 1.07 N'a, 10.35'den 4.28 Nmm'ye, 0.83'den 0.43 N/mm'ye kadar düştüğü ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür.

Koheziflik ve esneklik değerlerinde kontrole göre önemli bir fark tespit edilmemiş ve istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür (Çizelge 4.12).

Coşkun Tuğan, (2019) göre tritikale unu ve gam katkılı ekmeklerin tekstür değerlerinde GG ilavesi arttıkça sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri artmış, koheziflik ve esneklik değerleri azalmıştır.

Bir başka çalışmada kompozit pirinç-buğday ekmeğinde hamur reolojisi ve kalite parametrelerini iyileştirmek için *Lepidium sativum* tohumu ve GG ilavesi ile koheziflik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artma, esneklik değerlerinde azalma tespit edilmiştir (Sahraiyan vd., 2013). Bu iki çalışmada da görüldüğü üzere farklı çalışmalarda farklı sonuçlar gözlenmiştir, bu durum kullanılan ekmeklik unların kalite farklılıklarından kaynaklanmış olabilir. Spesifik hacim arttıkça yumuşaklık değerinin artması bu durumu açıklayabilir.

Fibrex ilave oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değerinde düşüş olmuş %9 F ilaveli ekmekte 4.53'den (kontrol) 3.05 N'a düşmüştür. Koheziflik, esneklik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve katılık değerlerinde kontrole göre önemli bir fark çıkmamış ve istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür (Çizelge 4.12).

Hançer (2020) mikronize edilmiş şeker pancarı lifinin hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada ŞPL ilavesi arttıkça, ekmeğin spesifik hacmindeki azalma ile eşzamanlı olarak ekmek içi sertliğinde ve çiğnenebilirlik değerinde bir artış olduğu gözlenmiştir. Koheziflik ve esneklik değerlerinde kontrole göre önemli bir fark olmadığı ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Bir başka çalışmada, ekmek yapımında gıda endüstrisi yan ürünleri: keçiyoynuzu unu, şeker pancarı lifleri ve pekmezin hamur reolojisi, kalitesi ve gıda güvenliği üzerine tek ve kombine etkisini araştırmaları neticesinde ŞPL ilavesi arttıkça sertliğin ve çiğnenebilirliğin artmasının yanı sıra yapışkanlığın ve esnekliğin azaldığı görülmüştür (Šoronja-Simović vd., 2021b).

%3 F ilaveli unlara GG ilavesi ile ekmek tekstüründe meydana gelen değişimlere baktığımızda; sertlik %1.5 GG ilavesi ile 4.16'dan 2.12 N'a düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Sakızımsılık, çiğnenebilirlik, katılık değerlerine bakıldığında GG ilavesi ile değerlerin sırasıyla 1.94'ten 0.94 N'a, 9.37'den 5.19 Nmm'ye, 0.76'dan 0.39 N/mm'ye kadar düştüğü ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik ve esneklik değerlerinde istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür (Çizelge 4.12).

% 6 F ilaveli unlara GG ilavesi ile ekmek tekstüründe; sertlik değeri 3.63'den 1.83 N'a kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve katılık değerlerinde istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

%9 F ilaveli unlara artan oranlarda GG ilavesi ile; sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri %0.5-1.0 GG ilavesinde sırasıyla 3.05'den 1.45N'a ve 5.85'ten 1.15 Nmm'ye kadar düşmüş, % 1.5 GG ilavesiyle sırasıyla 3.40 N'a ve 7.50 Nmm'ye kadar tekrar yükselmiş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik %1.5 GG ilavesinde 0.57'den 0.48'e kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüş, diğer ilave oranlarında ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir. Esneklik ve sakızimsılık GG ilavesi ile sırasıyla 6.12'den 2.34mm'ye ve 1.73'den 0.49 N'a kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Katılık değerinde ise istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.12.).

Verdu vd. (2017) buğday ununa buğday kepeği ve chia tohumu ilavesinde ekmeklerin sertlik ve sakızimsılık değerlerinin yükseldiğini, koheziflik ve esneklik değerlerinin ise azaldığını tespit etmiştir.

Literatürde değişik oranlarda F ve GG ilavesinin ekmeklerde tekstür değerlerinde oluşturduğu değişime ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Shokrollahi ve Taghizadeh (2016) yaptıkları bir çalışmada %2.5 ve %5.0 oranında Fibrex (Nordic Sugar, Danimarka) ilave ettikleri ekmeklerde ekmek sertliğinin 2.35 N'dan (kontrol) sırasıyla 3.87 ve 6.45 N'a yükseldiğini, spesifik hacmin 3.39 ml/g'dan (kontrol) sırasıyla 2.75 ml/g'dan 2.32 ml/g'a düştüğünü tespit etmiştir.

Abdul-Hamid ve Luan (2000) yaptıkları çalışmada ekmek formülasyonuna %5 ve %10 oranında Fibrex ilavesinde, ekmeklerde sertlik değerinin 0.11 kg'dan 0.13 ve 0.35'e yükseldiğini belirtmişlerdir.

4.8 Şeker Pancarı Lifi ve Guar Gam İlavesinin Ekmeklerin Duyusal Özelliklerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

Çalışmada kullanılan ekmeklik una değişik oranlarda şeker pancarı lifi (Fibrex, F) ve guar gam (GG) ilavesinin ekmekler pişirildikten 24 saat sonraki duyusal değerleri üzerine etkileri ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Şeker pancarı lifi ve guar gam ilave edilerek elde edilen ekmeklerin duyusal özellikleri¹

İlave oranı (%)		Ekmek İçi Renk	Ekmek İçi Gözenek	Sertlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
Şeker Pancarı Lifi	Guar Gam					
0	0	13.86a	14.79a	14.00a	14.21a	14.22a
0	0.5	13.57a	13.29b	13.21a	13.79ab	13.64a
0	1.0	13.21a	13.36b	12.71a	13.50ab	13.57a
0	1.5	13.71a	13.50b	13.00a	12.71b	13.43a
LSD		1.570	1.245	1.753	1.417	0.896
3	0	12.64a	13.21a	12.79a	12.57a	12.79a
3	0.5	12.64a	12.43ab	12.57a	11.93a	12.36a
3	1.0	12.57a	11.79ab	12.71a	12.07a	12.07a
3	1.5	12.43a	11.36b	11.93a	11.50a	12.64a
LSD		1.197	1.676	1.773	1.640	1.271
6	0	12.14a	11.50a	11.14a	11.57a	11.93a
6	0.5	11.93a	10.50a	11.07a	11.21a	11.57a
6	1.0	11.43a	11.07a	10.79a	10.71a	10.93a
6	1.5	11.43a	10.29a	10.71a	10.43a	10.86a
LSD		1.261	2.044	1.980	1.866	1.634
9	0	10.50a	9.57a	9.57a	9.71a	10.14a
9	0.5	10.50a	9.43a	9.21a	9.64a	10.00a
9	1.0	10.14a	9.29a	9.64a	9.57a	9.86a
9	1.5	9.86a	9.29a	9.36a	9.14a	9.14a
LSD		1.885	2.337	1.970	2.568	2.226

¹Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (p<0.05).

