

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PATATES LİFİNİN KARAKTERİZASYONU VE GLUTENSİZ EKMEĞİN
TEKSTÜREL VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

UMAY SEVGİ VARDAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GIDA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. MUSTAFA TAHSİN YILMAZ**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PATATES LİFİNİN KARAKTERİZASYONU VE GLUTENSİZ EKMEĞİN
TEKSTÜREL VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Umay Sevgi VARDAR tarafından hazırlanan tez çalışması 14.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
Namık Kemal Üniversitesi

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ'a

Çalışmalarım süresince bana destek olan, yol gösteren ve cesaretlendiren Prof. Elana VITTADINI, Prof. Eleonora CARINI ve Dr. Elana CURTI'ye;

Tez çalışmam sırasında laboratuvarlarında çalışma imkânı sağlayan Università degli Studi di Parma, Scienze degli Alimenti'ye ve yardımlarını esirgemeyen, stresli zamanlarım sırasında bana koşulsuzca destek olan çalışma arkadaşlarım'a

Çalışmalarım ve eğitimim süresince benden maddi manevi emeklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Mayıs, 2017

Umay Sevgi VARDAR

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTIMA LİSTESİ.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
BÖLÜM 2	
LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1 Çölyak Hastalığı	5
2.1.1 Çölyak Hastalığının Tedavisi	5
2.1.2 Glutenin Ekmekteki Rolü ve Glutensiz Ekmek Formülasyonunun Geliştirilmesi	6
2.2 Hidrokolloidler	8
2.2.1 Guar Gam.....	10
2.2.2 Ksantan Gam.....	11
2.2.3 Karboksimetil Selüloz	11
2.2.4 Patates Lifi	12
2.3 Glutensiz Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar	13
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOD	21
3.1 Materyal.....	21

3.2	Metod	21	
3.2.1	Örneklerin Hazırlanması	21	
3.2.2	Solüsyonların Nem Miktarının Belirlenmesi	22	
3.2.3	Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi	22	
3.2.3.1	Steady Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi	22	
3.2.3.2	Dinamik Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi.....	23	
3.2.4	H ⁺ Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Analizi	23	
3.2.5	Glutensiz Ekmek Formülasyonu ve Üretimi	24	
3.2.6	Glutensiz Ekmeğin Nem İçeriğinin ve Su Aktivitesinin Belirlenmesi .	24	
3.2.7	Glutensiz Ekmeğin DSC Analizi	25	
3.2.8	Glutensiz Ekmeğin Renk Analizi.....	25	
3.2.9	Glutensiz Ekmeğin Hacminin Belirlenmesi	26	
3.2.10	Glutensiz Ekmeğin Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi.....	26	
3.2.11	Glutensiz Ekmeğin H ⁺ NMR Analizi.....	26	
3.2.12	İstatistiksel Analizler.....	27	
BÖLÜM 4			
BULGULAR VE TARTIŞMA.....			28
4.1	Solüsyonların Nem Miktarı	28	
4.2	Reolojik Özellikleri.....	28	
4.2.1	Steady Shear Akış Davranış Özellikleri.....	28	
4.2.2	Dinamik Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi	33	
4.3	Nükleer Manyetik Rezonans (NMR)	36	
4.4	Glutensiz Ekmeğin Nem Miktarının ve Su Aktivitesinin Belirlenmesi.....	39	
4.5	Glutensiz Ekmeğin DSC Analizi.....	40	
4.6	Glutensiz Ekmeğin Renk Analizi	41	
4.7	Glutensiz Ekmeğin Hacminin Belirlenmesi	42	
4.8	Glutensiz Ekmeğin Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi.....	42	
4.9	Glutensiz Ekmeğin H ⁺ NMR Analizi.....	45	
BÖLÜM 5			
SONUÇ VE ÖNERİLER			52
KAYNAKLAR.....			55
EK-A			
NMR			667
ÖZGEÇMİŞ			69

SİMGE LİSTESİ

τ	Kayma gerilimi (σ)
τ_0	Akma gerilimi (σ_0)
γ	Kayma hızı ($\dot{\gamma}$)
η	Görünür viskozite
K	Kıvam katsayısı
n	Akış davranış indeksi
η^*	Kompleks viskozite
R^2	Regrasyon katsayısı
ω	Açısal Hız
G'	Elastik modül
G''	Viskoz modül
G^*	Kompleks modül
K'	Power law modele göre hesaplanan elastik modülüs
K''	Power law modele göre hesaplanan viskoz modülüs
D	Difüzyon katsayısı (^1H self diffusion coefficient)
L	Açıklık (Lightness)
a	Kırmızılık/Yeşillik ölçütü
b	Sarılık/Mavilik ölçütü
y_0	FID (serbest indüklenme gecikmesi)bozunma ofseti
A	Her gevşeme bileşeninin yoğunlukları
B	Her gevşeme bileşeninin yoğunlukları
T_A	Görünür gevşeme süresi
T_B	Görünür gevşeme süresi
T_2	Transverse gevşeme

KISALTMA LİSTESİ

CAC	Uluslararası gıda kodeksi
CMC	Karboksimetil selüloz
DL	Diyet lifi
DSC	Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
dk	Dakika
FID	Serbest indüklenme gecikmesi (Free induction decay)
FW	Donmuş su (Frozen water)
g	Gram
GG	Guar gam
HPMC	Hidroksipropil metil selüloz
Hz	Hertz
KG	Ksantan gam
MHz	Megahertz
mm	Milimetre
NMR	Nükleer manyetik rezonans
Pa	Paskal
PL	Patates lifi
s	Saniye
T	Sıcaklık

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1	GG (◆), CMC (■), KG (▲) ve PL (x)' nin konsantrasyonlara göre (%0.5 (A), %1 (B), %1.5 (C), %2 (D), %2.5 (E), %3 (F)) kayma hızı (kayma hızı)'e karşı kayma gerilimi (kayma gerilimi) grafikleri	29
Şekil 4.2	Guar gam (A), karboksimetil selüloz (B), ksantan gam (C) ve patates lifi (D) hidrokolloidlerin tiplerine göre shear rate'e karşı shaer stress grafikleri (%0.5 (●), %1(x), %1.5(x) , %2(▲), %2.5(■), %3(◆))	30
Şekil 4.3	Guar gam(A), karboksimetil selüloz (B), ksantan gam (C) ve patates lifi (D) solüsyonlarının açılmal hızla karşılık G' ve G'' grafikleri (%0.5 (◆), %1(■), %1.5(-), %2(+), %2.5(x), %3(▲))	34
Şekil 4.4	Patates lifi ve diğler hidrokolloidlerin K, K' ve K'' değerlerine karşılık D değerlerinin grafikleri.....	38
Şekil 4.5	Glutensiz ekmek örneklerinin ¹ H FID grafiği.....	46
Şekil 4.6	Kontrol (STD) ve patates lifi (PL1, PL2, PL3) ilaveli örneklerin ¹ H T ₂ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği	49
Şekil 4.7	Kontrol (STD) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) ilaveli örneklerin ¹ H T ₂ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği.....	50
Şekil 4.8	KG1 ve PL1 örneklerinin ¹ H T ₂ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği.....	50
Şekil 4.9	KG2 ve PL2 örneklerinin ¹ H T ₂ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği.....	51
Şekil 4.10	KG3 ve PL3 örneklerinin ¹ H T ₂ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği.....	51
Şekil A.1	Kontrol (STD) ve patates lifi (PL1, PL2, PL3) ilaveli glutensiz ekmek örneklerini ¹ H FID grafiği	67
Şekil A.2	Kontrol (STD) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) ilaveli glutensiz ekmek örneklerinin ¹ H FID grafiği.....	68

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Hidrokolloid solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan pH, sıcaklık ve süre değerleri (Guar gum (GG), karboksimetil selüloz (CMC) ve ksantan gum (KG) ve patates lifi (PL)).....	22
Çizelge 3.2 Glutensiz ekmek % bileşenleri	24
Çizelge 4.1 Patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve xanthan gam (KG) solüsyonlarının ile Herschel-Bulkley modele göre belirlenen determinasyon katsayısı (R ²), akma gerilimi, kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri	32
Çizelge 4.2 Patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve xanthan gam (KG) solüsyonlarının ile Power Law modele göre belirlenen parametreler 35	35
Çizelge 4.3 Farklı konsantrasyonlardaki Patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve ksantan gam (KG) solüsyonlarının difüzyon katsayıları (D, ¹ H self diffusion coefficient)	37
Çizelge 4.4 Glutensiz ekmek örneklerinin su aktivitesi, nem içeriği ve termal analiz değerleri	39
Çizelge 4.5 Glutensiz ekmek örneklerinin L, a ve b değerleri	41
Çizelge 4.6 Glutensiz ekmek örneklerinin Hacim, Sertlik, Yapışkanlık ve Elastikiyet değerleri	43
Çizelge 4.7 Farklı oranlarda patates lifi (PL1, PL2, PL3) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) içeren glutensiz ekmek örneklerinin D değerleri	45

**PATATES LİFİNİN KARAKTERİZASYONU VE GLUTENSİZ EKMEĞİN
TEKSTÜREL VE TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Umay Sevgi VARDAR

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ

Çölyak hastalığı, genetik olarak duyarlı bireylerin gluten tüketmesi ile tetiklenen otoimmün bir entropidir. Günümüzde tek güvenli ve etkili tedavi, glutensiz bir diyetin ömür boyu sürdürülebilmesidir.

Glutensiz pişmiş ürünlerde kolayca ufalanan tekstür, zayıf renk ve diğer kalite kusurları görülmektedir. Bu çalışmanın amacı; patates lifi ile ksantan gamın glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılarak, son üründe istenen fizikokimyasal, tekstürel ve moleküler özelliklerin sağlanmasıdır.

Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki patates lifi solüsyonlarının fizikokimyasal, moleküler ve reolojik özellikleri belirlenerek farklı hidrokolloidler (guar gam (GG), karboksimetil selüloz (CMC) ve ksantan gam (KG)) ile karşılaştırılmıştır. Ardından patates lifi ve ksantan gam farklı oranlarda glutensiz ekmek formülasyonlarında kullanılmıştır. Glutensiz ekmek örneklerinin fizikokimyasal, moleküler ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir.

Solüsyonlarda ki hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça nem miktarı azalmıştır. Reolojik analizler gerçekleştirmek amacıyla örneklere steady ve frekans tarama testleri uygulanmıştır. Steady analizi sonuçlarının belirlenmesinde Herschel Bulckley, frekans

tarama analiz sonuçlarının belirlenmesinde ise Power-Law Model kullanılmıştır. Patates lifi solüsyonları her konsantrasyon için en düşük viskozite ve akma gerilimine sahip olarak bulunmuştur. Viskoelastik özelliklerine göre ise patates lifi solüsyonları her konsantrasyon için elastik özellik göstermiştir. Bütün örnekler için artan konsantrasyonla beraber D değerinde istatistiksel olarak önemli derecede düşüş gözlenmiştir. %3 konsantrasyonlu PL en yüksek D değerine sahipken onu GG, KG ve CMC takip etmiştir.

Patates lifi ilaveli glutensiz ekmek örnekleri ksantan gam ilaveli olanlara göre daha düşük nem içeriğine sahip olarak bulunmuştur. Ekmek içi su aktivitesi değerleri arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir. Formülasyonlardaki hidrokolloid oranı arttıkça donmuş su (FW) ve L değeri artmıştır. Ayrıca hacimde; ksantan gam ilavesiyle azalma olurken patates lifi ilavesi ile hacim değerleri üzerinde istatistiksel olarak fark oluşmamıştır. Patates lifi ve ksantan gam ilavesi glutensiz ekmek örneklerinin ekmek içi sertliğini arttırmıştır. Yapışkanlık; kontrol örneğine kıyasla azalma göstermiştir. Ayrıca lif ve gam ilavesiyle elastikiyet'te azalma olmuştur. Moleküler hareketlilik karakterizasyonu ise ^1H FID NMR deneyleri ve ^1H T₂ gevşeme zaman dağılımına göre yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ^1H NMR, moleküler hareketlilik, patates lifi, glutensiz ekmek, reoloji

**CHARACTERISATION OF POTATO FIBER AND ITS EFFECT ON TEXTURAL
AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GLUTEN FREE BREAD**

Umay Sevgi VARDAR

Department of Food Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Mustafa Tahsin YILMAZ

Celiac disease is an autoimmune enteropathy triggered by the ingestion of gluten. Safe and effective treatment for celiac disease patients is a lifelong adherence to a gluten-free diet.

Easily crumbly textured, poor color and other quality defects are seen in gluten-free baked food. The aim of the present work is to provide the desired physicochemical, textural and molecular properties of gluten-free bread with the help of potato fibre (PL) and xanthan gum (KG).

In this study, physicochemical, rheological and molecular properties of the potato fiber at different concentration were determined and compared with other hydrocolloids (guar gum (GG), carboxymethyl cellulose (CMC), xanthan gum). Afterwards, potato fibre and xanthan gum at different concentration were used in gluten-free bread formulations. Physicochemical, molecular and textural properties of gluten-free bread samples were determined.

With increasing concentration of hydrocolloids in the solutions, MC decreased.

On the purpose of carrying out the rheological analysis, steady and frequency sweep test were applied. Herschel Bulckley and Power-law model were applied to determine steady and frequency test, respectively.

Potato fiber solutions were found to have least viscosity and yield stress value than the others at all concentrations. When analyzed viscoelastic properties of potato fiber, all of the concentrations dominated their elastic-like behaviour.

According to ^1H NMR analysis results, a statistically significant decrease in D value was observed with increasing concentration for all samples. PF (3%) has highest D value, followed by GG, XG and CMC.

Gluten-free bread samples with potato fiber were found to have statistically lower moisture content than gluten-free bread with xanthan gums. There was no statistical difference between the water activities of the breads. As the hydrocolloid ratio in the formulations increases, frozen water (FW, frozen water) and L value increase.

There was no statistical difference in volume with potato fiber addition. However addition of xanthan gum decreased the bread volume. All gluten-free bread samples with hydrocolloids were found to have harder structure than the control sample.

The cohesiveness is reduced compared to the control example. In addition, the addition of fiber and gum reduced elasticity.

The molecular mobility characterization was based on ^1H FID NMR experiments and ^1H T_2 relaxation time distribution.

Keywords: ^1H NMR, molecular mobility, potato fiber, gluten-free bread, rheology

1.1 Literatür Özeti

Çölyak hastalığı (celiac disease), glutene karşı hassasiyet nedeniyle bağırsaklardaki doğal yapının bozulması sonucu ortaya çıkan bir emilim bozukluğudur [1], [2], [3], [4]. Çölyak hastalığının genel belirtileri kronik ishal ve karında şişliktir. Küçük çocuklarda kusma, ishal, karın şişliği, iştahsızlık, kilo alamama ve boy uzamasında yavaşlama gibi belirtilerle ortaya çıkabildiği gibi ileri yaşlarda kansızlık, boy kısalığı, kemik zayıflığı ve karaciğer hastalığı gibi çok değişik belirtilerle de kendini gösterebilmektedir. Çölyak hastalarında demir, folik asit, kalsiyum, mineral ve B12 vitamini eksikliği görülebilmekte ve kemik yoğunluğu azalmaktadır [5], [6]. Çölyak tedavisi, gluteni içeren tahılların diyetten ömür boyu çıkarılmasına dayanmaktadır [7], [8], [9]. Diyetle gluten ve gluten benzeri proteinleri içeren buğday, çavdar, arpa gibi tahılların tüketimi güvenli sayılmaz, ancak mısır ve pirinç gibi tahıllar, karabuğday ve kinoa gibi tahıl benzerleri, nohut, mercimek gibi baklagiller güvenilir hammaddeler arasında yer almaktadır [10]. Gluten; protein yapısında ve %65 su içeriğine sahip, undan nişasta ve küçük bileşenleri yıkanarak uzaklaştırılması ile ayrılabilen bir bileşendir. Kuru temelde; %75-86 oranında proteinden oluşur, protein olmayan kısmını ise gluten-protein matriksi içinde tutulan karbonhidrat ve lipitler oluşturmaktadır. Buğdayın yapısında bir depo proteini olarak yer alan gluten; glutenin ve gliadin protein fraksiyonlarından oluşur. Gluten, ekmekçilik teknolojisinde hamurun istenen viskoelastik özelliklerinin sağlanmasından ve gaz tutabilmesinden sorumludur. Birçok fırıncılık ürününün görünüşüne ve iç yapısına katkıda bulunur [11]. Glutenin uzaklaştırılması, pişmemiş ekmeğin oluşumunda normal

hamurdan daha sıvı bir hamur oluşumu, pişmiş üründe ise kolayca ufalanan tekstür, zayıf renk ve diğer kalite kusurlarına sebep olur [5].