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği’ne göre ekmek kesildiği zaman iç kısmının süngerimsi ve gözeneklerin mümkün olduğunca homojen yapıda olması, hamurumsu, yapışkan ve kabuk-iç ayrımı olmaması, kendine has tat ve kokuda olması, yabancı tat ve koku hissedilmemesi gerekir (Anonim, 2012).

Ekmeklik una farklı oranlarda ilave edilen GG ekmeğın duyuşal özellikleri olan ekmek içi renk, sertlik, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde rakamsal bir düşüşe sebep olsa da artan GG ilavesinin bu özelliklerde istatistiksel olarak önemli fark yaratmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. Ekmek içi gözenek yapısında verilen puanda 14.79'dan 13.29'a kadar bir düşme olmuş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) belirlenmiştir ( izelge 4.13). Guar gam ilavesinin ilave edildiği oranlarda üretilen ekmeklerin duyuşal özelliklerinde değişimlere neden olsa da genel olarak bu değişimin olumsuz algılanmadığı ifade edilebilir.

Rodge vd. (2012) yapmış oldukları çalışmada hidrokolloid (guar gam) ilavesinin ekmeğın kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan  alışma neticesinde ekmek kabuk rengi, simetri, düzgünlük, kabuk karakteri ve aroma gibi dış özellikler, guar gam konsantrasyonunun artmasıyla lineer olarak iyileşirken, ayrıca ekmek içi rengi, tat ve tekstür gibi i  özellikleri de iyileştirdiği görülmüştür.

Diğer bir çalışmada, tam buğday unundan yapılan yassı mayasız bir Hint ekmeği olan chapatti ekmeğine hidrokolloidler (guar gam) eklenerek ekmeğın duyuşal özelliklerinde genel olarak iyileşme gözlendiği belirtilmiştir (Shalini ve Laxmi, 2007).

F ilaveli unlara GG ilavesi ile ekmeğın duyuşal özellikleri olan ekmek içi renk, ekmek içi gözenek, sertlik, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde F'in bütün ilave oranlarında GG miktarı arttıkça bir düşüş olmuş olsa da istatistiksel olarak önemli fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. F ve GG'ın ekmek formülasyonuna ilavesi ile duyuşal özelliklerde çok büyük değişimler olmamış olsa da en düşük puanlama %9 F ve %1.5 GG ilaveli ekmek örneklerinde tespit edilmiştir ( izelge 4.13).

Hançer (2020) mikronize edilmiş şPL'nin hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmamıza paralel olarak, kontrol ekmeğine kıyasla, lifle zenginleştirilmiş ekmeklere panelistler tarafından her bir parametre için daha düşük puanlar verdiği görülmüştür. Formülasyondaki lif oranının artması genellikle puanların düşmesine neden olmuştur ancak belirli ilave oranlarında (%2 ve %4) kontrol ekmeği ile lifli ekmekler arasında puanlar açısından istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Abdul-Hamid ve Luan (2000) ekmek formülasyonuna %5 ve %10 oranında F ilave etmiş, ekmeklerin duyusal özellikleri bakımından yapılan değerlendirmede kontrole göre ilave oranı arttıkça, ekmek renk değeri, ekmek tadı, ekmek kokusu ve ekmek yumuşaklığı azalmış, genel kabul edilebilirlik değeri de 7.20 (kontrol)'den 4.83'e düşmüştür.

Shokrollahi ve Taghizadeh (2016) yaptıkları bir çalışmada %2.5 ve %5.0 oranında Fibrex (Nordic Sugar, Danimarka) ilave ettikleri ekmeklerde duyusal özelliklerde (renk, aroma, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik) istatistiksel olarak önemli düzeyde düşme görülmüştür ($p<0.05$). Genel kabul edilebilirlik değeri kontrolde 7.44 tespit edilmişken, %2.5 Fibrex ilave oranında 5.67'ye ve %5.0 Fibrex ilave oranında 4.44'e düşmüştür.

El-Adly ve El-Gendy (2009) kontrol ekmeğinden %5, %10 ve %15 ŞPL ilavesiyle üretilen ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerlerinin sırasıyla 44.5, 44.0, 41.5 ve 38.0 olarak tespit etmişlerdir.

Literatürde değişik oranlarda F ve GG ilavesinin ekmeklerin duyusal değerlerinde oluşturduğu değişime ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasıyla şeker fabrikalarının önemli bir artışı olan ve çoğu kez hayvan yemi olarak kullanılan ŞPP'dan üretilen ticari bir BL kaynağının (Fibrex, F) ekmeklik una değişik oranlarda ilavesinin hamur reolojisi ve ekmek yapım kalitesi üzerine beklenen olumsuz etkilerini azaltabilmek ve bu özelliklerinin yanısıra ekmekte renk, tekstür ve duyusal özellikler bakımından kabul edilebilir nitelikte ürün elde edebilmek için GG gibi ucuz ve az miktarda kullanıldığında önemli düzeyde etki gösteren bir hidrokolloidin değişik oranlarda kullanımıyla birlikte etkisini incelemek amaçlanmıştır.

Böylelikle hem BL içeriği F ilavesiyle yükseltilmiş hem de anılan kalite özellikleri bakımından kabul edilebilir nitelikte ekmek üretimi için uygun olan bir GG ilave oranı önerisinde bulunmak hedeflenmiştir.

Bu amaçla değişik oranlarda F (%3, %6 ve %9 oranlarında un esasına göre ağırlıkça) ve GG (%0.5, %1.0 ve %1.5 oranlarında un esasına göre ağırlıkça) kombine kullanılarak elde edilen unların hamur reolojisini belirleyebilmek için bazı Absograf 500 ve Resistograf 500 özellikleri (% su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite, FQN, A, E, R5, Rm, R1 ve R2) tespit edilmiştir.

Tezde ekmek yapım özelliklerinden; hamur ağırlığı, ekmek ağırlığı, ekmek yoğunluğu, spesifik hacim, ekmek pişme kaybı, ekmek içi (crumb) ve ekmek kabuğu (crust) renk değerleri (L^* : parlaklık, a^* : kırmızılık ve yeşillik, b^* : sarılık ve mavilik, türetilen renk değerlerinden ΔE^* : Net renk farkı, C^* : Kroma, h^0 : Hue açısı, BI: Esmerleşme İndeksi, WI: Beyazlık İndeksi), ekmekte su aktivitesi değerleri, ekmeklerin tekstür değerleri (sertlik, koheziflik, esneklik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik, katılık), ekmeklerde duyusal özellikler (ekmek içi renk, ekmek içi gözenek, sertlik, ağızda bıraktığı his, genel kabul edilebilirlik) belirlenmiştir.

Un karışımlarında Resistograf 500 (135. dakika) ve bu unlardan üretilen ekmek örneklerinden elde edilen bütün sonuçların istatistiksel değerlendirilmesinde varyans analizi yapılmış ve istatistiksel olarak önemli bulunan varyasyon kaynaklarının ortalamaları LSD testi uygulanarak karşılaştırılmıştır.

Tez çalışmasında kullanılan un örneğinde bazı kimyasal ve fizikokimyasal analizler yapılmış buna göre nem miktarı %13.2, kül miktarı %0.72 (k.m), sedimentasyon değeri 40 ml, modifiye sedimentasyon değeri 58 ml, düşme sayısı 325 s olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan una ilişkin bu değerler, unun Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğinde “ekmeklik buğday unu” için verilen değer aralığına girdiğini göstermiştir (Anonim, 2018).

Un örneğine ilişkin yaş gluten miktarı %25.7 (k.m.), gluten indeks değeri %98 olarak tespit edilmiştir. Buna göre kullanılan unun yaş gluten miktarının kaliteli ekmek üretimi sağlayacak seviyede olduğu, unun gluten kalitesinin ise yüksek örnek grubunda olduğu değerlendirilmiştir (Köksel vd., 2000; Oikonomou vd., 2015).

Benzer şekilde un örneğinin Zeleny sedimentasyon değerinin yüksek olması ve modifiye sedimentasyon değerinin de aynı şekilde yüksek bir değerde bulunması unun gluten kalitesinin iyi olduğu sonucunu desteklemiştir.

Tez çalışmasında kullanılan un örneğinde yapılan bazı kimyasal ve fizikokimyasal analizler sonucunda, un kalitesinin ekmek üretimi için uygun “ekmeklik buğday unu” özelliği taşıdığını göstermiştir (Anonim, 2018; Köksel, 2000).

Una değişen oranlarda (%3, %6 ve %9) F ilave edildiğinde Absograf 500 ile tespit edilen % su absorpsiyon değeri, gelişme süresi, stabilite ve FQN değerleri, literatürde farinograf cihazı kullanılarak belirlenen aynı parametreler ile uyumlu şekilde artmıştır (Rosell vd., 2006; Minarovicova vd., 2018). En yüksek gelişme süresi ile FQN değeri %6 oranında F içeren un örneğinde tespit edilmiştir.

Una değişen oranlarda (%0.5, %1 ve %1.5) GG ilave edildiğinde % su absorpsiyon değeri ve FQN değeri literatürle benzer şekilde artma eğilimi göstermiştir (Shalini ve Laxmi, 2007; Rodge vd., 2011; Kundu vd., 2014).

Literatürle uyumlu şekilde F ve GG’nin birlikte kullanımının % su absorpsiyon değerini tek başlarına ilave edildikleri değerden daha çok arttırdıkları gözlenmiştir. %6 F ilavesinde GG ilave oranı yükseldikçe (%0.5-1.5) % su absorpsiyon değeri %66.1’den %73’e, %9 F ilavesinde GG ilave oranı yükseldikçe (%0.5-1.5) % su absorpsiyon değeri %67.5’dan %73’e artmıştır.

Un örneği ile (kontrol) hazırlanan, F veya GG içermeyen hamurun, Resistograf 500 verilerinden, son dinlenme zamanında (135. dk) sabit deformasyondaki uzama direnci olan R_5 349 FU, elastikiyet değeri olan E 92 mm ve enerji değeri olan A 38 cm² olarak belirlenmiş ve bu değerler ile un örneğinin zayıf-orta hamur özelliği gösterdiğini tespit edilmiştir.

Değişik oranlarda F (%3-9) ve GG (%0.5-1.5) ilave edilerek elde edilen hamurların 135. dakikadaki Resistograf 500 değerleri istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Her ne kadar hamurların fermentasyon dinlenme zamanı (proofing), Resistograf 500 test hamuru dinlenme süresi ile aynı olsa da F ve GG'ın değişik oranlarda ilavesi çoğu Resistograf 500 değeri üzerinde istatistiki olarak önemli düzeyde etki göstermemiştir.

Bilindiği üzere hamurun uzamaya karşı direnci ve uzama kabiliyeti yüksek olduğunda genellikle ekmek hacmi de yüksek olur. Çünkü hamurun fermentasyon esnasında oluşan karbondioksit gazını tutabilme kabiliyeti de yüksek olmaktadır.

Elastikiyet (E) değeriindeki azalmanın özellikle %6 F ilavesiyle artma eğilimi göstermeye başlaması ve GG ilavesiyle de istenildiği şekilde yükselmemesi bu oranının (%6) üzerine çıkılmaması gerektiği fikrini vermiştir.

Her ne kadar yüksek enerji (A) değeri hamurun fermentasyon kabiliyeti ve pişirme özellikleri bakımından iyi kalitenin bir göstergesi olarak alınsa da başka bir parametrenin de dikkate alınması gerekmektedir. Pişirme karakteristikleri aynı zamanda hamur direnci (R_m) ve elastikiyet (E) arasındaki oranla da tanımlanır. İyi pişirme özelliği sağlayabilmek için bu oranın 1.5 ila 3.0 arasında olması gerekirken, bu değerlerden yüksek değerlerin sert, katı hamur, düşük değerlerin ise yumuşak ve zayıf hamur özelliğini gösterdiğini belirtilmiştir (Šoronja-Simović, 2021b).

Tez çalışmasında bu değere en yakın sonuç dolayısıyla en iyi ekmek özelliği verebilme potansiyeli olan örnek kontrol örneği olarak tespit edilmiştir. Diğer tüm hamur örneklerinde bu orandan yüksek değerler elde edilmiştir. Hem F hem de GG içeren hamur örneklerinde %3 F ve %6 F içeren ve %1.0 GG içeren hamur örnekleri diğer parametreler de birarada değerlendirildiğinde (Resistograf 500) ilave edilecek en yüksek ilave oranı değerleri olabilir.

ŞPL ilavesinin ekmek üretiminde kullanımına yönelik sınırlı çalışma vardır. Bu çalışmalarda değişik ilave oranlarında ŞPL veya F ilavesinin ekmek kalitesini nasıl etkilediği incelenirken, GG gibi hidrokolloid nitelikli BL ilavesiyle F ilaveli ekmeklerin kalitesini iyileştirmeye yönelik bu tez çalışması ilk kez yapılmıştır.

F ve GG ilave edilerek elde edilen ekmeklerin bazı EYK özellikleri üzerine etkilerine baktığımızda, HA (Hamur ağırlığı) F ve GG ilavesiyle artmış, en uygun ilave oranı %6 ve %9 F ve %1.0 ve 1.5 GG ilavesiyle elde edilmiştir. EA (Ekmek ağırlığı) kontrol ununda 218.49 g iken F ve GG ilavesiyle artmış ve %9 F ve %1.0 GG ile 229.00 g en yüksek EA değeri elde edilmiştir. EH (Ekmek hacmi) için en uygun ilave oranı %3 F ve %1.0 ve 1.5 GG ilavesiyle elde edilmiştir.

EY (Ekmek yoğunluğu) F ilavesi ile artmış GG ilavesi ile de önemli bir değişim olmamıştır. En uygun ilave oranı ise %9 F ve %1 GG ile elde edilmiştir. SH (Spesifik hacim) F ilavesi ile azalmış GG ilavesi ile de önemli bir değişim olmamış ve en uygun ilave oranı %3 F ve %1.5 GG ile bulunmuştur. PK (Ekmek pişme kaybı) F ilavesi ile azalmış GG ilavesi ile de artış olmuş, PK'nın en düşük olması isteneceğinden en uygun ilave oranları %9 F ve %1 GG ile bulunmuştur. Genel olarak EYK özellikleri bakımından en uygun ilave oranlarını %6 ve 9 F ve %1 GG olduğunu söyleyebiliriz.