Hidrokolloidler su içerisinde viskoz dispersiyonlar ya da jel oluşturma özelliğine sahip uzun zincirli heterojen polimerlerdir [12], [13]. Bu terim; bitkilerden ekstrakte edilen polisakkaritleri (selüloz), tohumları (guar gam) ayrıca mikrobiyal kaynaklardan (ksantan gam), bitki eksüdalarından, kimyasal ve enzimatik şekilde elde edilen gam formlarını kapsamaktadır.

Hidrokolloidler; gıdaların fonksiyonel özelliklerini kontrol etmek amacıyla gıda endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmaktadırlar [14]. Hidrokolloidlerin yaygın olarak kullanım nedeni olan özellikleri genellikle; gıda dokusunu ve viskoelastik özelliklerini geliştirmeleri [15], [16]; nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmaları [17]; su bağlayıcıları olarak hareket etmeleri; yağ ikame maddeleri olarak işlev görmeleri; depolama esnasında ürünlerin genel kalitesini arttırmaları ve glutensiz ekmeklerin oluşumunda gluten ikameleri olarak da işlev görmelerinden kaynaklanmaktadır [18], [19], [20].

Hidrokolloidlerin karakterizasyonu reolojik, yapısal, mikroskopik ve moleküler yaklaşımlar içerebilir. Reolojik karakterizasyon ürünün dokusal özellikleri ve tüketici kabulüyle doğrudan ilişkili olduğu için bunların arasında en önemlisidir [12], [13].

Karboksimetil selüloz (CMC), suda çözünür negatif yüklü bir polisakarittir ve doğal selülozdan kimyasal modifikasyon ile üretilir. CMC emülsülfikasyon ve stabilize edici fonksiyonlarına ek olarak kalınlaşma kapasitesi, termoplastiklik, yüzey etkinliği, film oluşturma yeteneği sağlayan amfipatik anhidrus glikopiranoz ve hidrofilik CM ünitelerine sahiptir [21], [22], [23], [24]. Guar gam (GG) bir baklagilin tohumlarının öğütülmüş endospermidir. % 75-85 polisakarit, % 5-6 protein, % 8-14 nem ve diğer bileşenleri içerir. Nötr bir polisakarittir ve bu nedenle, çözeltileri, iyonlar veya pH'dan az etkilenir. Belirli bir konsantrasyonda tüm hidrokolloidlerin en yüksek viskozitelerini üretebilir. Ticari olarak ksantan gamları olarak bilinen ksantanlar (KG), sıcaklık, pH veya tuz konsantrasyonundaki değişikliklerden etkilenmeyen yüksek viskoziteli, psödoplastik çözeltiler oluştururlar [25].

Lifle zenginleştirilen gıdaların geliştirilmesine olan ilgi, liflerin sağlık üzerine olan yararları ortaya çıktıkça artmaktadır. Patates lifinin; diyet lifi ile benzer fizyolojik

özellikleri ve sağlık yararları olduğu düşünülmektedir. Diyet lifi (DL) insan diyetinde çok önemli bir rol oynamaktadır. DL, sindirilemez selüloz, hemiselüloz, lignin ve müsilağdan oluşmaktadır [26]. DL'nin sağlık ve beslenme konusundaki yararlı rolü, kardiyovasküler hastalıkları, belirli kanser türleri ve kabızlık gibi kronik hastalıkların azaltması ile ilişkilidir [27], [28]. Lifler, su tutma, jelleşme ve yapı yapımı gibi bir dizi teknolojik niteliklere sahiptir ve bu da doku modifikasyonuna ve üretim ve saklama sırasında gıdaların stabilitesinin artırılmasına neden olur [29]. Farklı gıda işleme türlerinden gelen yan ürünler DL kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Özellikle, meyve ve sebze işlenmesinden (örneğin, meyve suları, içecekler vb.) elde edilen yan ürünler liflerin yeni ve ekonomik kaynakları olarak dikkat çekmektedir. Patates endüstrisinde bir yan ürün olan patates kabuğunun lif açısından zengin ve yüksek su tutma kapasitesine sahip iyi bir kaynak olduğu farklı çalışmalarda bildirilmektedir [30], [31].

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı patates lifi ile ksantan gam, guar gam ve karboksimetil selüloz gibi endüstride yaygın olarak kullanılan hidrokolloidlerin difüzyon katsayıları ve reolojik özelliklerinin kıyaslanarak patates lifinin kullanım potansiyelini belirlemektir. Ayrıca patates lifi ile ksantan gamın glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılarak, son üründe istenen fizikokimyasal, tekstürel, moleküler ve termal özelliklerin sağlanmasıdır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmalar 5 aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu aşamalar;

1. Patates lifi ve diğer hidrokolloidlerin solüsyonlarının hazırlanması
2. Elde edilen her bir solüsyonun reolojik karakterizasyonunun yapılması ve difüzyon katsayısının ölçülmesi
3. Glutensiz ekmek formülasyonlarının patates lifi ve seçilen hidrokolloid ile hazırlanması
4. Örneklerin fizikokimyasal, reolojik ve termal özelliklerinin belirlenmesi
5. Sonuçların istatistiksel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi

şeklinde sıralanabilir.

1.3 Hipotez

Çölyak hastalığının tedavisi ancak hayat boyu glutensiz bir diyetle devam etmek ile mümkün olabilmektedir. Fırıncılık endüstrisinde gluten teknolojik öneme sahip bir bileşendir. Hamurun reolojik özellikleri ve gaz tutma özelliğinden sorumlu olmasının yanında genel tüketici kabul edilebilirliğinde etkilemektedir. Piyasada ki çoğu gluten içermeyen fırıncılık ürünlerinin tadı ve kalitesi istenilen düzeyde değildir. Mevcut ürünlerin kalitesinin iyileştirilebilmesi ve tüketilebilirliğinin artırılması için glutensiz ürünlerde istenen yapının sağlanması gerekmektedir. İstenen yapının sağlanması için glutenin yerini alacak bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda endüstrisinde çeşitli hidrokolloidlerden bu amaçla yararlanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında gıda endüstrisinin için önemli bir atık olan patates kabuğundan elde edilen patates lifi ve ksantan gum glutensiz ekmek formülasyonunda değerlendirilmiş olup, glutensiz ekmekte istenen fizyokimyasal, reolojik özelliklerin ve tüketici kabul edilebilirliğinin sağlanması için hidrokolloidlerin su tutma, jelleşme gibi teknolojik özelliklerinden yararlanılmıştır. Hidrokolloidlerin glutensiz ekmeğin fizyokimyasal, reolojik ve termal özelliklerine etkisi incelenmiştir.

2.1 Çölyak Hastalığı

Çölyak; dünya üzerinde en yaygın görülen yaşam boyu hastalıklarından biridir. Hastalık kendini kronik ishal, kilo kaybı gibi bir dizi semptomla belli edebileceği gibi sessiz olarak ilerleyebilir ve uzun vadede osteoporosis ya da kanser gibi komplikasyonlara neden olabilir [32]. Hastalık; yaşlılıkta görülebilmesine karşın tipik vakalar sıklıkla erken çocuklukta ortaya çıkar.

Geçmişte bu hastalığın daha çok Avrupalı çocukları etkilediği düşünölmekteydi. Ancak çölyak hastalığının; dünyanın birçok bölgesinde sık görülen yaşam boyu hastalıklardan biri olduğu yapılan çok sayıda çalışma ile kanıtlanmıştır. Tipik semptomlarının olmaması nedeniyle tanı konulmamış birçok hasta bulunmaktadır, bu hastalara ancak bazı hassas tayinler yapılarak tanı konulabilmektedir [33], [34], [35]. Çölyak hastalığı sadece gelişmiş ölkelerde değil, Kuzey Afrika [36], Orta Doğu [37] ve Hindistan [38] gibi gelişmekte olan ölkelerde giderek daha sık görülür olmuştur. Bu bozukluk birçok gelişmekte olan ölkelerde çocukluk çağı ölümlerine neden olmaktadır. Bu nedenle gün geçtikçe çölyak hastalığına karşı artan toplumsal bir ilgi söz konusudur [39] .

2.1.1 Çölyak Hastalığının Tedavisi

Çölyak hastalığının tedavisi ancak hayat boyu glutensiz bir diyetle devam etmekle mümkün olabilmektedir. Tedavi; gluten içeren tahılların diyetten ömür boyu çıkarılmasına dayanmaktadır [35].

Avrupa, Kuzey Amerika, Avustralya, Asya ve Kuzey Afrika gibi dünyanın birçok bölgesinde ekmek ve makarna gibi glutence zengin ürünler aynı zamanda temel besin öğeleridir. Gluten içeren bu öğeler günlük enerji alımına büyük katkı sağlamaktadırlar. Glutensiz diyetle başlamak ve devam ettirmek günlük hayata önemli etkileri olan değişiklikler yaparak mümkün olmaktadır. Diyet başlatmak, deneyimli doktorlar ve diyetisyenler tarafından ele alınması gereken kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir [35], [40]. Buğday, arpa ve çavdar türevlerinin tamamen diyetten çıkarılması gerekmektedir. Yulaf diyetten çıkarılan bir tahıl olmasına karşın, yapılan çalışmalardan birkaçı hariç yulafın klinik ve histolojik sorunlara yol açmadığı gösterilmiştir [41]. Ancak piyasada bulunan yulaflı ürünler gluten içeren tahıl ürünleri ile çarpaz bulaşıya maruz kalabilmektedir. Bu nedenle diyetle yer alması uygun görülmemektedir. Gluten içermeyen ve tüketilebilir olarak nitelenen tahıllar ise pirinç ve mısırdır. Sebzeler, salatalar, bakliyatlar, karabuğday, meyveler, fıstık, kırmızı et, balık, kümes hayvanları, peynir, yumurta ve süt gibi diğer doğal yiyecekler sınırlama olmadan yenilebilmektedir [35].

Gluten yokluğunu garanti eden, cazip ve lezzetli glutensiz ürünler geniş bir yelpazede, çölyak hastalığı olan hastalar için özel olarak üretilmektedir ve uluslararası kabul görmüş bir markayla etiketlenmektedir. Bununla beraber, "gizli gluten" ve gıda kontaminasyonu nedeniyle sıkı bir diyetin sağlanmasında zorluklar yaşanmaktadır [35].

Diyete başlayan semptomatik hastalarda çölyak enteropatisinin iyileşmesine paralel ilerleyici klinik iyileşme gözlenir. Gluten alımına devam eden hastalar ise kötü huylu tümör oluşumu, osteoporosis gibi hastalıkları içeren sağlık riskleriyle karşı karşıya kalabilmektedir [35].

2.1.2 Glutenin Ekmekteki Rolü ve Glutensiz Ekmek Formülasyonunun Geliştirilmesi

Gluten; buğday ununun yapısında bulunan bir proteindir ve unun ekmekçilik kalitesi üzerine önemli bir rol oynamaktadır. Hamura viskoelastisite sağlar, gaz tutma özelliği kazandırır ve son ürünün hacmini ve tekstürünü belirler [42], [43]. Gluten fırıncılık ürünlerinde istenen viskoelastik yapı için gerekli olan ağ yapısının sağlanmasında, esansiyel bir rol üstlenir ve istenen hacim ve yapının oluşması için gazın yapıda tutulmasına yardımcı olur. Gluten proteinleri, toplam buğday proteininin %80-85'ini

oluşturur ve buğdayın ana depolama proteini. Glutenin yaklaşık % 80'i protein (kuru bazda) ve % 8'i lipid olmakla beraber, geri kalan kısmı kül ve karbonhidrattan oluşmaktadır [11].

Gluten proteinleri su veya seyreltik tuz çözeltilerinde çözünmezler. Glutenin yapısında işlevsel olarak birbirinden farklı iki gluten protein grubu bulunur: monomerik gliadinler ve polimerik (ekstrakte edilebilir ve çekilemeyen) gluteninler [44]. Gliadinler ve gluteninler genellikle buğdayda eşit miktarda bulunurlar [20]. Glutenin sulu alkollerde çözünmezken, gliadin çözülebilir özelliktedir. Genel olarak, buğday ekmeği kalitesinin, gluten proteinlerinin varlığı ve özellikleri ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Gliadin fraksiyonunun buğday hamurunun viskoz özelliklerine ve hamur uzamasına katkıda bulunduğu bildirilmektedir [45], [46], [47]. Glutenin fraksiyonunun ise, hamura elastikiyet verdiği ve güçlenmesinde önemli bir rolü olduğu düşünülmektedir [20], [48], [49]. Hamurda bulunan gliadin ve glutenin nispi oranları hamurun fiziksel özelliklerini etkilemektedir [50].

Çölyak hastalığının tek tedavisi glutenin ömür boyu diyetten çıkarılmasıdır ancak birçok ticari ürün; buğday unu, gluten içeren buğday proteinleri, stabilize edici ajan veya işleme yardımcısı olarak eklenen gluten içeren nişastalar ile yapılır [35].

Ancak glutenin ekmek formülasyonunda çıkarılması sıvı hamur oluşumuna, zayıf kabuk rengine ve diğer kalite kusurlarına neden olur [42]. Piyasada bulunan glutensiz pişmiş ürünlerin birçoğu düşük kalitede olup kötü ağız-hissi ve lezzetine sahiptir [20].

Gluten proteininin işlevselliğinin ekmek kalitesinin merkezi olduğu birçok çalışmada belirtilmiştir [51]. Glutensiz ekmek üretiminde, ekmek hamurunda glutenin viskoelastik özelliklerini taklit eden polimerik maddelere ihtiyaç duyulur [18]. Glutenin benzersiz yapısı ve işlevsel özellikleri nedeniyle, ekmekçilikte bu özellikleri taklit eden alternatif maddeler bulmak teknolojik olarak son derece zorlayıcıdır [20]. Bahsi geçen sorunların fırıncılık ürünleri teknolojisini olumsuz yönde etkilemesi ve çeşitli zorluklar meydana getirmesi nedeniyle glutensiz pişmiş ürünlerin imalinde gluten için alternatiflerin araştırılmasına gündeme gelmiştir [20], [52].

Glutensiz tahıl temelli ürünlerin formülasyonu üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar; glutenin üründen ayrılması ile ortaya çıkan sorunların elemine edilmesine yöneliktir. Bu

çalışmalar glutensiz fırıncılık ürünlerinin kalitesinin geliştirilmesi için glutenin alternatifi olarak nişasta, süt ürünleri, gluten içermeyen proteinler ve prebiyotiklerin tek başına ya da kombine olarak kullanılmasını içermektedir. Bu katkı maddeleri ağırlıklı olarak pirinç unu, mısır unu, mısır nişastası, patates nişastası, manyok nişastası, soya unu, sorgum unu ve karabuğday unu gibi gluten içermeyen unlar ve / veya nişastalardır.

Ayrıca glutensiz ekmek üretiminde tekstürün geliştirilmesi, ağız hissi ve lezzetin artırılması için glutenin yerini alacak hidrokolloidler eklenmesi gerekmektedir [20], [42], [43], [53], [52], [54], [55], [56], [57], [58], [59], [60], [61], [62], [63].