Tez çalışmasında kontrol ekmeğine ilişkin tespit edilen a_w değerinin literatürle uyumlu olduğu tespit edilmişken, değişik oranlarda F ve GG ilavesinin ekmeklerde ölçülen a_w değerlerini çok etkilemediği görülmüştür.

F ve GG ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk (crust) renk değerlerine baktığımızda, %0 ve %3 oranında F içeren ve değişik oranlarda GG içeren unlardan üretilen ekmeklerin kabukta ölçülen a^* değerlerinde rakamsal olarak büyük bir fark gözlenmemiş, %6 ve %9 oranında F içeren unlarda GG ilavesiyle rakamsal olarak kırmızılık değerinde azalma yönünde bir fark gözlenmişken istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Sonuçlar L^* (parlaklık) değerinin genel olarak F ilavesi arttıkça arttığını, aynı zamanda GG ilavesi de artınca L^* değerinin bir miktar azaldığını göstermiştir. Genel olarak üretilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinden sarılık (b^*) değerinde bütün

ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$).

F ve GG ilave edilerek elde edilen ekmeklerin kabuk renk değerlerinden türetilmiş değerlerinde hem h^o ve hem de C^* değerlerinde F ilave oranları artarken, GG ilavesi de artarken genel olarak istatistiksel önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Toplam renk değişimi eğilimi hakkında bilgi veren ΔE^* değeri ve esmerleşme reaksiyonlarının ürün renginde meydana getirdiği değişimleri tanımlamada kullanılan esmerleşme indeksi (BI) değeri de hesaplanmıştır.

Esmerleşme İndeksi (BI-browning index) değerinde F ilave oranı artarken, GG ilave oranı yükselirken, rakamsal bir miktar azalma gözlenmişse de yine istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

Ekmeklerde kabuk rengi esas olarak enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarıyla (karamelizasyon ve Mailard reaksiyonu) oluşurken, bu reaksiyonlar yüksek nemli gıdalarda göreceli düşük hızda gerçekleşir. İlave edilen F ve GG spesifik hacim değerini düşürürken, yüksek nem değeri ekmek kabuğundaki enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyon hızını sınırlamıştır. Bunun neticesinde ekmek kabuğunda a^* değeri düşmüştür. Ayrıca ekmek kabuğunda ΔE^* değerleri kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında rakamsal fark görülmektedir. Kontrol örneğine ilişkin ΔE^* değerine en yakın değer %6 ve %9 F ve %1.0 GG ilavesinde görülmüştür. Daha yüksek ΔE^* değerleri ve Esmerleşme İndeksi değerleri, genellikle daha belirgin renk değişimlerini ifade eder.

Yüksek Esmerleşme İndeks değerleri hemen hemen tüm F ve yüksek GG ilave oranlarına sahip ekmeklerde daha belirgin bir şekilde elde edilmiştir. F'nin ilgili parametredeki artışa etkisi Maillard ve yüksek sıcaklıklarda pişirme sırasında meydana gelen karamelizasyon reaksiyonlarıyla esas olarak kabuk rengiyle ilişkilidir, dolayısıyla ekmek içi rengi genellikle ekmek bileşiminde yer alan ham maddelerin renklerine bağlıdır. Buna göre ekmek içi rengi, F ve eklenen GG'ın renginden önemli ölçüde etkilenmiştir.

F ilaveli unlardan yapılan ekmeklerin ekmek içi (crumb) renk değerlerinde; F ilave oranı arttıkça aynı zamanda GG ilave oranı da arttığına sadece %9 F ilavesinde L^* değerinde istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu ($p<0.05$) tespit edilmiştir. F ilave oranı %3'den %9'a yükseldikçe artan GG ilave oranlarıyla beraber azalma eğilimi göstermiştir. h^o , C^* ve WI değerlerinde ise bir miktar değişim gözlenirse de, F ilave oranıyla beraber GG ilave oranı da artarken çalışılan tüm ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli fark yaratmadığı ($p>0.05$) tespit edilmiştir.

F ve GG ilave edilerek elde edilen ekmeklerin tekstür değerleri ekmekler pişirildikten 24 saat sonra ölçülerek belirlenmiştir. F içermeyen değişik oranlarda GG içeren ekmeklerde sertlik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, katılık değerlerine bakıldığında %1.5 GG ilave edilen örneğin en yumuşak olduğu bulunmuş ve istatistiki olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik ve esneklik değerlerinde kontrole göre önemli bir fark görülmemiştir ($p>0.05$).

F ilave oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değerinde düşüş olmuştur. Koheziflik, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve katılık değerlerinde kontrole göre istatistiki olarak anlamlı bir fark çıkmamıştır ($p>0.05$).

%6 F ilaveli unlara GG ilavesi ile ekmek tekstüründe; sertlik değeri 3.63'den 1.83 N'a kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve katılık değerlerinde istatistiksel olarak önemli fark olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Benzer bir eğilim %9 F ilaveli unlara artan oranlarda GG ilavesi ile; sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri %0.5-1.0 GG ilavesinde görülmüş, %1.5 GG ilavesiyle tekrar yükselmiş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Koheziflik %1.5 GG ilavesinde 0.57'den 0.48'e kadar düşmüş ve istatistiksel olarak önemli fark olduğu ($p<0.05$) görülmüş, diğer ilave oranlarında ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür.

Bütün ekmek yapım parametreleri düşünüldüğünde, spesifik ekmek hacim değerinin gluten ağı kalitesi ve CO₂ tutma kapasitesi ile güçlü şekilde ilişkili olduğu bilinir. BL ilave oranı arttıkça hamur özellikleri olumsuz şekilde etkilendiğinde, bu hamurlardan hazırlanan ekmeklerin spesifik hacim değerleri de etkilenecektir. Aslında spesifik hacim değeri gluten kalitesiyle doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle ekmeklerin spesifik

hacim deęerleri dūřerken, TPA parameterlerinden olan sertlik deęeri F ilavesiyle hemen hemen korunurken, GG ilavesi artarken tūm ilave oranlarında dūřmeye bařlamıřtır.

Būtūn tekstūr parametreleri birarada deęerlendirildięinde kontrol ekmeęine en yakın ekmek %6 F ve %1.0 ve 1.5 GG ilave oranları olmuřtur.

Ekmeklerde incelenen TPA değerlerinden özellikle sertlik değerlerine baktığımızda %6 F ilavesi ve %0.5 ve 1.0 GG ilaveli ekmeklerin kontrol ekmeğine ait değerlerle kıyaslandığında daha kabul edilebilir sonuçlar verdiği sōylenebilir.

Scheuer vd. (2015) BL'lerin buğday ununa ilavesinin nişasta-gluten matriksini bozduğu, CO₂ tutma kapasitesini sınırladığı bunun sonucunda da ekmeklerin spesifik hacim ve sertlik değerinin etkilendiğini belirtmiştir (Meral ve Karaoğlu, 2020).

Duyusal (Organoleptik) özellikler ekmekler piřirildikten 24 saat sonra belirlenmiřtir. F ilaveli unlara GG ilavesi ile ekmeęin duyusal özellikleri olan ekmek ięi renk, ekmek ięi gōzenek, sertlik, aęızda bıraktıęı his ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde F'in būtūn ilave oranlarında GG miktarı arttıkça bir dūřūř olmuř olsa da istatistiksel olarak önemli fark olmadıęı ($p>0.05$) tespit edilmiřtir. F ve GG'ın ekmek formūlasyonuna ilavesi ile duyusal özelliklerde ęok būyūk deęiřimler olmamıř olsa da en dūřūk puanlama %9 F ve %1.5 GG ilaveli ekmek ōrneklerinde tespit edilmiřtir.

Genel olarak, kontrol ekmeęi ile karřılařtırıldıęında yūksək oranlarda F ilavesi yapıldıkça ekmeklerde ekmek ięi renk ve gōzenek, sertlik, aęızda bıraktıęı his ve genel kabul edilirlilik deęerleri dūřmūřtūr. F ilavesi artarken GG ilave oranları da arttıęında tūm duyusal deęerlendirme parametrelerinde mevcut deęerlerin korunduęu ve dūřme eęiliminin azaldıęı tespit edilmiřtir. %3 F ve %0.5 ve 1.0 GG olduęunda aęızda bıraktıęı his deęerleri kontrole yaklařmıřtır.

Genel kabul edilebilirlik deęerine gōre en beęenilen F ve GG ięeren ekmek %3 F ve %1.5 GG ile %6 F ve tūm GG ilavelerinde (%0.5-1.5) bulunmuřtur. Genel olarak yūksək oranlarda F ilavesi daha az kabul edilir/ beęenilir bulunurken, artan GG ilavesiyle duyusal özelliklerde kabul edilirlilik deęerlerinde dūřme eęilimi azalmaya bařlamıřtır.

Çalışmamız neticesinde ŞPL (Fibrex) ilavesi ile hamur ve ekmekte oluşan olumsuz kalite özelliklerinin GG ilavesi ile giderilebileceği ve uygun oranlarda ŞPL ve GG miktarları tespit edilerek besinsel lif içeriği yüksek ve ekmek özellikleri iyileştirilmiş ekmek yapılabileceği görülmüştür.

Amacımız doğrultusunda ŞPL (%6) ve GG (%0.5 ve %1.0)'ın uygun ilave oranlarında ekmek üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın ışığında, ŞPL ve GG içeren kompozit unların hamur ve ekmek kalitesini iyileştirmeye yönelik olarak değişik gluten miktar ve kalitesinde farklı un tipleri ve farklı pişirme yöntemleri kullanılarak ileri çalışmalar planlanabilir.



KAYNAKLAR

- AACC, 2000. American Association of Cereal Chemist. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10th ed. St. Paul. Minn. USA.
- AACC, 2001. The definition of dietary fiber, AACC Report, Cereal Foods World, 46, 112-126.
- Abdul-Hamid, A. ve Luan, Y.S., 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran, Food Chemistry, 68, 15-19.
- Ahmed, J. ve Thomas, L.J, 2017. Effect of xanthan and guar gum on the pasting, stickiness and extensional properties of brown wheat flour /beta-glucan composite doughs, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie 87,3, 443-449.
- Ang, J.F. ve Crosby, G.A., 2003. A new look at sugar beet fiber, Cereal Food World, 48, 238-243.
- Anonim, 1996. Application Note: CIE L*C*h Color Scale. Vol. 8, No. 11, Hunter Associates Laboratory, Inc., Virginia, 4p.
- Anonim, 2012, Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, 2012/2.
- Anonim, 2018. Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği, Tebliğ No: 2013/92'da değişiklik yapılmasına dair tebliğ, Tebliğ no: 2018/39.
- Anzaldúa-Morales, A., 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y en la Práctica, Editorial. Acribia. S. A. Zaragoza. España.
- Aran, N. ve Boyacıoğlu, M.H., 2006. Rope hastalığı. www. Ekmekçilik.com. (tüm hakkı saklıdır), 2006.
- Auffret, A., Ralet, M.C., Guillon, F., Barry, J.L. ve Thibault, J.F., 1994. Effect of grinding and experimental conditions on the measurement of hydration properties of dietary fibres, Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 27, 166-172.
- Barcenas, M. E., Benedito, C. ve Rosell, C. M., 2004. Use of hydrocolloids as bread improvers in interrupted baking process with frozen storage, Food Hydrocolloids, 18, 769-774.
- Beale, R., Bradbury, G., Medcaff, D. ve Romig, W., 1984. Sugar beet pulp bulking agent and process, US Patent, 4, 451 – 489.
- Bertin C., Rouau X. ve Thibault J.F., 1988. Structure and properties of sugar beet fibres, Journal of the Science of Food and Agriculture, 44, 15-29.
- Biçer, P., 2011. Su tutma kapasitesine etki eden bazı ticari ürünlerin hamur reolojisi ve ekmek özelliklerine etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

- Bock, J.E. ve Damodaran, S., 2013. Bran-induced changes in water structure and gluten conformation in model gluten dough studied by Fourier transform infrared spectroscopy, *Food Hydrocoll.*, 31, 2, 146–155.
- Bogdanović, B.V., Šereš, Z., Gyura, J.F., Sakač, M.B., Simović-Šoronja, D.M., Mišan, A.C. ve Pajin, B.S., 2013. Uticaj parametara ekstrakcije na kvalitet suvih rezanaca šećerne repe, *Hemijaska Industrija*, 67, 2, 269–275.
- Broughton, N., Dalton, C. ve Jones, G. ve Williams, E., 1995. Adding value to sugar beet pulp, *International Sugar Journal*, 97, 57–60, 93–95.
- Cawley, R.W., 1964. The role of wheat flour pentosans in baking II. Effect of added flour pentosans and other gums on gluten-starch loaves, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 15, 5, 834-839.
- Cingöz, A., Akpınar, Ö. ve Sayaslan, A., 2022. Farklı kepek fraksiyonlarının ekmek kalitesine etkisi, *Gıda/Food*, 47, 2, 372-386.
- Collar, C., Santos, E. ve Rosell, C.M., 2006. Significance of dietary fiber on the viscometric pattern of pasted and gelled flour-fiber blends, *Cereal Chemistry*, 83, 4, 370–376.
- Collar, C., Santos, E. ve Rosell, C.M., 2007. Assessment of the rheological profile of fibre-enriched bread doughs by response surface methodology, *Journal of Food Engineering*, 78, 820–826.
- Cossack, Z., Rojhani, A. ve Musaiger, A., 1992. The effect of sugar beet fiber supplementation for five weeks on zinc, iron and copper status in human subject, *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 221-225.
- Coşkun Tuğan, S., 2019. Tritikale unu ve gam kullanımının ekmeğin bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Coundray, C., Bellanger, J., Castiglia-Delavaud, C., Remesy, C. ve Vermorel, 1997. Supplementation of fructooligosaccharide mildly improves the iron status of anemic rats fed a low-iron diet, *European Journal of Clinical Nutrition*, 51, 375–380.
- Çetiner, B., Acar, O., Şanal, T. ve Köksel, H., 2021, *Hububat ve Hububat Ürünlerinde Kalite Değerlendirme*, 13. Bölüm, s 269-290, *Hububat Bilimi ve Teknolojisi*, Editör: Prof. Dr. Hamit Köksel, Sidas Yayınları, Ankara, 746 sayfa.
- Demir, M.K., Elgün, A. ve Argun, M.Ş., 2009. Sütçülük yan ürünlerinden peynir altı, yayık altı ve süzme yoğurt suları katkılarının bazı ekmek özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma, *Gıda/ Food*, 34, 2, 99-106.
- Dirim, S.N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H. ve Balkesen, N., 2014. Farklı unların ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkisi, *Akademik Gıda*, 12, 4, 27-35.