Nişastaların metilselüloz ile birlikte kullanıldığı bir çalışmada, ekmek iç yapısı üzerine iyileşme gözlenmiştir. Kullanılan nişastanın türü bu çalışmada önem arz etmemiştir, zira sorgum, mısır, manyok ve patates nişastalarının kullanımıyla da benzer sonuçlar elde edilmiştir [64]. Bazı çalışmalarda, glutensiz ekmek yapımında manyok nişastası ve sorgum unu ile birlikte mısır nişastası kullanılmıştır [65], [66]. Bahsedilen nişastalar çok çeşitli özelliklere sahiptir ve bazı durumlarda glutensiz gıdaların üretiminde kullanımları yararlı olabilmektedir, ancak bu alanda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

2.2 Hidrokolloidler

Hidrokolloidler su içerisinde viskoz dispersiyon ya da jel oluşturma özelliğine sahip uzun zincirli heterojen polimerlerdir [12] [13]. Hidrokolloid olarak adlandırılmaları kolloidal yapıda olmaları ve hidrofilik kolloid özellikte olmalarından kaynaklanmaktadır. Hidrokolloidler farklı kaynaklardan elde edilebilirler ve arıtma işlemlerine tabii tutulurlar [67]. Hidrokolloidlerin pek çoğu molekül içinde birleşmiş olarak kalsiyum, potasyum ya da magnezyum bulunduran nötral veya anyonik kompleks ve dallanmış heteropolisakkaritlerin bir grubunu oluşturmaktadırlar [67], [68].

Gamlar ya da hidrokolloidler sıklıkla tekstür ve viskozite belirleyicisi olarak gıda endüstrisinde kullanılmaktadır [12], [25]. Yüksek oranda su absorblayarak polimerik ağlar oluşturabilir bu sayede gıdalara tekstürel özellikler kazandırır [21], [69], [70]. Bu davranışları sayesinde gıdaların duyu özelliklerinin modifiye edilmesinde kullanılırlar ve önemli katkı maddeleri olarak değerlendirilmektedirler [12], [13]. Bu fonksiyonel katkı maddeleri jelleştirici, kıvam arttırıcı, stabilize edici ve süspansiyon oluşturu,

yapı ve aroma geliştirici ve muhafaza edici olarak fırıncılık ve süt ürünlerinde, konserve gıdalar, salata sosları, içecekler, soslar, çorbalarda geniş çapta kullanılmaktadırlar [12], [67], [71], [72], [73].

Uluslararası gıda kodeksi tarafından yapılan gıda katkı maddeleri üzerine sınıflandırmada, gam adı altında bir sınıf oluşturulmamakla beraber bu katkı maddeleri bahsi geçen fonksiyonları doğrultusunda kalınlaştırıcılar ve jelleştirme ajanları olarak iki sınıf altında sınıflandırılmışlardır [67], [74].

Yaygın olarak kalınlaştırma işlevi nedeniyle kullanılan hidrokolloidler nişasta, ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, arabik gam ve selüloz türevleri olarak sayılabilir. Jelleştirici ajanlara örnek olarak ise aljinat, pektin, gellan, jelatin ve agar örnek verilebilmektedir. Kalınlaştırıcı ajanlar çorba ve salata sosları, jelleştirici olanlar ise reçel, marmelat gibi ürünlerde kullanılmaktadırlar [12], [13].

Bütün hidrokolloidler sulu sistemin kalınlaşmasına yol açabilir. Sodyum aljinat gibi bazı gamlar sulu sistemlerin koyulaştırıcısı olmalarına karşın, kalsiyum veya hidrojen iyonları varlığında jel oluştururlar. Jel oluşumu olmaksızın sulu sistemleri koyulaştıran hidrokolloidler, glutensiz ürünlerde yararlı olabilmektedir. Bu gibi hidrokolloidler arasında karboksimetil selüloz (CMC), guar gam (GG) ve propilen glikol aljinat bulunmaktadır. Ayrıca, ksantan gam veya keçiyoynuzu gamının kendiliğinden çözeltileri herhangi bir koşulda jel haline gelemezler [25].

Çoğu hidrokolloid, çeşitli viskozite derecelerinde bulunabilmektedirler. Kalınlaştırma hedefi olduğunda daha yüksek viskozite dereceleri kullanılır. Düşük viskoziteli olanlar ise, yüksek viskozite istenmeyen ancak yüksek katı konsantrasyonu istenen durumlarda kullanılır [25].

Hidrokolloidlerin karakterizasyonu reolojik, yapısal, mikroskopik ve moleküler yaklaşımlar içerebilir. Reolojik karakterizasyon bunların arasında ürünün dokusal özellikleri ve tüketici kabulüyle doğrudan ilişkili olduğu için en önemlisidir [12], [13]. Akış içeren her proseste hesaplamaların yapılması ve gıda proseslerinde akış koşullarının analiz edilebilmesi için reolojik datalara ihtiyaç duyulmaktadır. Konsantrasyon ve sıcaklık hidrokolloidlerin akış davranışları üzerinde önemli etkiye sahiptir [12], [75].

Kesme incilmesi (shear thinning) davranışı karıştırma, pompalama, çiğneme, yutkunma gibi uygulanan mekanik işlemler sonucu viskozitenin azaldığı davranış biçimidir. Psödoplastik akış anlık kesme inceltmesidir, yani bir kuvvet uygulandığında, çözelti / sistemin viskozitesi anlık olarak uygulanan kuvvetle orantılı olarak azaltılır ve kuvvet kısmen veya tamamen kaldırıldığında anında yükselir, oluşan viskozite kalan kuvvetin bir fonksiyonudur. Hidrokolloidlerle koyulaştırılmış sulu sistemler farklı akış davranışlarına sahip olsalar da çoğu kesme incilmesi özelliği gösterir [25].

Hidrokolloidler, fırıncılık endüstrisinde, ekmek yapım aşamalarında ve depolama süreçlerinde unlu sistemlerde gerçekleşen yapısal değişiklikleri doğrudan etkilediklerler. Bu nedenle önemleri ekmek güçlendirici katkı maddeleri olarak giderek artmaktadır [76]. Hidrokolloidler, nişastanın retrogradasyonunu, jeletinizasyonunu, parçalanmasını ve erimesini etkileyebilmektedir [77], [78]. Bu etkilerin hamurun reolojik davranışı ve hamur özelliklerini doğrudan etkilediği bilinmektedir [79], [67].

2.2.1 Guar Gam

Guar bitkisi tohumlarının öğütülmesiyle elde edilen guar gam, gıda ve endüstriyel saflıkta olmak üzere iki formda bulunmaktadır. Gıda saflığında olan guar gam, saf öğütülmüş bir endospermken, endüstriyel saflıkta olan bazı kimyasal katkıların kullanılması yoluyla üretilmektedir [67], [74]. Guar gam %75-85 polisakkarit, %5-6 protein, % 8-14 nem ve diğer bileşenleri içerir. Nötr bir polisakkarittir ve bu nedenle, çözeltileri, iyonlar veya pH'dan çok az etkilenir. Belirli bir konsantrasyonda tüm hidrokolloidlerin en yüksek viskozitelerini üretebilir ve daha yüksek viskozitelere neden olan agar, kappa karragenan ve ksantan gam ile sinerjik etki sergilemektedir [25]. Barbekü ve et soslarında ayrıca çeşitli salata soslarında faz ayırımını önlemek ve istenilen ağız tadını yakalamak amacıyla guar gam gıda sanayinde kullanım alanı bulmaktadır. Ketçap ve çeşnilerde viskoziteyi artırmak ve sinersizi önlemek için kullanılabilir [67], [80]. Unlu mamüller için ise kullanılacak kuru karışımlar hazırlanmasında, %0.15 oranında guar gam ve keçiyoynuzu gamı ilavesinin, hem karıştırma işlemi hem de ürünün özellikleri geliştirdiği bilinmektedir. Guar gamın kuru keke, pandispanyaya, bisküviye ve pizza karışımlarına ilavesi edilmesi durumunda, karıştırma süresinde azalma, karışım homojenitesinde artış, depolama sırasında

üründeki nem kaybında azalma görülmektedir [67]. Glutensiz ekmek üretiminde su bağlayıcı olarak kullanılması çalışmalara konu olmakla beraber diğer galaktomannanlardan daha düşük su bağlama kabiliyeti olduğu tespit edilmiştir [25], [81]. Bir çalışmada farklı hidrokolloidler (bir tanesi guar gam) glutensiz ekmek üretiminde kullanılmış ve hidrokolloid konsantrasyonunun %1 aşması durumunda ekmek kalitesinin düştüğü belirlenmiştir [25], [82].

2.2.2 Ksantan Gam

Ksantan gam; KG mikrobiyal bir fermantasyon gamıdır. Gıda endüstrisinde birçok alanda, gıda katkısı olarak onaylanmasının ardından, düşük konsantrasyonlarda bile depolama dayanıklılığını ve su bağlama kapasitesini artırması ayrıca ürüne estetik bir görünüm kazandırması gibi nedenlerle kullanılmaktadır [67], [83]. Ticari olarak ksantan gamları (KG) olarak bilinen ksantanlar, sıcaklık, pH veya tuz konsantrasyonundaki değişikliklerden etkilenmeyen yüksek viskoziteli, psödoplastik çözeltiler oluştururlar. Ksantan jelleşmeyen bir hidrokolloiddir, ancak agaroz, κ -karagenan veya keçiyoynuzu gamı ile kombine olarak kullanıldığında jel oluşturmaktadır [25]. Özellikle fırıncılık ürünlerinde, yoğurma ve şekil verme sırasında ksantan gamın akış özelliği, büyük önem taşımaktadır. Ksantan gam varlığı yoğurma sırasında topaklaşma önlenmekte ve hamur homojenitesi geliştirilmektedir. Ayrıca bunun bir sonucu olarak ürünün hacmi artarken, pişmiş ürünlerin gözenek yapısı da üniform (tekdüze) hale gelmektedir [67], [74]. Patates nişastası ve / veya pirinç unu, ksantan ve diğer katkı maddeleri ile yapılan glutensiz bir ekmek formülasyonu geliştirilmiştir [25], [84]. Hidrokolloidler (bir tanesi KG) kullanılarak glutensiz ürünler üretmek üzerine yapılan bir çalışmada ise ekmeğin kalitesinin %1'den fazla hidrokolloid ilavesi ile azaldığı saptanmıştır [25], [81].

2.2.3 Karboksimetil Selüloz

Genellikle CMC olarak isimlendirilen karboksimetil selüloz; gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılan anyonik bir selüloz türevidir [67], [85], [86], [87]. CMC ailesi sodyum tuzu formundaki karboksimetil eter grubunu (-O-CH₂-COO-Na⁺) içerir. Koyulaştırma fonksiyonu vardır, jel oluşturamazlar. Su tutma kapasiteleri yüksektir. Çoğu CMC çözeltisi psödoplastik özellik gösterirken bazı türleri tiksotropik özellikler

gösterebilmektedir [25]. CMC sıklıkla kıvam arttırıcı olarak kullanılan bir hidrokolloiddir. CMC, suda çözünür negatif yüklü bir polisakarittir ve doğal selülozdan kimyasal modifikasyon ile üretilir. CMC emülsülfıye ve stabilize edici fonksiyonlarına ek olarak kalınlaşma, termoplastiklik, yüzey etkinliği, film oluşturma yeteneği sağlayan amfipatik anhidrus glikopiranoz ve hidrofilik CM üniteleri içermektedir [21], [22], [23], [24]. Ayrıca farklı konsantrasyonlarda viskozite arttırmak, emülsiyon veya süspanسیون stabilitesini sağlamak ve akış davranışlarını korumak için kullanılabilir [21]. Genellikle gıdalarada %0.1-0.5 oranlarının CMC kullanılması ile su bağlama, nem tutma, stabilizasyon, yapı ve görünüş düzeltme gibi etkiler sağlanabilmektedir [67], [86]. Düşük kalorili, mayalı, buğday içermeyen pişmiş ürünlerin hazırlanmasında CMC kullanılabilereği düşünölmektedir [25], [88]. Kullanım durumunda ise mevcut çeşitler arasından doğru tipin (karboksimetil grupları ile ikame derecesi, viskozitesi, psödoplastik veya tiksotropik olma durumu) seğilmesi önemlidir [25].

2.2.4 Patates Lifi

Dünyada üzerinde patates; buğday, pirinç ve mısırın ardından dördüncü önemli gıda ürünüdür. Geçişimiz 5 yüzyıl boyunca patates kökeni olan Güney Amerikadan tüm dünyaya yayılmıştır.

Beslenme açısından patates iyi bilinen bir karbonhidrat kaynağıdır ve aynı zamanda insan beslenmesi için hayati önem taşıyan vitaminler, mineraller ve DL için iyi bir kaynaktır. Karbonhidratların çoğunu nişasta oluşturmaktadır, nişastanın küçük ama önemli bir kısmı ise patates lifi olarak bilinmektedir. Patates lifi; mide ve ince bağırsakta enzimler tarafından sindirilmeye dirençlidir, dolayısıyla sindirilmeksizin kalın bağırsağa ulabilmektedir. Patates lifinin; DL ile benzer fizyolojik özellikleri ve sağlık yararları olduğu düşünölmektedir.

DL; insanın sindirim enzimlerinin sindirime dirençli bitki polisakaritleri ve ligninleri olarak tanımlanır. Bütün bitkisel gıdalar, çözünür ve çözünmez liflerin karışımlarını içermektedir. Klinik araştırmalardan, zengin lifli diyetlerin kardiyovasküler hastalık riskinde önemli azalmalara yol açtığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar lifin; tokluğu arttırdığı, glikoz toleransı ve inüsilin duyarlılığını geliştirdiği ve plazma

kolestrolü ve triglisirit konsantrasyonunu azalttığı ve kolon kanserine karşı koruyucu etkisi olduğunu göstermektedir [89], [90], [91].

Ayrıca patates lifinin, gıda ürününün dokusunu ve stabilitesini geliştirdiği bilinmektedir. Gıdalarda tekstürü geliştirmek ve stabilizeyi arttırmak için kullanılmaktadır. Son yıllardaki kapsamlı çalışmalar, patates lifinin veya dirençli nişastaların diyet lifi ile benzer fizyolojik fonksiyonlara sahip olduğunu göstermiştir [92]. Camire vd. [31], patates kabuklarının DL için potansiyel bir kaynak olduğunu bildirmiştir. Eastwood vd. [93] DL kaynağının dışkı hacmi üzerindeki etkisini ölçerek; lifin dışkının ağırlığını arttırma kabiliyetini, su tutma kapasitesi ile ilişkilendirmiştir.

Lifle zenginleştirilen gıdaların geliştirilmesine olan ilgi, sağlık üzerine olan yararları ortaya çıktıkça artmaktadır. İnsan diyetinde çok önemli bir rol oynayan DL, sindirilemez selüloz, hemiselüloz, lignin ve müsilattan oluşur. Düzenli lif tüketimi, birçok hastalığın önlemesi için önemli bir faktördür ve dengeli beslenme ile ilişkilidir [26]. DL'nin sağlık ve beslenme konusundaki yararlı rolü, kardiyovasküler hastalıkları, belirli kanser türleri ve kabızlık gibi kronik hastalıkların azaltması ile ilişkilidir [27], [28]. Çözünür lifler, kolesterol düzeylerindeki azalmaya ve bağırsak glukozunun emilimine bağlı iken liflerin çözünmeyen fraksiyonu bağırsak regülasyonu ile ilişkilidir [94]. Hem çözünmez hem de çözünür özelliklere sahip olan lif doğasından ötürü, su tutma, jelleşme ve yapı yapımı gibi bir dizi teknolojik niteliklere sahiptir ve bu da doku modifikasyonuna, üretim ve saklama sırasında gıdaların stabilitesinin arttırılmasına neden olmaktadır [29]. Kısa bir süre önce, yeni lif kaynakları keşfedilip ve kullanılmıştır. Bu kaynaklardan biri, farklı gıda işleme türlerinden gelen yan ürünlerdir. Özellikle, meyve ve sebze işlenmesinden elde edilen yan ürünler liflerin yeni ve ekonomik kaynakları olarak dikkat çekmektedir.

2.3 Glutensiz Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar

Gluten; fırıncılık ürünlerinin kabuk yapısına katkıda bulunan, yapı sağlayan önemli bir protein olması nedeniyle ekmek üretiminde glutenin yokluğu teknolojik zorluklar oluşturmaktadır. Glutensiz ürünlerde tekstürü ve tadı iyileştirmek, yapıyı geliştirmek ve bayatlama sürecini yavaşlatmak için hidrokolloidler, süt ürünleri, gluten içermeyen proteinler ve bazı enzimlerin eklendiği çalışmalar literatürde mevcuttur. Bu katkıların

eklenmesiyle son ürünün yapısında ve ağız hissinde iyileşmeler, raf ömründe artış sağlanabilmektedir [18], [42], [43], [57], [59], [61], [62].