- Djordjević, M., Šoronja-Simović, D., Nikolić, I., Dokić, L., Djordjević, M., Šereš, Z. ve Šaranović, Ž., 2018. Rheology and bread-making performance of gluten-free formulations affected by different levels of sugar beet fibre, hydroxypropylmethylcellulose and water, *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 1832–1837.
- Djordjević, M., Šoronja-Simović, D., Nikolić, I., Djordjević, M., Šereša, Z. ve Milašinović-Šeremešić, M., 2019. Sugar beet and apple fibres coupled with hydroxypropylmethylcellulose as functional ingredients in gluten-free formulations: Rheological, technological and sensory aspects, *Food Chemistry* 295, 189-197.
- Dodi, G., Hritcu, D. ve Popa, M.I., 2011. Carboxymethylation of guar gum: Synthesis and characterization, *Cellulose Chemistry Technology*, 45, 3-4, 171-176.
- Dronnet, V.M., Renard, C.M.G.C., Axelos, M.A.V. ve Thibault, J.-F., 1997. Binding of divalent metal cations by sugar-beet pulp, *Carbohydrate Polymers*, 34, 73–82.
- El-Adly, N.A. ve El-Gendy, A.A., 2009. Utilization of Sugar-Beet Fibers in pan Bread Production, *Journal of Agricultural Science Mansoura University*, 34, 7, 7749-7758.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel ve M., Kotancılar, H.G., 2015. Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu, (3.Baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82. Erzurum. s: 245.
- Ferrero C., 2017. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. *Food Hydrocolloids*. 68, 15-22.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle, I. ve Asenjo, F., 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment, *Food Chemistry*, 91, 395–401.
- Filipovic, J., Filipovic, N. ve Filipovic, V., 2010. The effects of commercial fibres on frozen bread dough, *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75, 2, 195–207.
- Filipovic, N., Djuric, M. ve Gyura, J., 2007. The effect of the type and quantity of sugar-beet fibers on bread characteristics, *Journal of Food Engineering*, 78, 1047-1053.
- Francis, F. J., 1998. Colour analysis, In: *Food Analysis*, Nielsen SS (Ed.), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, pp. 599-612.
- Gavilighi, H. A., Azizi, M. H., Barzegar, M. ve Ameri, M. A., 2006. Effect of selected hydrocolloids on bread staling as evaluated by DSC and XRD, *Journal of Food Technology*, 4, 3, 185-188.

- George, A., Shah, P.A. ve Shrivastav, P.S., 2019. Guar gum: Versatile natural polymer for drug delivery applications, *European Polymer Journal*, 112, 722-735.
- Gong, H., Liu, M., Chen, J., Han, F., Gao, C. ve Zhang, B., 2012. Synthesis and characterization of carboxymethyl guar gum and rheological properties of its solutions, *Carbohydrate Polymers*, 88, 1015-1022.
- Gould, J. M., Jasberg, B. K. ve Cote, G. L., 1989. Structure–function relationships of alkaline-peroxide treated lignocellulose from wheat straw, *Cereal Chemistry*, 66, 213–217.
- Guarda, A., Rosell, C.M., Benedito, C. ve Galotto, M. J., 2004. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents, *Food Hydrocolloids*, 18, 241-247.
- Hañçer, A., 2020. Mikronize edilmiş şeker pancarı lifinin hamur ve ekmek özellikleri üzerine etkileri, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Hasan, A.M.A. ve Abdel-Raouf, M.E., 2018. Applications of guar gum and its derivatives in petroleum industry: A review, *Egyptian Journal of Petroleum*, 27, 1043- 1050.
- Hsue, C.-L., Chen, W., Weng, Y.M. ve Tseng, C.-Y., 2003. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods, *Food Chemistry*, 83, 85–92.
- Hunterlab, 2023. Brief explanation of delta E or delta E*, 2023. <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/203023559-Brief-Explanation-of-delta-E-or-delta-E-> Erişim tarihi: 05.11.2023.
- Jaime, L., Mollá, E., Fernández, A., Martín-Cabrejas, M., López Andreu, F. ve Esteban, R., 2002. Structural carbohydrates differences and potential source of dietary fiber of onion (*Allium cepa* L.) tissues, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 122–128.
- Javidipour, I., Vural, H., Özboy-Özbaş, Ö. ve Tekin, A., 2005. Effects of interesterified vegetable oils and sugarbeet fiber on the quality of Turkish-type salami, *International Journal of Food Science and Technology*, 40, 177-185.
- Kılıcı, M., 2019. Balkabağı lifi ve şeker pancarı lifi ilavesinin eriştinin bazı kalite özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Köksel, H. ve Özboy, Ö., 1999. Effects of sugar beet fiber on cookie quality, *Zuckerindustrie/ Sugar Industry*, 124, 542-544.

- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A. ve Karacan, H.D., 2000. Hububat Laboratuvarı El Kitabı, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No: 47, Ankara.
- Kundu, H., Grewal, R.B., Goyal, A., Upadhyay, N. ve Prakash, S., 2014. Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour, *Journal of Food Science and Technology*, 51,10, 2600-7.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc. N. ve Biliaderis, C. G., 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations, *Journal of Food Engineering*, 79, 1033-1047.
- Lee, B., 1988. Process for cleaning sugar beet pulp, US Patent, 4, 770- 886.
- MEB., 2013. Gıda teknolojisi un ve unlu mamullerdeki analizler. s. 37-45.
- Meral, H. ve Karaoğlu, M.M., 2020. The effect of the stale bread flour addition on flour and bread quality, *International Journal of Food Engineering*, 1-9.
- Michel, P., Thibault, J.F., Barry, J.L. ve DeBaynast, R., 1988. Preparation and characterisation of dietary fibre from sugar beet pulp, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 42, 77–85.
- Michel. P., Thibault, J.F. ve Pruvost, G., 1985. French Patent, 85, 167.
- Minarovičová, L., Lauková, M., Kohajdová, Z., Karovičová, J., Dobrovická, D. ve Kuchtová, V., 2018. Qualitative properties of pasta enriched with celery root and sugar beet by-products, *Czech Journal of Food Sciences*, 36, 1, 66–72.
- Mišan, A., Sakač, M., Medić, D., Tadić, V., Marković, G., Gyura, J., Pagano, E., Izzo, A.A., Borrelli, F., Šarić, B., Milovanović, I. ve Milić, N., 2016. Antioxidant and physicochemical properties of hydrogen peroxide-treated sugar beet dietary fibre, *Phytotherapy Research*, 30, 855–860.
- Miyazaki, M., Maeda, T. ve Morita, N., 2004. Effects of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities, *Food Research International*, 37, 59-65.
- Mokrzycki, W. S. ve Tatol, M., 2011. Colour difference ΔE - a survey. *Machine Graphics and Vision*, 20, 4, 383–411.
- Mudgil, D., Barak S., Patel, A. ve Shah, N., 2018. Partially hydrolyzed guar gum as a potential prebiotic source, *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 207- 210.
- Mudgil, D., Barak, S. ve Khatkar, B.S., 2012. X-ray diffraction, IR spectroscopy and thermal characterization of partially hydrolyzed guar gum, *International Journal of Biological Macromolecules*, 50, 1035-1039.

- Mudgil, D., Barak, S. ve Khatkar, B.S., 2014. Guar gum: processing, properties and food applications—A Review, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 3, 409–418.
- Nussinovitch, A., 1997. *Hydrocolloid Applications: Gum technology in the food and other industries*, Blackie Academic and Professional, London, 134-137.
- Oikonomou, N. A., Bakalis, S., Rahman, M. S. ve Krokida, M. K., 2015. Gluten index for wheat products: main variables in affecting the value and nonlinear regression model, *International Journal of Food Properties*, 18.
- Overton, P.D., Furlonger, N., Beety, J.M., Chakraborty, J., Tredger, J.A. ve Morgan, L.M., 1994. The effects of dietary sugar-beet fibre and guar gum on lipid metabolism in Wistar rats, *British Journal of Nutrition* 72: 385-395.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 1997a. Comparison of the effects of two wheat cultivars on the quality of high fiber bran-cookies, *Gıda*, 22,1, 9-14.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 1997b. Unexpected strengthening effects of a coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality, *Journal of Cereal Science*, 25, 77-82.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 1999. Utilization of sugar beet fiber in the production of “high fiber bread”, *Zuckerindustrie/Sugar Industry*, 124, 9, 712-715.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 2000a. Effects of sugar beet fiber on spaghetti quality. *Zuckerind.*, 125, 248-250.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 2000b. Effects of sugar beet fiber on the quality and dietary fiber content of extrusion products, *Zuckerindustrie/ Sugar Industry*, 125, 903-905.
- Özboy-Özbaş, Ö., Hançer, A. ve Gökbulut, İ., 2010. Utilization of sugar beet fiber and brewers’ spent grain in the production of tarhana, *Sugar Industry/Zuckerindustrie*, 135, 8, 496-501.
- Özboy-Özbaş, Ö., Vural, H. ve Javidipour, I., 2003. Effects of sugar beet fiber on the quality of frankfurters, *Zuckerind.* 128, 171-175.
- Öztürk, S., Özboy-Özbaş, Ö., Javidipour, I. ve Köksel, H., 2008. Utilization of sugarbeet fiber and zero-trans interesterified and non-interesterified shortenings in cookie production, *Sugar Industry/Zuckerindustrie*, 133, 11, 704-709.
- Palou, E., López-Malo, A., Barbosa-Cánovas, G. V., Welti-Chanes, J. ve Swanson, B. G., 1999. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree, *Journal of Food Science*, 64, 42–45.
- Pomeranz, Y., Shogren, M.D., Finney, K.F. ve Bechtel, U.S., 1977. Fiber in breadmaking-effects on functional properties, *Cereal Chemistry*, 54, 1, 25-41.

- Prbaharan, M., 2011. Prospective of guar gum and its derivatives as controlled drug delivery systems, *International Journal of Biological Macromolecules*, 49, 117-124.
- Ranhotra, G., Gelroth, J., Astroth, K. ve Posner, E., 1990. Distribution of total and soluble fiber in various millstreams of wheat, *Journal of Food Science*, 55, 5, 1349-1351.
- Rao, M.S., Chawla, K.S.P. ve Sharma, A., 2010. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties, *Carbohydrate Polymers*, 82, 1243-1247.
- Ribotta, P. D., Leon, A. E. ve Anon, M. C., 2001. Effect of Freezing and Frozen Storage of Doughs on Bread Quality, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 913-918.
- Ribotta, P. D., Perez, G. T., Leon, A. E. ve Anon, M. C., 2004. Effect of emulsifiers and guar gum on microstructural, rheological and baking performance of frozen bread dough, *Food Hydrocolloids*, 18, 305-313.
- Roberts, K.T., 2011. The physiological and rheological effects of foods supplemented with guar gum, *Food Research International*, 44, 1109-1114.
- Rodge, A.B., Sonkamble, S.M., Salve, R.V. ve Syed Imran Hashmi, 2012. Effect of hydrocolloid (guar gum) incorporation on the quality characteristics of bread, *Journal of Food Processing & Technology*, 3, 2, 2157-2170.
- Rosell, C. M., Rojas, J.A. ve Barber, C. B., 2001. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality, *Food Hydrocolloids*, 15, 75-81.
- Rosell, CM., Santos, E. ve Collar, C., 2006. Mixing properties of fiber enriched wheat bread doughs: a response surface methodology study, *European Food Research and Technology*, 223, 333-340.
- Sahraiyani, B., Naghipour, F., Karimi, M. ve Davoodii, M.G., 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread, *Food Hydrocolloids*, 30, 698-703.
- Sakač, M.B., Gyura, J.F., Mišan, A.C., Šereš, Z.I., Pajin, B.S. ve Šoronja-Simović, D.M., 2011. Antioxidant activity of cookies supplemented with sugarbeet dietary fiber, *Sugar Industry*, 136, 151-157.
- Sandström, B., Davidsson, L., Kivistö, B., Hasselblad, C. ve Cederblad, A., 1987. Effect of vegetables and beet fibre on the absorption of zinc in humans from composite meals, *British Journal of Nutrition*, 58, 49-57.
- Saraswathi, R. ve Sahul Hameed, R., 2018, Farinograph as a rheological tool to predict the quality characteristics for blend of wheat with pulse flour, *International Journal of Advances in Agricultural Science and Technology*, 5, 8, 146-153.