Hidrokolloidler; düşük konsantrasyonlarda kullanılmasına rağmen gıdaların dokusal ve organoleptik özellikleri üzerinde önemli etkiler yaratmaktadırlar.

Glutensiz hamurda gaz tutma özelliğinin geliştirilmesi oldukça zordur. Bu nedenle hidrokolloidler gibi yüzey aktif maddeler glutensiz ekmek formülasyonuna gaz tutulmasını sağlamak ve son ürün kalitesini arttırmak için ilave edilirler [95], [96].

Hidrokolloidler ayrıca glutensiz hamurun deformasyona karşı dayanıklılığını arttırırlar, yapılan bir çalışmada; KG, CMC, pektin, agaroz ve β -glukan'ın sırası ile hamuru güçlendirmeye yardımcı olduğu bildirilmiştir [63], [95].

Çalışmalarda çok sayıda hidrokolloid yüksek kaliteli glutensiz ekmek üretimi amacıyla incelenmiştir (hidroksipropil metil selüloz (HPMC), karboksimetil selüloz (CMC), guar gam (GG), ksantan gam (KG), keçiyoynuz gamı gibi.). HPMC, CMC, keçiyoynuzu gamı, GG, κ -karragenan, KG ve β -glukan gibi çeşitli hidrokolloidlerin glutensiz ekmek üzerine iyileştirici etkisi olduğu bildirilmiştir [42], [43], [54], [59].

Rosell vd. [97] göre hidrokolloidler hamur viskozitesini artırarak hamurun gelişmesine ve gaz tumasına katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada sodyum aljinat, κ -karragenan, KG ve HPMC ilavesiyle buğday hamurunun stabilitesinde iyileşme olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca aljinat dışında kullanılan hidrokolloidler spesifik hacmi, su aktivitesini ve nem miktarını arttırmıştır. Tekstür çalışmalarında ise κ -karragenan ya da HPMC ilavesinin ekmek içi sertliği azalttığı ortaya koyulmuştur [20]. Yazarlar, κ -karragenan ve HPMC'nin ekmek pişirme performansında etkili geliştiriciler oldukları sonucuna varmışlardır.

Lavaş tipi ekmeklerde; GG, keçiyoynuzu gamı, KG ve CMC gibi hidrokolloidlerin kullanıldığı, Gavilighi vd. [98] tarafından yapılan bir çalışmada, bu hidrokolloidler bayatlamayı önleyici ajan olarak kullanılmıştır [67].

McCarthy vd. [61] pirinç unu, mısır nişastası ve süt proteinleri içeren glutensiz ekmekte HPMC seviyesinin arttırılmasıyla ekmek hacminin düştüğünü rapor etmiştir.

Haque ve Morris [54] glutensiz ekmek formülasyonunda HPMC ve pisilyum kullanımı ile iyi ekmek hacminde pirinç ekmeği üretmiştir ama polimerler ayrı ayrı eklendiğinde,

hacimdeki artışta azalma gözlenmiştir. Buna ek olarak, hacim belli bir hidrokolloid konsantrasyonuna kadar artmış, ancak yüksek konsantrasyonlarda somun hacminde azalmaya neden olmuştur.

Bir çalışmada Lazaridou vd. [63] glutensiz ekmeğin hamur reolojisi üzerine pektin, CMC, agaroz ve KG etkilerini değerlendirmiştir. Hamurun deformasyona karşı esnekliği ve direncinin arttırılmasında, sırasıyla KG > CMC > pektin > agaroz ilavesi etkili olmuştur. Kontrol örneği ile kıyaslandığında KG ve pektin hariç %1 oranında hidrokolloid ilavesi ekmeğin hacmini arttırmıştır. Ancak pektin hariç diğer hidrokolloidlerin konsantrasyonu %1 den %2'ye arttırılınca ekmeğin hacmi azalmıştır. Pektin; ekmeğin hacmini kontrol örneğiyle kıyaslandığında önemli derecede arttırmıştır. Buna karşın %1'lik KG ilavesi ekmeğin hacminde değişikliği yol açmazken %2'lik ilave hacmini azaltmıştır [63]. Bu formülasyon ile tüm örnekler içinde en düşük hacimli ekmeğin üretilmiştir.

Benzer şekilde Haque ve Morris [54] pirinç unu ekmeğine KG'nin herhangi bir etkisi olmadığını gözlemlemiştir, ayrıca Schober vd. [66] sorgum ile yapılmış glutensiz ekmeğin hacminin KG ilavesinin artışı ile azaldığını belirtmiştir. Pektinin %2, CMC ve β -glukann %1 ilavesinin glutensiz ekmekte gözenekliliği arttırdığı bulunmuştur. Diğer yandan %2 KG ilave edilmiş ekmekte en az gözeneklilik oluşmuştur.

Wang vd. [99] buğday ekmeğine β -glukan ilave edilmesi ile hava hücrelerinin hamurda stabilize edildiği ve hücre birleşmesini önleyerek ekmeğin iç yapısını geliştirdiğini gözlemlemiştir. Diğer yandan %2 KG ilave edilmiş ekmeğin esnekliği diğer örneklerle kıyasla daha düşük olarak bulunmuştur. Gözeneklilik değerlerinde büyük farklara rağmen agaroz (% 1) veya β -glukan (% 1) içeren formülasyonlar için, ekmeğin iç yapısı ve dış görünüşünde kusurlar olduğu belirtilmiştir. Her iki örneğinde önemli sayıda uniform olmayan büyük gaz hücreleri oluşturduğu ve bununda ekmeğin yapısını ve hacmi üzerinde olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir. Yüksek ekmeğin iç esnekliğin; ekmeğe %2 seviyesinde CMC, pektin ve KG'nin ilavesiyle sağlandığı gözlemlenmiştir. L değerinin artışı ekmeğin kabuğunda β -glukanın %1 düzeyinde eklenmesiyle gözlemlenirken, formülasyona KG ilavesi ekmeğin beyazlığını geliştirmiştir. Eğitimsiz bir tüketici grubuyla yapılan duysal analiz %2 oranında CMC içeren ürün yüksek kabul edilebilir olduğunu göstermiştir. Kontrol formülasyonlarına kıyasla, pektin (%2), CMC

(%2), agaroz (%1-2) veya β -glukan (%1) eklenmesiyle ekmek içi sertlikte önemli ölçüde değişiklik gözlenmemiştir. Diğer yandan KG (%1-2) ve β -glukan (%2) eklenmesinin sertliği arttırdığı bildirilmiştir. KG takviyeli glutensiz ekmek, sertlikte büyük artış sergilemiştir ve depolama sırasında su aktivitesinde meydana gelen düşüş ile tutarlı olmuştur [63].

KG ve pektin pişirme stabilitesini arttırırken, κ -karagenan esas olarak amilaz-lipid kompleksinin oluşumunu etkilemekte olduğu gözlenmiştir [79].

Ekmekçilikte nişastanın rolüne ilişkin Rotsch'un [100] çalışması, ekmeğin nişasta ve jel oluşturucu maddelerden hazırlanabileceğini göstermiştir. Pirinç nişastaları bu tür ürünlerin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır ve glutensiz pişmiş ürünlerin formülasyonunda önemli bir potansiyel oluşturmaktadır [101].

Kang vd. [102], hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), keçi boynuzu gamı, GG, κ -karragenan, KG ve agar gibi birçok hidrokolloid çeşidinin başarılı bir şekilde pirinç ekmeği oluşumunu sağladığını göstermiştir.

Gan vd. [103], 50:50 buğday unu: pirinç unu formülasyonunda gluten yerine ikame olarak HPMC (% 1.7), CMC (% 0.4) ve GG (% 0.7) kullanarak daha iyi ekmek özellikleri elde etmişlerdir.

Cato vd. [104]; ince beyaz ve öğütülmüş pirinç unlarının, CMC (%0.8) ve HPMC (%3.3) ile beraber kullanıldığında kaliteli glutensiz ekmek elde etmişlerdir [5].

Ac's, vd. [105], [106]; mısır nişastasına dayanan glutensiz ekmek formülasyonlarında gluten yerine kullanılan farklı bağlayıcı ajanların (KG, GG, keçi boynuzu gamı ve taragant) kullanımını araştırmışlardır. Bağlayıcı ajanların somun hacminde önemli derecede bir artışa neden olduğunu bulmuşlardır. En kaliteli glutensiz ekmeğin, %1-3'lük seviyelerde KG içerdiğini bildirmişlerdir [5].

Schwarzlaff vd. [107]; ekmek formülasyonunda GG ve keçi boynuzu gamı kombinasyonlarını kullanmıştır. Araştırma sonucunda GG'in ekmek içi eşit hücre dağılımına neden olduğu, keçi boynuzu gamının ise ekmek somunun uzunluğu arttırdığı, her ikisinde bayatlamayı geciktirdiği görülmüştür. Keçi boynuzu gamı ve GG için optimum olarak belirlenen oranların %2-4 olduğu belirtilmiştir [5].

DL; glutensiz ekmek gelişiminde tıpkı gamlar gibi önemli bir rol oynayabilir. DL, belgelenmiş sağlık faydalarının yanı sıra, su bağlama kapasitesi, jel oluşturma yeteneği, dokusal ve kalınlaştırma etkileri nedeniyle fırıncılık ürünlerinin dokusunu, duyuşal özelliklerini ve raf ömrünü artırabilir [108].

Patates endüstrisinde bir yan ürün olan patates kabuğunun lif açısından çok zengin ve yüksek su tutma kapasitesine sahip iyi bir kaynak olduğu farklı çalışmalarda rapor edilmiştir [30], [31]. Birkaç çalışma ekmek [109] ve kekte [110] lif kaynağı olarak patates kabuklarının kullanılmasının ürünün gaz tutma yeteneğini azalttığını ve ürün hacmi ile sertliğini arttırdığını göstermiştir. Tüm bu raporlarda, ekmek lifi içeriğini artırmak amacıyla ekmek formülasyonlarına patates kabuğu büyük miktarlarda (% 5-20) ilave edilmiştir. Patates lifinin yapısal özelliklerinin ekmek içindeki suyun dinamikleri ve yapıya bağlanmasını etkileyerek bayatlamayı geciktirmesi mümkün olabilmektedir.

Bazı araştırmacılar yüksek lif içeren ekmek hazırlamak için buğday kepeğı, yulaf kepeğı, mısır kepeğı ve arpa kepeğı ve pisilyum kabuğı gibi lif kaynaklarını kullanmıştır [111], [112], [113].

İnulin, DL olarak sınıflandırılan sindirilmeyen polisakkarittir. Aynı zamanda, kolondaki 'sağlıklı' bakterilerin büyümesini uyararak bir prebiyotik gibi davranır [5], [114]. Buğday ekmeğine ilave edildiğinde, somun hacmi ve dilimlenebilirliği iyileştirdiğı, hamur stabilitesini arttırdığı ve düzgün dağılım gösteren bir ekmek iç dokusu oluşturduğı belirtilmiştir.

Gallagher vd. [115], buğday nişastası esaslı glutensiz formülasyona, inülini (% 8) dahil etmiştir [5].

Glutensiz ekmek üretimi için glutensiz hububat unları, lif bakımından zengin tohum unları veya yüksek saflıkta izole edilmiş liflerin kullanımı ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Harnup unu ve kestane unu gibi tohum unları ile glutensiz ekmeğin hazırlanması, spesifik hacim artışı, yumuşak ve homojen ekmek içi ve bayatlama hızında yavaşlama göstermiştir [116], [117], [118].

İnulin, frukto-oligosakaritler veya izole edilmiş tahıl lifleri gibi saflaştırılmış lif preparatları içeren glutensiz ekmekler ile yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde

edilmiştir [119], [120], [121], [122]. Daha spesifik olarak Korus vd. [120], inülin içeren glutensiz bir ekmeğin hacminin arttığını ve ekmek içi sertliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Sabanis vd. [121] mısırdan elde edilen DL ilave edilmiş glutensiz ekmek ve lif ilavesiz glutensiz ekmek kıyaslandığında, lif ilavesiyle zenginleştirilmiş ekmeğin lifsiz ekmeğe kıyasla somon hacmi ve ekmek içi yumuşaklığının önemli derecede yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca DL ilavesi, duyuşsal olarak glutensiz ekmeğin kabul edilebilirliğini geliştirmiştir.

Sabanis vd. [121], mısır nişastası, pirinç unu ve HPMC'ye dayanan glutensiz bir ekmek formülasyonuna, 3, 6 ve 9 g / 100 g un seviyesinde farklı tahıl lifleri (buğday, mısır, yulaf ve arpa) ile geliştirilen glutensiz ekmekleri incelemiştir. Buğday lifi diğer lif türlerine kıyasla daha küçük parçacık boyutuna ve yüksek su bağlama kapasitesine sahiptir. Yazarlar buğday lifi eklerken glutensiz ekmeğin su içeriğini arttırmış ve sonuç olarak düşük görünür viskozite değerine sahip bir hamur ve düşük hacimli bir ekmek elde etmişlerdir. Yulaf içeren glutensiz ekmek, mısır lifi içeren ekmeğin ardından en yüksek hacme sahipken, buğday lifi en düşük hacme ve gözenekliliğe neden olmuştur.

Başka bir çalışmada; glutensiz pirinç esaslı ekmeğin fiziksel özelliklerini ve raf ömrünü artırmak için farklı pirinç kepeği fraksiyonları %10 oranında eklenmiştir. Kullanılan kepek fraksiyonları, farklı miktarlarda protein, yağ ve DL içerdiği belirtilmiştir [108]. Elde edilen sonuçlara göre, pirinç kepeği fraksiyonlarının eklenmesi ekmek hacmini ve ekmek içi sertliğini azaltmıştır. En yüksek çözünür DL içeriğine sahip kepek fraksiyonları, en yüksek hacim artışı ve en yumuşak ekmek içi oluşumuna neden olmuştur. Glutensiz ekmeğe pirinç kepeği fraksiyonlarının eklenmesi, gözeneklerin daha homojen olarak dağılmasına ve gözeneklilikte iyileşmenin sağlanmasına neden olmuştur. Phimolsiripol vd. [108] ve Sabanis vd. [121], tahıl liflerinin glutensiz ekmek formülasyonlarında bayatlamayı önleyici ajanlar olarak önemli bir rol oynadığı sonucuna varmışlardır. Liflerin su bağlama kapasitesi depolama sürecinde su kaybını önlemesi ve lif ve nişasta arasındaki nişasta retrogradasyonunu azaltan hidrojen bağlarına atfedilmiştir.

Mariotti vd. [123] hamurun fiziksel özelliklerini geliştirmek için pisilyum lifini glutensiz ekmek üretiminde kullanmıştır. Mısır nişastasına %2 pisilyum ikame edilmesi, nişasta matrisinin ve daha kararlı olmasına neden olmuştur. Yazarlar hamur davranışını geliştiren pisilyum varlığı nedeniyle film benzeri bir yapının oluştuğunu gözlemlemiştir. Cappa vd. tarafından da [124], pisilyum lifi ve şeker pancarı lifi (kısmen çözünen) ilavesinin glutensiz ekmek hamuruna olan etkileri araştırılmıştır. Her iki lif de hamurların işlenebilirliğini geliştirmiş olup, bununla birlikte, pisilyum lifi, film oluşturma yeteneği ve yüksek su tutma kapasitesi sayesinde bayatlamayı geciktirici ajan olarak çalıştığı gözlenmiştir.

β -glukan ile ilgili olarak, glutensiz ekmek üretiminde kullanımını araştıran bir çok çalışma vardır [63], [125], [126], [127]. Yapılan çalışmalar β -glukan ve su seviyesinin etkileşiminin ekmek reolojisini etkilediği konusunda hem fikir olmuştur. β -glukan tek başına kullanıldığında hamur elastikiyetini arttırmıştır [63], [125], [126], [127]. %1 oranında β -glukan takviyeli ekmeklerde yüksek gözeneklilik gözlenmiş ayrıca ekmek hacmini ve L değerini arttırmıştır. Ayrıca Hager vd. [125], yulaf β -glukanın glutensiz ekmeğe eklendiğinde, üretilen ekmeğin daha yumuşak bir iç yapıya sahip olduğunu gözlemlemiştir.