- Schiraldi, A., Piazza, L., Brenna, O. ve Vittadini, E., 1996. Structure and properties of bread dough and crumb: calorimetric, rheological and mechanical investigations on the effects produced by hydrocolloids, pentosans and soluble proteins, *Journal of Thermal Analysis*, 47, 5, 1339–1360.
- Šereš, Z., Gyura, J., Filipović, N. ve Šoronja Simović, D., 2005. Application of decolourization on sugar beet pulp in bread product, *European Food Research and Technology*, 221, 54-60.
- Shalini, K. G. ve Laxmi, A., 2007. Influence of additives on rheological characteristics of whole-wheat dough and quality of chapatti (Indian unleavened flat bread) Part I—hydrocolloids, *Food Hydrocolloids*, 21, 110-117.
- Shokrollahi, F. ve Taghizadeh, M., 2016. Date seed as a new source of dietary fiber: physicochemical and baking properties, *International Food Research Journal*, 23, 6, 2419-2425.
- Shortridge, P. G., Harris P. J., Bradshaw D. J. ve Koopal L. K., 2000. The Effect of chemical composition and molecular weight of polysaccharide depressants on the flotation of talc”, *International Journal of Mineral Processing*, 59, 215-224.
- Sidhu, J.S., Al-Hooti, S.N. ve Al-Saqer, J.M., 1999. Effect of adding wheat bran and germ fractions on the chemical composition of high-fiber toast bread, *Food Chemistry*, 67, 4, 365-371.
- Skendi, A., Biliaderis, C.G., Papageorgiou, M. ve Izydorczyk, M.S., 2009. Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties, *Food Chemistry*, 199, 3, 1159–1167.
- Šoronja Simović, D., Filipović, N., Šereš, Z., Gyura, J., Jokić, A. ve Pajin, B., 2010. Optimization of the formula of bread enriched with sugar beet fibres, *Acta Alimentaria*, 39, 4, 488–497.
- Šoronja Simović, D., Maravić, N., Šereš, Z., Mišan, A., Pajin, B., Jevrić, L.R., Podunavac-Kuzmanović, S.O. ve Kovac'ević, S.Z., 2017. Antioxidant capacity of cookies with non-modified and modified sugar beet fibers: chemometric and statistical analysis, *European Food Research and Technology*, 243, 239–246.
- Šoronja-Simović, D., Smole-Možina, S., Raspor, P., Maravić, N., Zahorec, J., Luskar, L. ve Šereš, Z., 2016. Carob flour and sugar beet fiber as functional additives in bread, *Acta Periodica Technologica*, 47, 83–93.
- Šoronja-Simović, D., Zahorec, J., Šereš, Z., Maravić, N., Možina, S.S., Luskar, L. ve Luković, J., 2021a. Challenges in determination of rheological properties of wheat dough supplemented with industrial by-products: carob pod flour and

- sugar beet fibers, *Journal of Food Measurement and Characterization* 15, 914–922.
- Šoronja-Simović, D., Zahorec, J., Šereš, Z., Griz, A., N., Sterniša, M. ve Možina, S.S., 2021b. The food industry by-products in bread making: single and combined effect of carob pod flour, sugar beet fibers and molasses on dough rheology, quality and food safety. *Association of Food Scientists & Technologists (India)*. 13197-021-05152.
- Soumya, R.S., Ghosh, S. ve Abraham, E.T., 2010. Preparation and characterization of guar gum nanoparticles, *International Journal of Biological Macromolecules*, 46, 267-269.
- Sungur, B. ve Ercan, R., 2003. Tam buğday unu ekmeklerinde suda çözünebilir gamların kullanım olanakları, *Gıda*, 28, 5, 453-460.
- Sungur, B., 2018. Ekmek yapımında hidrokolloidlerin kullanılması, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6, 41-53.
- Thibault, J.F., Renard, C. ve Guillon, F., 2001. Sugar beet pulp-production, composition, physicochemical properties, psysicological effects, safety and food applications, *Institut National de la Recherche Agronomique*, CRC Press, Nantes, France.
- Tian, B., Zhou, C., Li, D., Pei, J., Guo, A., Liu, S. ve Li, H., 2021. Monitoring the effects of hemicellulase on the different proofing stages of wheat aleurone-rich bread dough and bread quality, *Foods*, 10, 2427.
- Thombare, N., Jha, U., Mishra, S. ve Siddiqui, M.Z., 2016. Guar gum as a promising starting material for diverse applications: A review, *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 361-372.
- Tjebbes, J., 1988. In: Clarke MA, Godshall MA (eds) *Chemistry and processing of sugar beet and sugarcane*, Elsevier Science Publishers, 139–145.
- Torbica, A., Blažek, K.M., Belović, M., Hajnal, E.J., 2019. Quality prediction of bread made from composite flours using different parameters of empirical rheology, *Journal of Cereal Science*, 89, 102812.
- Torres, M.D., Hallmark, B. ve Wilson, D.I., 2014. Effect of concentration on shear and extensional rheology of guar gum solutions, *Food Hydrocolloids*, 40, 85-95.
- Tredger, J. A., Morgan, L. M., Travis, J. ve Marks, V., 1991. The effects of guar gum, sugar beet fibre and wheat bran supplementation on serum lipoprotein levels in normocholesterolaemic volunteers, *Journal of Human Nutrition and Dietetics* 4, 375-384.
- Ünal, S. ve Boyacıoğlu, M.H., 1984. Hamurun reolojik özellikleri. *Gıda/Food*. 9, 1, 13-20.

- Ünlü, M.U., 2017. Havuç lifi ve şeker pancarı lifinin tarhana kalitesine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Verdu, S., Barat, J.M. ve Grau, R. 2017. Improving bread-making processing phases of fibre-rich formulas using chia (*Salvia hispanica*) seed flour, LWT-Journal of Food Science and Technology, 84, 419-425.
- Vural, H., Javidipour, I. ve Özboy-Özbaş, Ö., 2004a. Effects of interesterified vegetable oils and sugarbeet fiber on the quality of frankfurters, Meat Science 67, 65-72.
- Vural, H., Özboy-Özbaş, Ö. ve Javidipour, I., 2004b. Utilization of sugar beet fiber in low-fat Turkish-type salami, Zuckerindustrie / Sugar Industry, 129, 4, 249-253.
- Wang, J., Rosell, C.M. ve De Barber, C.B., 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality, Food Chemistry, 79, 221–226.
- Weipert, D., 2007. Fundamentals of rheology and spectrometry. In: Popper L, Schafer W, Freund W (eds) Future of flour. Sosland Co, Kansas City, pp 117–146.
- Williams, E., Cozens, A., Smith, S., Gay, M., Theobald, T. ve Cole, J., 1994. UK Patent 2, 287- 636.
- Yiğit, V., 1988. Ekmeğin su aktivitesi ve ambalajlamadaki rolü, Gıda/ Food, 13, 5, 331-335.

EKLER

EK A: Değişik oranlarda F ve GG içeren ekmeklere ilişkin ekmek içi kesit görüntülerini birarada gösteren fotoğraf.



F: Fibrex, GG: Guar Gam

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Hamza CEYLAN

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Akdeniz Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, 2006-2011

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Gıda Mühendisliği A.B.D.,
2020-2024

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Çağlayanlar Un ve Yem San. Ltd. Şti- Kırşehir/ 2011-2013
2. Büyüközaslanlar Un ve Yem San. Ltd. Şti- Nevşehir/2014-2019
3. Türkşeker -Ankara/ 2022-2023
4. MEB -Kayseri/ 2023- Halen

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayınlanan Makaleler

Ceylan, H., Arıbaş, M. ve Özboy-Özbaş, Ö. 2023. Effects of Sugar Beet Fiber and Guar Gum on Dough Rheological Properties, Milling and Grain, 134, 7, 50-51.

Kongrelerde Sunulan Makaleler

Ceylan, H., Arıbaş, M. ve Özboy-Özbaş, Ö. 2023. Farklı Seviyelerde Fibrex ve Guar Gam ile Hazırlanan Hamurun Reolojik Özellikleri, 1.Uluslararası Uludağ Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Bursa, Kongre Kitabı, 41-42.