Glutensiz ekmek formülasyonlarına diyet liflerinin eklenmesi, kabartma aşamasında hamur gelişimini etkileyerek hamur reolojik özelliklerini ve pişmiş ürünlerin kalitesini değiştirmektedir. Diyet liflerinin glutensiz hamurun gelişimi üzerindeki etkisi lif çözünürlüğüne (çözünebilir veya çözünmez) ve parçacık boyutuna bağlıdır [128].

Hamurun esnekliği ve uzaması arasındaki denge, hamurun maksimum gaz tutma kapasitesine sahip olmasına neden olmaktadır [129]. Hamurun viskozitesi çok düşük ise, kabartma sırasında üretilen CO₂ tutulamaz ve ekmek hacmi azalır. Böyle bir durumda, yüksek su tutma yeteneği ve koyulaştırma özelliklerine sahip karabuğday unu gibi çözünmeyen diyet liflerinin ilavesi hamur viskozitesini artırabilir, hava hücrelerini dengede tutabilir ve böylece hamur gaz tutma kapasitesini artırabilir [130].

Çözünür lifler nişasta ve un parçacıklarını kuşatır, daha küçük gözenekler içeren büyük hacimli daha uniform bir yapı oluştururlar. Öte yandan, çözünmeyen liflerin kullanılması yapısal bozulmaya neden olabilir, hamurun gaz tutma yeteneğini azaltabilir.

Çözünmeyen liflerin, özellikle kaba parçacık boyutundaki varlığı hamur yapısında yırtılma noktaları oluşturabilir ve bu da gaz çıkışını kolaylaştırır [118], [128].

Buğday ekmeği ya da glutensiz ekmekte hidrokolloidlerin etkisi şüphesizki hidrokolloidin kaynağı, kimyasal yapısı, ekstraksiyon prosesi, kimyasal modifikasyonu, hamur formülasyonunda kullanım dozu ve buğday ekmeği ve glutensiz ekmek bileşenleri ile etkileşimine bağlıdır [20].

Hidrokolloidlerin özellikleri ve işlevselliği, kökeni ve kimyasal yapısına bağlı olarak büyük ölçüde değişmektedir. Hidrokolloid işlevselliğindeki farklılık, kökenleri ve işleme prosedürleri nedeniyle ortaya çıkmaktadır [79], [133].

Yukarıda belirtilen çalışmaların sonuçları, meyve ve sebze unlarının glutensiz ekmek hamuruna dahil edilmesini teşvik etmektedir, çünkü nihai ürünlerin kabul edilebilir pişirme özellikleri, artmış lif oranı ve kabul edilebilir duyusal değerlendirme puanı sergilemektedir [131], [132].

MATERYAL VE METOD

3.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılan patates lifi (PL) (HI-FIBRE 115, HI-FOOD S.p.a., Collecchio, İtalya), ksantan gam (KG) (Shandong Fufeng Fermentation Co. Çin), karboksimetil selüloz (CMC) (AkzoNobel Chemicals AG, Sempach Station, İsviçre) ve guar gam (GG) (Giusto Faravelli S.p.a., Milano, İtalya) farklı konsantrasyonlarda (% 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3, g /100 g distile su) hidrokolloid solüsyonları üretmek için kullanılmıştır.

Glutensiz ekmek üretimi için ise mısır nişastası, pirinç unu, patates nişastası, Hi-nucleus BRD M03 (HI-FOOD S.p.a., Collecchio, İtalya), tuz, şeker, ayçiçek yağı, yaş maya (CONAD, Parma, İtalya) ve su kullanılmıştır.

3.2 Metod

3.2.1 Örneklerin Hazırlanması

Hidrokolloidlerin optimum pH, sıcaklık ve sürelerde (Tablo 1) manyetik karıştırıcı yardımıyla karıştırılarak su içerisinde hidrokolloid-su solisyonları oluşturmaları sağlanmıştır. Ardından örnekler 3800 rpm'de 10 dakika santrifüj (Heraeus Multifuge X3 FR Centrifuge) edilerek, karıştırma esnasında oluşan hava kabarcıklarının elemine edilmesi sağlanmıştır. Tüm analizlerden önce örnekler 24 saat boyunca buzdolabında (+4 °C) bekletilmiştir.

Çizelge 3.1 Hidrokolloid solüsyonlarının hazırlanması için kullanılan pH, sıcaklık ve süre değerleri (Guar gum (GG), karboksimetil selüloz (CMC) ve ksantan gum (KG) ve patates lifi (PL)).

Hidrokolloid solüsyonları	pH	T (°C)	Süre (dk)
GG	7	24	120
CMC	7	24	120
KG	7	90	60
PL	8	90	25

3.2.2 Solüsyonların Nem Miktarının Belirlenmesi

Örneklerin; 105 °C (ISCO NSV 9035, Milan, İtalya) sıcaklıktaki etüvde bekletilmesi sonucu meydana gelen ağırlık kaybının % nem miktarı olarak hesaplanması ile nem miktarı belirlenmiştir.

3.2.3 Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Steady shear ve dinamik shear ölçümleri 25°C 'de strain kontrollü reometrede (Ares 2A21) paralel peltier plate geometri ve (25 mm çap, 1.5 mm gap) ve Couette geometri (32 mm çap, 1.5 mm gap) ile yapılmıştır.

3.2.3.1 Steady Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi

Steady shear (yatışkan kesme) analizleri 1-100 s⁻¹ kesme hızı aralığında 25°C de gerçekleştirilmiştir. Her ölçüm üç paralelli olarak tekrar edilmiştir. Solüsyonların; determinasyon kat sayıları, kıvam kat sayıları ve akış davranış özellikleri Herschel Bulckley model kullanılarak belirlenmiştir (Eşitlik 3.1).

Herschel-Bulkley model:

$$\tau = \tau_o + K \dot{\gamma}^n \quad (3.1)$$

Burada τ kayma gerilimini (Pa), τ_o akma gerilimini (Pa), K kıvam katsayısını (Pa sⁿ), $\dot{\gamma}$ kesme hızını (s⁻¹) ve n akış davranış indeksini ifade etmektedir.

3.2.3.2 Dinamik Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi

Solüsyonların viskoelastik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla önce stress sweep ardından da frequency sweep testi uygulanmıştır.

Stress Sweep Testi

Lineer viskoelastik bölgenin belirlenmesi amacıyla 1 Hz sabit frekansta %0.1-100 strain aralığında strese maruz bırakılmış ve örnekteki deformasyon incelenmiştir. Frekans sweep testinin gerçekleştirileceği strain (basınç) değeri belirlenmiştir.

Frekans Sweep Testi

Frekans sweep (frekans tarama) testi lineer viskoelastik bölgede, 25°C'de, 0.1-15 Hz aralığında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak örneklerin elastik modülü (G'), viskoz modülü (G''), kompleks modülü (G^*) ve kompleks viskozitesi (η^*) belirlenmiştir.

Elde edilen viskoelastik model parametreleri, Power law model (Eşitlik 3.2-3.4) kullanılarak modellenmiştir.

Power-law model:

$$G' = K'(\omega)^{n'} \quad (3.2)$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \quad (3.3)$$

$$\eta^* = K^*(\omega)^{n^*-1} \quad (3.4)$$

3.2.4 ^1H Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Analizi

Pulsed Field Gradient Spin Echo - PLGSE yardımıyla model sistemin translasyonel hareketliliğini ölçmek için 25.0 ± 0.1 °C 'de çalışan düşük ayırma güçlü ^1H NMR spektrometresi (20MHz, 0.47T, the minispec mq20, Bruker, Almanya) kullanıldı. Numuneler (10 mm yüksekliğinde), 10 mm NMR tüpüne konuldu ve deneyi sırasında nem kaybını önlemek için tüplerin ağzı parafilm ile kapatılarak sızdırmaz hale getirildi. En az sekiz ölçüm gerçekleştirildi.

3.2.5 Glutensiz Ekmek Formülasyonu ve Üretimi

Ekmek kuru bileşenleri Çizelge 3.2' de belirtildiği üzere hamur yoğurma makinasında karıştırıldı. Ardından su içerisinde eritilmiş yaş maya ve sıvı ayçiçek yağı ilave edilerek yaklaşık (12 dakika) homojen bir hamur elde edilene kadar hamur yoğuruldu. Hamur ev tipi bir ekmek yapma makinasında (ilk fermantasyon 40 dk 23°C, ikinci fermantasyon 50 dk 28°C, pişirme 55 dk 200°C) (Backmeister 68511, UNOLD, Almanya) pişirildi. Oda sıcaklığına soğutuldu, nem çekmeyecek şekilde ambalajlanarak analizler için bir gece bekletildi.

Çizelge 3.2 Glutensiz ekmek % bileşenleri

%	STD	PL 1	PL 2	PL 3	KG 1	KG 2	KG 3
Patates Nişastası	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
Mısır Nişastası	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9
Pirinç Unu	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Hi-Nucleus	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Tuz	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Şeker	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
Patates Lifi	-	0.1	0.25	0.5	-	-	-
Ksantan Gam	-	-	-	-	0.1	0.25	0.5
Ayçiçek Yağı	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Su	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6	45.6
Yaş Maya	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

3.2.6 Glutensiz Ekmekğin Nem İçeriğinin ve Su Aktivitesinin Belirlenmesi

Ekmek kabuğu ve ekmek içinin (ekmekğin merkezinden alındı) su aktivitesi bir çiğ noktası ölçü aleti (Aqualab 4TE, Decagon Devices, WA, ABD) ile ölçülmüştür. Her numune için en az beş ölçüm gerçekleştirilmiştir.

Ekmek kabuğu ve ekmek içinin (ekmeğin merkezinden alındı) nem içeriği; örneklerin 105 °C (ISCO NSV 9035, Milan, İtalya) sıcaklıktaki etüvde bekletilmesi sonucu meydana gelen ağırlık kaybının % nem miktarı olarak hesaplanması ile belirlenmiştir.

3.2.7 Glutensiz Ekmeğin DSC Analizi

Frozen water (donmuş su) içeriği ve retrograde amilopektin içeriğinin belirlenmesi için ekmek içi termal özellikler indiyum ve cıva ile kalibre edilmiş Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC Q100 TA Instruments, New Castle, DE, ABD) ile ölçülmüştür. Ekmek içi (ekmeğin merkezinden 4 gr); deney esnasında DSC hücrelerinde ısı transferini maksimize edilebilmesi amacıyla sıkıştırılarak düz ve kompakt hale getirilmiştir. Örnekler (5-10 mg) alındı ve paslanmaz çelik paneller'e yerleştirilerek (Perkin Elmer, ABD) hermetik şekilde kapatıldı. -80°C'ye soğutuldu ve dakikada 5°C'lik bir artışla 130°C'ye ısıtıldı. DSC termogramları analiz edildi (Universal Analysis Software 3.9A, TA Instruments, New Castle, DE). Donmuş su (verilen deney koşullarında; FW, Frozen water) Denklem 3.5 kullanılarak 0°C civarında endotermik pikten hesaplandı.

$$FW = \text{Entalpi Buz Füzyonu} \times (1 / \text{Gizil buz füzyon ısısı}) \times (1 / MC) \times 100 \quad (3.5)$$

FW; verilen deneysel koşullardaki donmuş sudur (g donmuş su/100 g su), Entalpi Buz Füzyonu (J/g ürün), Buz füzyonunun gizil ısısı 334 J/g ve MC; nem içeriğini (g su/g ürün) temsil eder. Retrograde amilopektin (J/g numune) 50-80°C'de ki endotermik pikin integrasyonu ile elde edilmiştir.

3.2.8 Glutensiz Ekmeğin Renk Analizi

Örneklerin renk parametreleri (L, a, b), renk ölçüm cihazı (CR-400 Konica, Minolta, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz ölçüm işlemi yapılmadan önce kalibre edilmiştir (beyaz plaka kullanılarak). L değeri beyaz (L=100) ile siyah (L*=0) arasındaki renkleri tanımlamak için kullanılırken, a değeri yeşil (-a) ve kırmızı (+a), b değeri ise mavi (-b) ve sarı (+b) arasındaki renklerin tanımlanması için kullanılmıştır [134].

3.2.9 Glutensiz Ekmeğin Hacminin Belirlenmesi

Her örnek için hacim; 'American Association Cereal Chemistry' 10-05 metodu kullanılarak ölçülmüştür [135].

3.2.10 Glutensiz Ekmeğin Tekstür Özelliklerinin Belirlenmesi

Ekmek içi sertliği; TA.TX2 doku analiz cihazı (Stable Micro Systems, Goldalming, İngiltere) ile ölçülmüştür. Bir örnekten en az sekiz kübik (2x2x2 cm³) ekmek içi parçası kesilmiş ve silindirik bir prob (P/35 Dia Cylinder Aluminium) vasıtasıyla kübik parçalar %40 deformasyonla sıkıştırılmıştır (kuvvet = 0.05 N).

3.2.11 Glutensiz Ekmeğin H+ NMR Analizi

Moleküler hareketliliğin belirlenmesi için NMR yardımıyla örneklerin difüzyon kat sayıları, serbest indüklenme gecikmeleri ve transverse gevşeme zamanları ölçüldü.

Örneklerin serbest indüklenme gecikmesi (FID, Free Induction Decay) ve transverse (T₂) gevşeme zamanının ölçülmesi için 25.0 ± 0.1 °C 'de çalışan düşük ayırma güçlü (20 MHz) ¹H NMR spektrometresi (the MiniSpec, Bruker Biospin, Milano, İtalya) kullanılmıştır. Numuneler (10 mm yüksekliğinde), 10 mm NMR tüpüne konuldu ve deney sırasında nem kaybını önlemek için tüplerin ağzı parafilm ile kapatıldı.

FID'ler tek bir 90°'lik vurgu, ardından 7 Is bekleme süresi (dwell time), 32 tarama (scan) ve 3 sn'lik geri dönüşüm gecikmesi (recycle delay) ve 10 ms'lik bir kazanım penceresi kullanılarak elde edilmiştir. ¹H FID'ler, manyetik alanın homojenliğinin sağlandığı 7-100 Is zaman aralığında analiz edildi. FID iki bileşenli model (üssel ve gaussian, [136]; Sigmaplot, v6, Systat Software Inc. ABD) ile gerçekleştirildi:

$$I(t) = y_0 + A * \exp(-t/T_A) + B * \exp(-t/T_B)^2 \quad (3.6)$$

Burada y₀, FID bozunma ofseti (decay offset), A ve B, her relaksasyon bileşeninin yoğunlukları, T_A ve T_B görünür relaksasyon süreleridir. T₂ relaksasyon süreleri, geri besleme gecikmesi 3 s olan bir CPMG puls dizisi, 0.04 ms'lik bir enterpolasyon aralığı ve 4000 veri noktası ile ölçülmüştür. Relaksasyon zamanlarının yarı sürekli dağılımı,

UPENWin yazılımı (Alma Mater Studiorum, Bologna, İtalya) kullanılarak deneysel T₂ eğrilerinden elde edildi.

3.2.12 İstatistiksel Analizler

Deneyler sonucunda toplanan datalar, JMP 6 programı vasıtasıyla gruplar arasında fark olup olmadığı tek faktör ANOVA ile test edilmiş ve %95 güven aralığında ($p < 0,05$) test parametresi kullanılarak belirlenmiştir.



BULGULAR VE TARTIŞMA

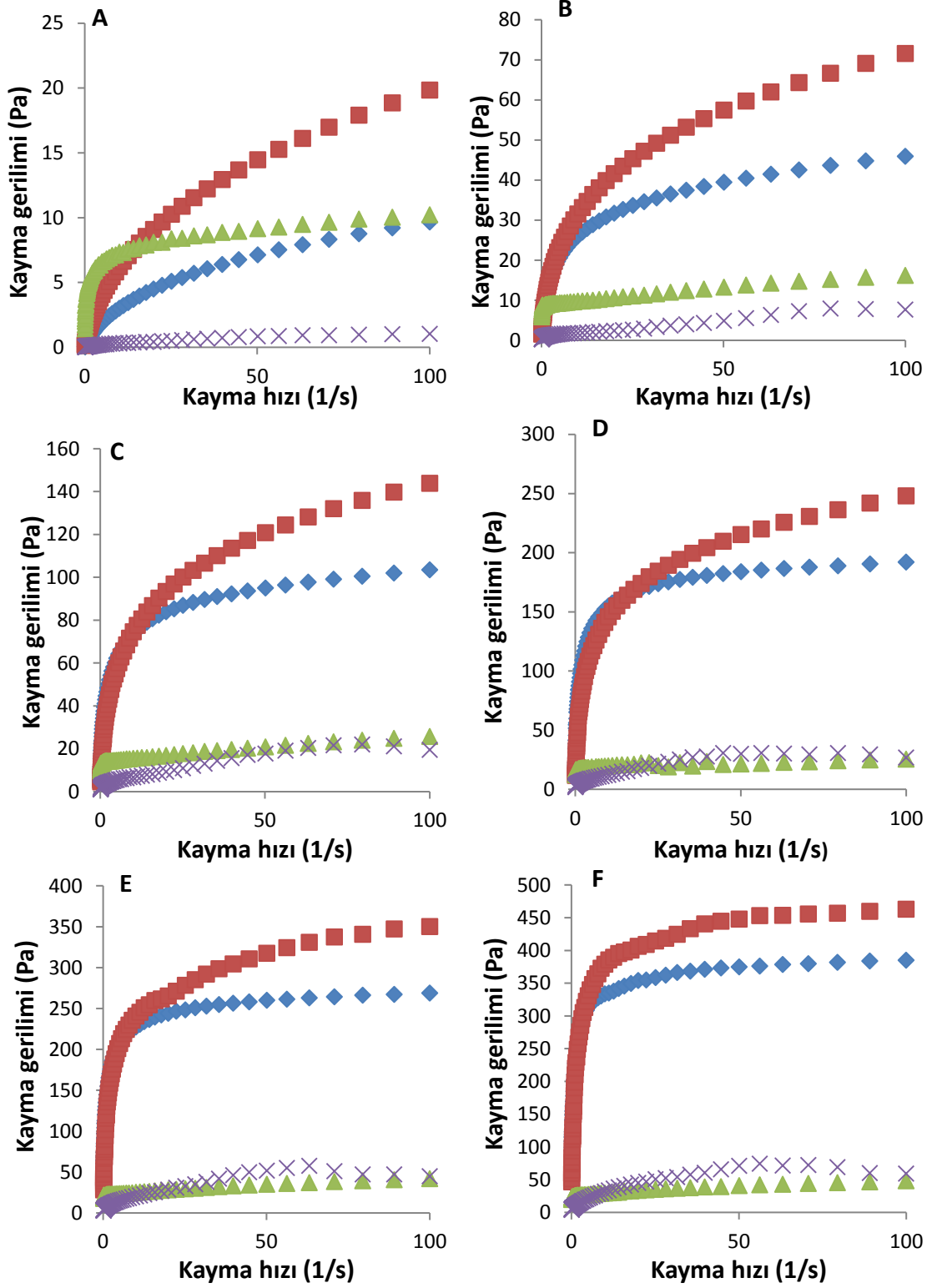
4.1 Solüsyonların Nem Miktarı

Bütün solüsyonlar için nem içeriği istatistiksel fark olmaksızın % 99.5-97 (g su/ 100 g örnek) arasında bulunmuştur ($p<0.05$).

4.2 Reolojik Özellikleri

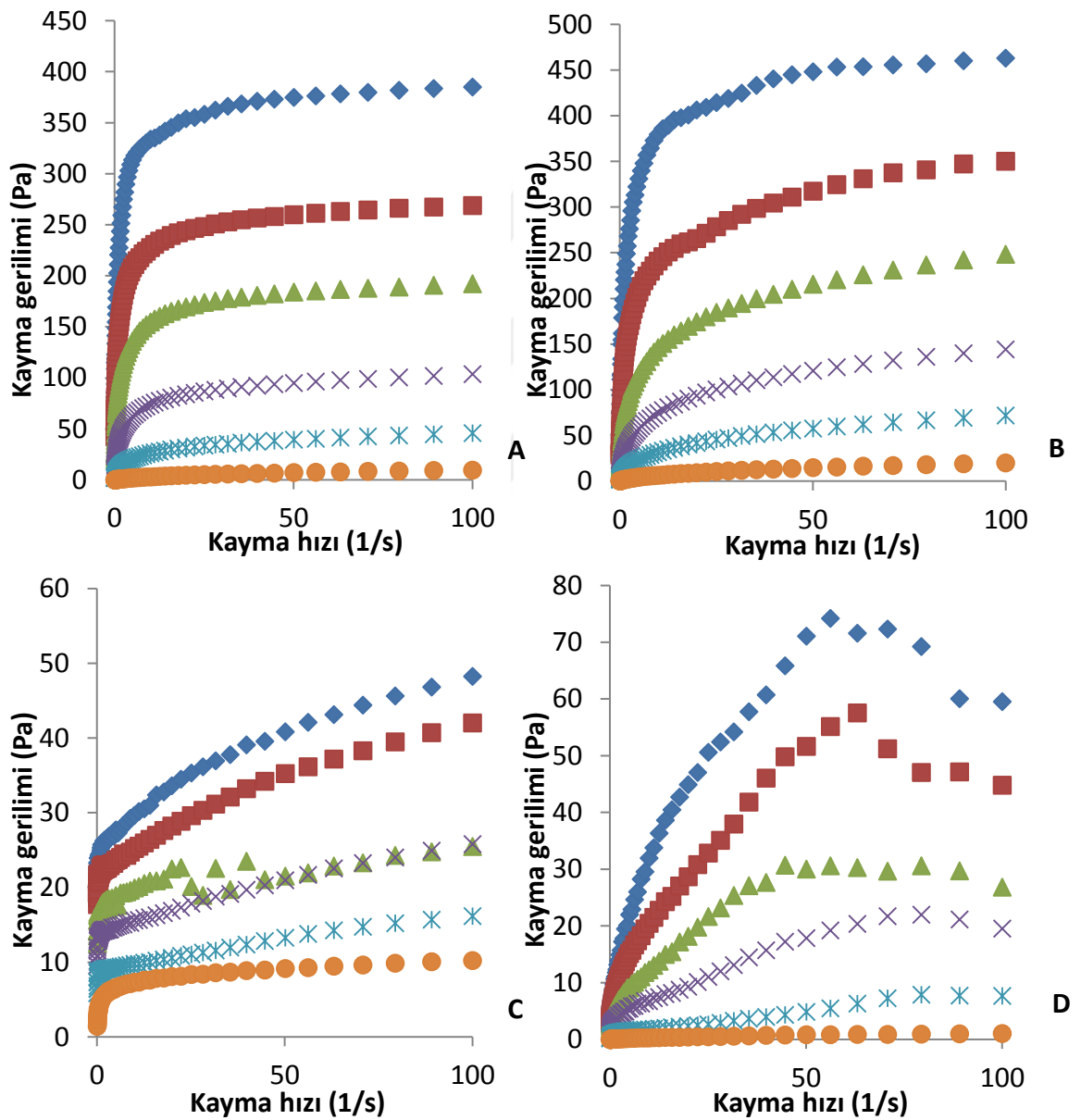
4.2.1 Steady Shear Akış Davranış Özellikleri

Hidrokolloidler ve patates lifi model sistemlerinin her konsantrasyonu için reolojik ölçümleri yapıldı. Patates lifi (PL), guar gam (GG), karboksimetil selüloz (CMC) ve ksanthan gam (KG); hidrokolloid tiplerine göre ve konsantrasyonlara göre kıyaslanmak üzere Şekil 4.1 ve 4.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 GG (◆), CMC (■), KG (▲) ve PL (×)' nin konsantrasyonlara göre (%0.5 (A), %1 (B), %1.5 (C), %2 (D), %2.5 (E), %3 (F)) kayma hızı (kayma hızı)'e karşı kayma gerilimi (kayma gerilimi) grafikleri

Bütün örneklerin newtonian olmayan, kesme incelmesi (psödoplastik) akış davranışı gösterdikleri belirlenmiştir. Konsantrasyon artarken viskozitede artış görülmüştür. Şekil 4.1’de görüleceği gibi; guar gam, karboksimetil selüloz ve ksanthan gam solüsyonları kayma hızı 100 s^{-1} ’nin üzerinde deforme olmasına karşın, patates lifi solüsyonları yaklaşık olarak kayma hızı 60 s^{-1} ’da deforme olmaya başlamıştır. Bunun sebebi olarak patates lifi ve su arasındaki ilişkinin diğer hidrokolloid tiplerinin su ile olan etkileşimlerinden daha zayıf olmasına atfedilmiştir.



Şekil 4.2 Guar gam (A), karboksimetil selüloz (B), ksantan gam (C) ve patates lifi (D) hidrokolloidlerin tiplerine göre shear rate (kayma hızı)’e karşı shaer stress (kayma gerilimi) grafikleri (%0.5 (●), %1(x), %1.5(x), %2(▲), %2.5(■), %3(◆))

Elde edilen verilerin Herschel-Bulkley model (Denklem 3.1) ($R^2 > 0.93$) ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de gösterilen K, τ_0 ve n; parametreleri Herschel-Bulkely model ile hesaplanmıştır.

K ve τ_0 değerleri; beklendiği üzere konsantrasyonun artmasıyla artan bir trend izlemiştir. n; değeri ise konsantrasyondaki artışın psödoplastide yarattığı artış dolayısıyla artan konsantrasyon karşısında azalma eğilimi göstermiştir [12], [75], [137], [138]. n değerlerinin 1’den küçük olması nedeniyle örnekler kesme incelmesi (shear thinning) özelliği sergilemişlerdir.

Kayma hızı en az PL üzerine etki göstermiştir, sonuç olarak bütün konsantrasyonlarda PL en düşük psödoplastik davranış özelliklerini göstermiştir. PL’nin diğer solüsyonlara kıyasla en düşük K ve τ_0 değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1) ($p < 0.05$). Ayrıca en yüksek n değerleri; PL solüsyonlarına aittir; onu sırasıyla CMC, GG ve KG takip etmiştir.

Daha önce Tipvarakarnkoon ve Senge [139] ve Nor Hayati vd. [140]; tarafından rapor edildiği şekilde; GG, %1-%3 konsantrasyonları arasında en yüksek viskozite değerini göstermiştir. Bu durum GG ve su arasındaki güçlü hidrojen bağlarına atfedilmiştir [141], [139].

CMC’nin artan konsantrasyonla birlikte K değerinde gerçekleşen artış; Bekkour vd. [21] artan konsantrasyonunun; polimer zincirleri arasındaki lokal intermoleküler interaksyonu arttırması ile viskoziteyi arttırdığı yönünde açıklamıştır.

KG solüsyonlarının ise diğer solüsyonlara kıyasla istatistiksel olarak en yüksek akma gerilimine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1) ($p < 0.05$). Ayrıca KG Şekil 4.2’de görüldüğü gibi akma gerilimini takiben kesme incelmesi davranışı göstermiştir. Marcotte vd. [75] ve Szczesniak [142]; KG solüsyonlarının akış diagramlarının önceki çalışmalarla benzer olduğunu göstermiştir.

Ksantan gam ve guar gam’ın [143] [144] kesme incelmesi özelliğinin, kesme sonucu meydana gelen zayıf bağlardan kaynaklandığı açıklanmıştır [145].

Çizelge 4.1 Patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve xanthan gam (KG) solüsyonlarının ile Herschel-Bulkley modele göre belirlenen determinasyon katsayısı (R^2), akma gerilimi, kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi değerleri

Parametre	Hidrokolloid solüsyonu	Hidrokolloid konsantrasyonu						R^2
		%0.5	%1	%1.5	%2	%2.5	%3	
τ_o (Pa)	GG	0.040 ^{Ce}	1.700 ^{Be}	7.74 ^{Bd}	20.37 ^{Ac}	42.05 ^{Ab}	72.00 ^{Aa}	0.95
	CMC	0.140 ^{Bd}	1.520 ^{Cd}	4.61 ^{Ccd}	11.86 ^{Cc}	28.33 ^{Bb}	46.80 ^{Ba}	0.96
	KG	1.540 ^{Ad}	5.840 ^{Ac}	9.58 ^{Ac}	14.20 ^{Bb}	16.30 ^{Cab}	19.10 ^{Ca}	0.93
	PL	0.020 ^{Ce}	0.240 ^{De}	1.230 ^{Dd}	1.850 ^{Dc}	2.820 ^{Db}	3.830 ^{Da}	0.95
K (Pa s ⁿ)	GG	0.800 ^{Cf}	10.85 ^{Ae}	36.50 ^{Ad}	83.46 ^{Ac}	134.8 ^{Ab}	201.8 ^{Aa}	0.95
	CMC	1.700 ^{Bd}	11.23 ^{Ad}	29.80 ^{Bd}	64.14 ^{Bc}	113.5 ^{Bb}	196.7 ^{Aa}	0.96
	KG	4.150 ^{Ad}	8.440 ^{Bcd}	13.30 ^{Cbc}	16.50 ^{Cb}	17.61 ^{Cb}	24.70 ^{Ba}	0.93
	PL	0.110 ^{De}	0.500 ^{Cde}	1.860 ^{Dd}	4.600 ^{Dc}	8.670 ^{Cb}	12.16 ^{Ba}	0.95
n	GG	0.550 ^{Aa}	0.330 ^{Cb}	0.250 ^{Cc}	0.210 ^{Cd}	0.170 ^{Ce}	0.160 ^{BCe}	0.95
	CMC	0.540 ^{Aa}	0.400 ^{Bb}	0.350 ^{Bc}	0.310 ^{Bd}	0.300 ^{Bd}	0.200 ^{Be}	0.96
	KG	0.150 ^{Ba}	0.100 ^{Dab}	0.100 ^{Dab}	0.070 ^{Dbc}	0.020 ^{Dc}	0.100 ^{Cbc}	0.93
	PL	0.600 ^{Aa}	0.600 ^{Aa}	0.600 ^{Aa}	0.440 ^{Ab}	0.410 ^{Ab}	0.410 ^{Ab}	0.95

^{A-D} Aynı konsantrasyondaki farklı solüsyonlar arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Her bir solüsyonun farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

[†] R^2 Genel olarak 0.93'ten daha büyük olarak bulunmuştur.

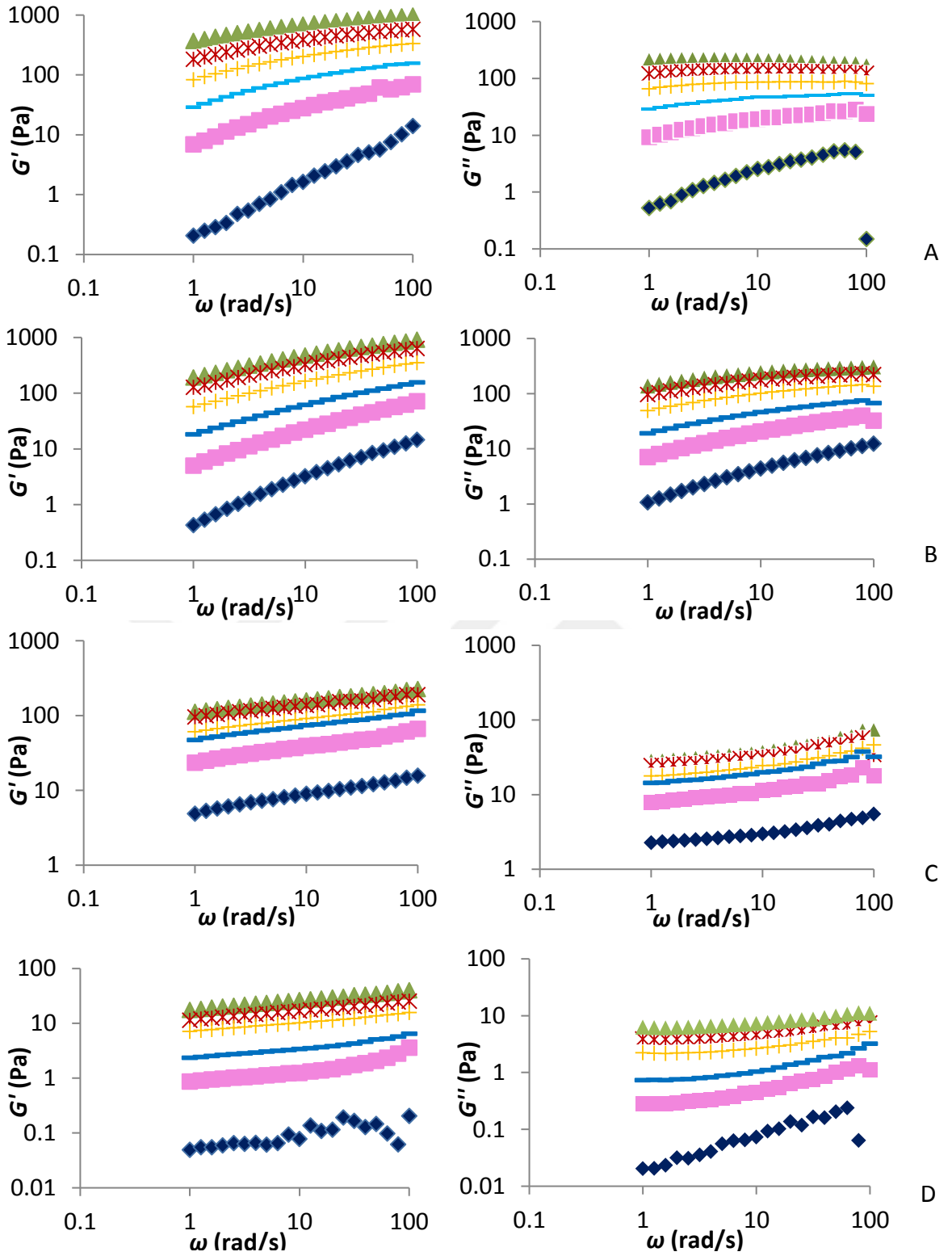
4.2.2 Dinamik Shear Akış Davranış Özelliklerinin Belirlenmesi

Solüsyonların viskoelastik özelliklerini belirlemek amacıyla frekans tarama (frequency sweep) ve genlik tarama (amplitude sweep) analizi gerçekleştirilmiştir. Amplitude sweep analizi ile solüsyonların lineer viskoelastik bölgeleri tespit edilmiş olup, analizler bu bölgede gerçekleştirilmiştir. Açısal frekansa (ω ; rad/sn) karşılık G' (elastik) ve G'' (viskoz) değerlerinin grafikleri çizilmiştir. GG, CMC, KG ve PL solüsyonlarının viskoelastik özellikleri Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

Bütün örnekler için hem G' hem de G'' , frekanstaki ve konsantrasyondaki artışa bağlı olarak artış gösterdi. PL ve KG; bütün konsantrasyonlar için elastik davranış gösterdi. Her konsantrasyon için elastik modül (G'), viskoz modül (G'')'e baskın geldi. Ancak CMC ve GG'nin düşük konsantrasyonlarında viskoz davranış elastik davranışa baskın geldi (Şekil 4.3'te %0.5-1 $G'' > G'$, ayrıca %1.5 CMC için $G'' > G'$). Diğer konsantrasyonlarda ise CMC ve GG elastik davranış göstermiştir.

Model sistem parametreleri; K' , K'' ve n^* ; Statistica programı kullanılarak Power Law model (Denklem 3.2, Denklem 3.3 ve Denklem 3.4) ile hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

PL ve KG'nin bütün konsantrasyonları için K' değeri K'' değerinden daha büyük olarak bulunmuştur, bu nedenle elastik özelliğin viskoz özelliğe baskın geldiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca GG ve CMC solüsyonlarının yüksek konsantrasyonlarda (%1.5 üzeri) katı benzeri özellik gösterdiği gözlemlenmiştir. K' , K'' ve n^* artan konsantrasyonla beraber arttığı görülmüştür. Dinamik akış özellikleri steady akış özellikleriyle kıyaslanabilir şekilde elde edilmiştir.



Şekil 4.3 Guar gam(A), karboksimetil selüloz(B), ksantan gam(C) ve patates lifi (D) solüsyonlarının açısal hızla karşılık G' ve G'' grafikleri (%0.5 (\diamond), %1(\blacksquare), %1.5(-), %2(+), %2.5(\times), %3(\blacktriangle))

Çizelge 4.2 Patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve xanthan gam (KG) solüsyonlarının ile Power Law modele göre belirlenen parametreler

Parametreler	Hidrokolloid solüsyonu	Hidrokolloid konsantrasyonu						† R ²
		%0.5	%1	%1.5	%2	%2.5	%3	
K' (Pa)	GG	0.140 ^{Ce}	10.00 ^{Be}	41.00 ^{Bd}	105.3 ^{Ac}	224.3 ^{Ab}	426.5 ^{Aa}	0.98
	CMC	0.700 ^{Be}	6.600 ^{Ce}	22.70 ^{Cd}	69.40 ^{Bc}	150.7 ^{Bb}	224.8 ^{Ba}	0.99
	KG	5.160 ^{Af}	23.70 ^{Ae}	48.20 ^{Ad}	61.40 ^{Cc}	97.50 ^{Cb}	109.8 ^{Ca}	0.99
	PL	0.040 ^{Cd}	0.530 ^{Dd}	2.130 ^{Dd}	6.530 ^{Dc}	11.46 ^{Db}	17.83 ^{Da}	0.95
K'' (Pa)	GG	0.770 ^{Cf}	10.90 ^{Ae}	34.86 ^{Ad}	72.88 ^{Ac}	129.3 ^{Ab}	221.0 ^{Aa}	0.88
	CMC	1.440 ^{Bf}	8.750 ^{Be}	22.90 ^{Bd}	58.39 ^{Bc}	11.70 ^{Bb}	156.6 ^{Ba}	0.98
	KG	2.000 ^{Af}	7.000 ^{Ce}	13.00 ^{Cd}	15.10 ^{Cc}	22.10 ^{Cb}	22.30 ^{Ca}	0.95
	PL	0.020 ^{Dd}	0.170 ^{Dd}	0.450 ^{Dd}	1.630 ^{Dc}	3.300 ^{Db}	5.240 ^{Da}	0.96
n'	GG	0.970 ^{Aa}	0.420 ^{Bb}	0.310 ^{Bc}	0.260 ^{Bd}	0.220 ^{Be}	0.190 ^{Bf}	0.98
	CMC	0.660 ^{Ba}	0.510 ^{Ab}	0.420 ^{Ac}	0.360 ^{Ad}	0.320 ^{Ae}	0.310 ^{Af}	0.99
	KG	0.230 ^{Da}	0.210 ^{Db}	0.180 ^{Dc}	0.170 ^{Cc}	0.140 ^{Dd}	0.140 ^{Dd}	0.99
	PL	0.340 ^{Cb}	0.360 ^{Ca}	0.220 ^{Cc}	0.170 ^{Cd}	0.170 ^{Cd}	0.170 ^{Cd}	0.95
n''	GG	0.500 ^{Ba}	0.230 ^{Cb}	0.100 ^{Dc}	0.050 ^{Bd}	0.040 ^{Cd}	-0.03 ^{Ce}	0.88
	CMC	0.470 ^{Ba}	0.350 ^{Bb}	0.300 ^{Bc}	0.220 ^{Ad}	0.170 ^{Be}	0.160 ^{Bf}	0.98
	KG	0.200 ^{Cb}	0.220 ^{Cab}	0.210 ^{Cb}	0.220 ^{Aab}	0.210 ^{Ab}	0.230 ^{Aa}	0.95
	PL	0.550 ^{Aa}	0.420 ^{Ab}	0.400 ^{Ab}	0.220 ^{Ac}	0.160 ^{Bd}	0.150 ^{Bd}	0.96
η (Pa.s)	GG	1.560 ^{Cf}	13.520 ^{Be}	51.35 ^{Ad}	112.0 ^{Ac}	227.5 ^{Ab}	426.1 ^{Aa}	0.99
	CMC	2.100 ^{Bf}	9.950 ^{Ce}	28.18 ^{Bd}	79.30 ^{Bc}	157.2 ^{Bb}	248.2 ^{Ba}	0.99
	KG	6.100 ^{Af}	25.94 ^{Ae}	50.60 ^{Cd}	64.50 ^{Cc}	101.5 ^{Cb}	114.2 ^{Ca}	0.99
	PL	0.270 ^{Df}	1.700 ^{De}	3.520 ^{Dd}	7.920 ^{Dc}	12.76 ^{Db}	21.27 ^{Da}	0.99

^{A-D} Aynı konsantrasyondaki farklı solüsyonların arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Her bir solüsyonun farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

† R² Genel olarak 0.88'den daha büyük olarak bulunmuştur.

4.3 Nükleer Manyetik Rezonans (NMR)

Difüzyon katsayısı (D , ^1H Self Diffusion Coefficient) düşük çözünürlüklü (20 MHz) spektrometre ile ölçüldü ve Çizelge 4.3'te gösterildi.

%0.5 konsantrasyonlu solüsyonların D değeri saf suyun D değeri ($2.29 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$) ile kıyaslanabilir şekilde bulunmuştur. Bütün örnekler için artan konsantrasyonla beraber D değerinde istatistiksel olarak önemli derecede düşüş gözlenmiştir ($p < 0.05$). %3 konsantrasyonlu solüsyonlar için değer $2.16-2.23 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değişmiştir. %3 konsantrasyonlu PL en yüksek D değerine sahipken onu GG, KG ve CMC takip etmiştir. PL, GG ve KG reolojik analizlerle kıyaslanabilir nitelikte olup CMC beklenenden düşük bir D değeri vermiştir. Bu farklılığın sebebi olarak CMC'nin sodyum tuzu formundaki (-O-CH₂-COO-Na⁺) karboksimetil eter grubunu içererek, aniyonik bir polimer olmasına bağlanmıştır. Ayrıca CMC çabuk hidrate olabilen ve yüksek su tutma kapasitesine sahip bir hidrokolloid olarak bilinmektedir [25].

D değeri, bir protonun (sudan) manyetik bir gradyan etkisi altında translasyonel olarak hareket edebilme yeteneğinin moleküler göstergesini temsil eder ve bu nedenle molekül viskozitesinin bir göstergesi olarak düşünülebilir.

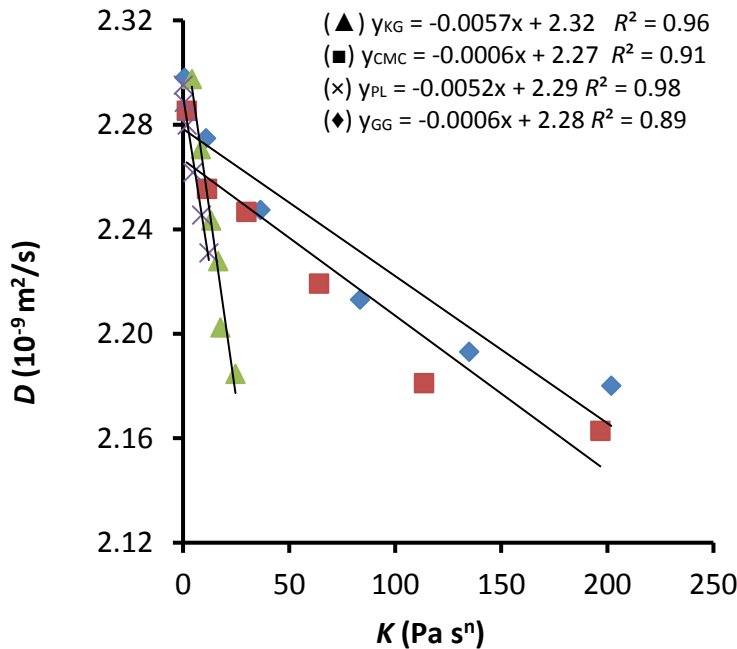
Şekil 4.4'te ise D değerine karşılık Herschel-Bulkley modele göre belirlenen kıvam katsayısı (K) ve Power law modele göre hesaplanan elastik ve viskoz modülüs (K' ve K'') değerlerinin grafikleri çizilmiş ve birbirleri ile korelasyon denklemleri grafikler üzerinde belirtilmiştir. K , K' ve K'' değerlerinin artmasıyla birlikte D değerinde düşüş izlenmiştir. Hidrokolloidler artan konsantrasyonlarda suyu bağlayarak kıvam kat sayısının, elastik ve viskoz modülüslerin artmasına neden olurken sudan gelen protonun hareket etme kabiliyetini azaltırlar. Grafikler değerlendirildiğinde reolojik ölçümler ve difüzyon kat sayıları arasında yüksek bir korelasyon olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3 Farklı konsantrasyonlardaki patates lifi (PL) guar gam (GG), karboksimetilselüloz (CMC)ve ksantan gam (KG) solüsyonlarının difüzyon katsayıları (D, ¹H self diffusion coefficient)

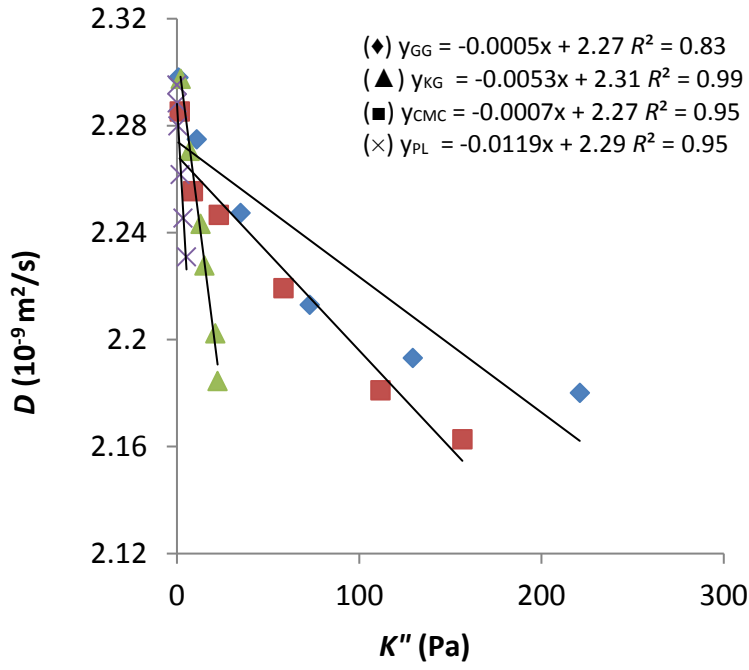
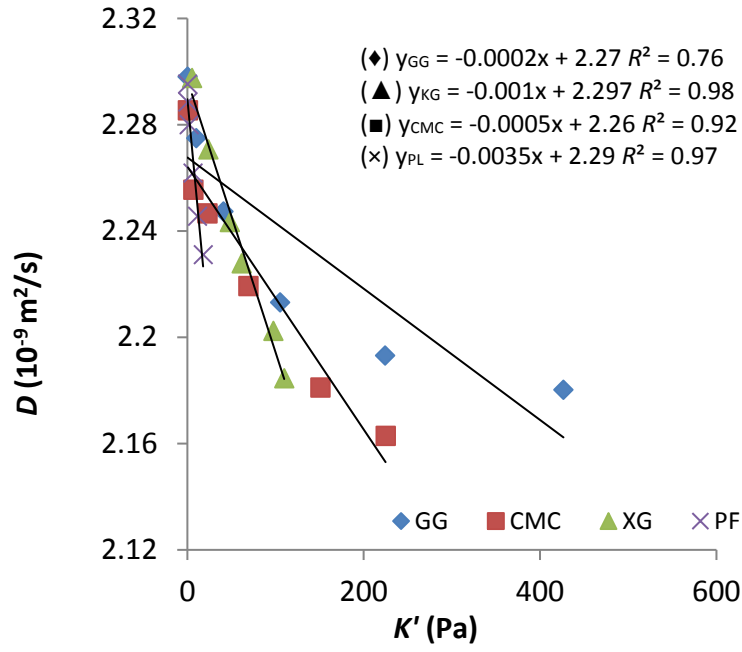
Parametre	Hidrokolloid solüsyonu	Hidrokolloid konsantrasyonu					
		%0.5	%1	%1.5	%2	%2.5	%3
D (10 ⁻⁹ m ² /s)	GG	2.29 ^{Aa}	2.27 ^{Bb}	2.24 ^{Bc}	2.21 ^{Cd}	2.19 ^{Ce}	2.18 ^{Bf}
	CMC	2.28 ^{Ba}	2.25 ^{Cb}	2.24 ^{Bc}	2.21 ^{Cd}	2.18 ^{De}	2.16 ^{Cf}
	KG	2.29 ^{Aa}	2.27 ^{Bb}	2.24 ^{Bc}	2.22 ^{Bd}	2.20 ^{Be}	2.18 ^{Bf}
	PL	2.29 ^{Aa}	2.28 ^{Ab}	2.27 ^{Ac}	2.26 ^{Ad}	2.24 ^{Ae}	2.23 ^{Af}

^{A-D} Aynı konsantrasyondaki farklı solüsyonların arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Her bir solüsyonun farklı konsantrasyonları arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).



Şekil 4.4 Patates lifi ve diğer hidrokolloidlerin K, K' ve K'' değerlerine karşılık D değerlerinin grafikleri



Şekil 4.4 Patates lifi ve diğer hidrokolloidlerin K , K' ve K'' değerlerine karşılık D değerlerinin grafikleri (devamı)

4.4 Glutensiz Ekmekğin Nem Miktarının ve Su Aktivitesinin Belirlenmesi

Glutensiz ekmeklerin içinden ve kabuğundan alınan örneklerin su aktivitesi (a_w) ve nem miktarları ölçülmüş ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Ekmek içinin nem değerleri %50.17 ve %50.91 arasında değişkenlik gösterirken, ekmek kabuğunun nem değerleri %16.06 ve %22.09 arasında değişkenlik göstermiştir. PL ilaveli örnekler incelendiğinde; ekmek içi nem değerleri arasında herhangi bir istatistiksel fark gözlenmemekle beraber, lif ilavesiyle birlikte kabuk nem değerlerinde artış gözlenmiştir ($p < 0.05$). %0.1 KG ilavesi ekmek içi nem değerini arttırmakla beraber, 0.25 ve 0.5 oranlarında ilavesi nem değerinde düşüşe neden olmuştur.

Ekmek kabuğu için nem değeri %0.5 KG ilavesine kadar istatistiksel olarak fark göstermemiştir ($p < 0.05$).

Ekmek içinin a_w değerleri 0.9795 ve 0.9867 arasında değişkenlik gösterirken, ekmek kabuğunun a_w değerleri 0.8793 ve 0.9206 arasında değişkenlik göstermiştir. Ekmek içi a_w değerleri arasında istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir (PL3 hariç). PL3 kodlu %0.5 patates lifi içeren örneğin hem ekmek içi hem de ekmek kabuğu a_w sonuçları değerlendirildiğinde örnekler içinde en düşük a_w değerine sahip olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Ekmek kabuğu a_w değeri KG'nin %0.1-0.25 ilavesiyle artmış, %0.5 ilavesiyle azalma göstermiştir. PL'nin ise sadece %0.1'lik ilavesiyle artmış, ardından düşüşe neden olmuştur.

Yapılan bir çalışmada ekmek formülasyonlarında yüksek su tutma kapasitesine sahip olmaları nedeniyle hidrokolloidler kullanılması ekmek içi nem miktarında artışa neden olmuştur [133], [146]. Aynı çalışmada KG içeren ekmek örnekleri en yüksek ekmek içi nem değerlerine sahip olarak bulunmuştur [133], [147]. Sodyum aljinat, κ -karragenan, KG ve HPMC ilavesiyle yapılan bir çalışmada ise sodyum aljinat dışında kullanılan hidrokolloidler a_w 'yi ve nemi arttırmıştır [91].

Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde ise %0.1 ksantan gam ilaveli örneğin (KG1) en yüksek ekmek içi nemlilik değerlerine sahip olduğu görülmüştür (Çizelge 4.4).

Örneklerin su aktiviteleri ve nem içeriklerinin belirlenmesi glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılan PL ve KG'nin yapıdaki suyu bağlamalarına ilişkin önemli veriler sunmaktadır. Bunun dışında bir ürünün nem içeriği onun kalite değerlerini de doğrudan etkilemektedir.

Çizelge 4.4 Glutensiz ekmek örneklerinin su aktivitesi, nem içeriği ve termal analiz değerleri

Parametreler	Kullanılan hidrokolloid tipi	Hidrokolloid konsantrasyonu			
		%0	%0.1	%0.25	%0.5
aw	KG	0.9858 ^{Aa}	0.9838 ^{Aa}	0.9842 ^{Aa}	0.983 ^{Aa}
Ekmek içi	PL	0.9858 ^{Aa}	0.9867 ^{Aa}	0.9836 ^{Aa}	0.9795 ^{Bb}
Ekmek kabuğu	KG	0.9020 ^{Ba}	0.9201 ^{Aa}	0.9206 ^{Aa}	0.8929 ^{Ba}
	PL	0.9020 ^{ABa}	0.9100 ^{Ab}	0.8860 ^{BCb}	0.8793 ^{Cb}
Nem içeriği (%)	KG	50.71 ^{ABa}	50.91 ^{Aa}	50.62 ^{Ba}	50.78 ^{ABa}
	PL	50.71 ^{Aa}	50.40 ^{Ab}	50.81 ^{Aa}	50.17 ^{Ab}
Ekmek kabuğu	KG	22.09 ^{Aa}	21.66 ^{Aa}	21.28 ^{Aa}	16.06 ^{Bb}
	PL	22.09 ^{Aa}	17.59 ^{Cb}	19.96 ^{Ba}	18.42 ^{Ca}
Donmuş su içeriği (FW)	KG	79.19 ^{Ba}	81.67 ^{Aa}	81.73 ^{Aa}	82.94 ^{Aa}
	PL	79.19 ^{Ba}	83.54 ^{Aa}	82.63 ^{Aa}	78.96 ^{Bb}

^{A-D} Farklı oranlarda patates lifi ve ksantan gam içeren glutensiz ekmek örneklerinin ve kontrol örneği arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı oranda farklı hidrokolloidler ilave edilmiş glutensiz ekmek örnekleri arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

4.5 Glutensiz Ekmeğin DSC Analizi

Taze ekmek içi termogramları 0 °C civarında büyük endotermik bir pik oluşturmuştur (Datalar gösterilmedi). FW değerleri bu pikten; Denklem 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır. FW; 78.96 ve 83.54 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4). Hidrokolloid

ilavesi FW'de artışa sebep olduğu görülmektedir. Örneklerin her biri kontrol örneğine kıyasla istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

KG ilavesi FW'de artışa neden olmuştur. Ayrıca patates lifinin %0.1 ve 0.25 oranlarında ilave edilmesi kontrol örneğine kıyasla FW'de artışa, %0.5'lik ilave ile ise azalmaya neden olmuştur.

Curti vd. tarafından yapılan bir çalışmada [148]; patates lifi ilavesi normal ekmeğin FW değerini arttırmıştır. Benzer sonuçlar başka çalışmalarca da doğrulanmıştır [149]. Yine Curti ve arkadaşlarının yapmış olduğu başka bir çalışmada [150]; kepeklerle zenginleştirilmiş örneklerde FW değeri kontrol örneğine kıyasla daha yüksek olarak bulunmuştur. Bu durumun örneklerin nem içerikleriyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Taze örneklerde 50-80 ° C sıcaklık aralığında endotermik pik gözlenmemiştir.

4.6 Glutensiz Ekmeğin Renk Analizi

Fırıncılık ürünlerinde tüketici beğenisinin oluşturulması için renk önemli bir kalite kriteridir. Ayrıca hamurun nem içeriği gibi fiziko kimyasal özellikleriyle ilişkilidir [121], [151]. L, a ve b değerleri çizelge 4.5'te verilmiştir.

Renk ölçümlerinde L (beyazlık) beyazlık ölçütü olarak yorumlanmıştır. Buna göre L değeri 100'e yaklaştıkça beyazlığın arttığı yönünde değerlendirme yapılmıştır. Hidrokolloid ilaveli örneklerin STD kodlu kontrol örneğine kıyasla koyulaştığı gözlenmiştir. KG3 kodlu örnek en koyu rengi sergilerken, onu PL3 kodlu örnek takip etmiştir. Formülasyondaki hidrokolloid, lif oranı arttıkça L değerinde azalma olmuştur.

Glutensiz ekmeklerin genelde buğday ekmeğinden daha açık renkte olması nedeniyle lif ilavesiyle rengin koyulaşması istenen bir durumdur [115], [121].

Sabanis vd. [121], glutensiz ekmeğin üzerine liflerin etkilerini inceledikleri bir çalışmada mısır ve arpa liflerinin ilavesiyle ekmeğin renginin koyulaştığı bildirilmiştir.

Park vd. [152]; buğday ekmeğinin buğday lifi ile güçlendirilmesinin soluk kabuk rengi ile sonuçlandığını bildirmiştir.

Başka bir çalışmada ise formülasyonunda CMC ve KG kullanılan glutensiz ekmeğin kabuk renginin beyazladığı, L değerinin arttığı bildirilmiştir. Bu formülasyona hidrokolloid ilavesinin su dağılımını etkilemesiyle Maillard reaksiyon hızını düşürmüş olabileceği belirtilmiştir.

Bu anlaşmazlığın gam orjinlerinin, üretim biçimlerinin, kullanılan bileşenlerin ve pişirme, fermantasyon gibi teknik süreçlerin farklılığından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir.

a değerleri; 3.510-5.131, b değerleri ise 16.99-19.13 arasında değişim göstermiştir. Hidrokolloid ilavesi ile a ve b değerleri artış gözlenmiştir. KG ilaveli örneklerin a değerleri her konsantrasyon için PL ilaveli örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Glutensiz ekmek örneklerinin L, a ve b değerleri

Parametreler	Kullanılan hidrokolloid tipi	Hidrokolloid konsantrasyonu				
		%0	%0.1	%0.25	%0.5	
Renk	L	KG	77.64 ^{Aa}	75.91 ^{Bb}	75.48 ^{Cb}	68.17 ^{Db}
		PL	77.64 ^{Aa}	77.42 ^{Ba}	75.76 ^{Ca}	73.60 ^{Da}
	a	KG	3.510 ^{Da}	4.008 ^{Ca}	4.800 ^{Ba}	5.131 ^{Aa}
		PL	3.510 ^{Da}	3.642 ^{Cb}	3.721 ^{Bb}	4.087 ^{Ab}
	b	KG	16.99 ^{Da}	17.01 ^{Cb}	19.13 ^{Aa}	17.93 ^{Ba}
		PL	16.99 ^{Da}	17.50 ^{Aa}	17.23 ^{Cb}	17.44 ^{Bb}

^{A-D} Farklı oranlarda patates lifi ve ksantan gam içeren glutensiz ekmek örneklerinin ve kontrol örneği arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı oranda farklı hidrokolloidler ilave edilmiş glutensiz ekmek örnekleri arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

4.7 Glutensiz Ekmeğin Hacminin Belirlenmesi

Ekmek örneklerinin hacim değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir ve ekmek hacim değerleri 3595.98 ve 4021.02 cm³ arasında değişim göstermiştir. Formülasyonlardaki KG oranı arttıkça hacimde azalma trendi gözlenmiştir. KG3 kodlu glutensiz ekmek en düşük

hacim değerini sergilemiştir. Patates lifi içeren örneklerde ise lif oranının artması hacim değeri üzerinde istatistiksel olarak fark yaratmamıştır ($p < 0.05$).

Çeşitli araştırmacılar; bezelye, buğday, şeker kamışı küspesi, harnup gibi çözülmeyen liflerin eklenmesiyle buğday ekmeğine özgü hacimde azalma olduğunu bildirmişlerdir [113], [152], [153], [154], [155].

Haque ve Morris [54] pirinç unu ekmeğine KG'nin herhangi bir etkisi olmadığını gözlemlenmiştir. Ayrıca Schober vd. [66] sorgum ile yapılmış glutensiz ekmek hacminin KG ilavesinin artışı ile azaldığını belirtmiştir.

Liflerin hamur yapısında yırtılma noktaları oluşturarak gaz kaçışını kolaylaştırdığı ve hamurların gaz tutma kapasitesini azalttığı bildirilmiştir. Bu nedenle lif ile üretilen ekmeklerde ekmek hacminin azalmış olabileceği dşnlmektedir [118].

Bu çalışmada düşük oranda lif kullanılmış olması ve patates lifinin kimyasal yapısının bahsi geçen çalışmalardaki liflerin yapısından farklı olması nedeni ile daha az yırtılma noktası oluşturarak gaz tutma kapasitesi üzerine negatif etki oluşturmadığı dşnlmektedir.

4.8 Glutensiz Ekmeğin Tekstür zelliklerinin Belirlenmesi

Glutensiz ekmek örneklerinin sertlik, yapışkanlık ve elastikiyet değerleri izelge 4.6'da verilmiştir.

PL ve KG ilave edilen glutensiz ekmek örneklerinin iç yapısı kontrol örneğine kıyasla daha sert olarak bulunmuştur. PL içeren örnekler içinde en yüksek sertlik değerini PL2 kodlu örnek sergilemiş olup onu sırasıyla PL1 ve PL3 takip etmiştir. KG içeren örneklerde ise en yüksek değer KG3 kodlu örnekte gözlenmiş onu KG2 ve KG1 takip etmiştir. KG içeren rnekler PL içeren örneklerle kıyasla daha sert olarak bulunmuştur.

Yapışkanlık; kontrol örneğine kıyasla her bir örnek için azalma göstermiştir. PL ilavesiyle ve KG'nin %0.1'in üzerinde ilavesiyle elastikiyet'te azalma görülmüştür.

Ekmek içi ve kabuğunun deformasyona karşı direnci, sertlik olarak adlandırılan dokusal bir özelliktir; tüketicilerin ekmek tazeliği algılamaları ve kuvvetle ilişkili olduğu için fırıncılık ürünlerinde önemli bir faktördür [62], [156].

Sabanis ve Tzia [156]; glutensiz ekmeğin yapısal ve dokusal özellikleri üzerine HPMC, KG, κ -karagenan ve GG ilavesi üzerinde çalışmışlardır. KG içeren ekmeğin en düşük hacme ve sert ekmeğin içine neden olduğunu belirtmişlerdir.

Martínez vd. [128], glutensiz ekmeğin özelliklerine, yulaf, bambu, patates ve bezelye gibi çözünmez lif ilavesinin ve lifin parçacık boyutunun etkisini incelemiştir. Çalışma, büyük parçacık boyutlu (kaba lifler) çözünmeyen liflerin eklenmesinin, daha ince liflere kıyasla ekmeğin içi elastikiyette artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Sorgum unu ve mısır nişastasına %0.3-1.2 oranında [66], pirinç ve karabuğday ununa %0.5 oranında [157], pirinç unu ve mısır nişastasına %1 oranında [63] ve %1-1.5 oranında [157] ksantan gam ilavesiyle ekmeğin içi sertlikte artış [158] meydana geldiği çeşitli çalışmalarca belirtilmiştir.

Wang vd. [99]; KG (%1-2) ve β -glukan (%2) ilavesi ile ekmeğin içi sertliğinin arttırıldığını bildirilmiştir.

Kahverengi pirince ksantan gam ilavesiyle yapılan bir çalışmada ise yapışkanlık ve elastikiyet artmıştır [117], [159].

Buğday ekmeğindeki buğday lifinin eklenmesiyle kırıntı sıklığının arttığı [154], [156] ve sebze ve meyve liflerinin ilavesinin duyu özellikleri geliştirdiği ve daha sıkı, sert bir yapı oluşturduğu bildirilmiştir [118].

Çözünmeyen liflerin, hamurlarda neredeyse değişmeden kaldığı ve hamur yapısı üzerinde etki yaratarak daha büyük, daha düzensiz yapılara yol açtığı bildirilmiştir. Daha iri liflerin bir araya getirilmesi hamur yapısında yırtılma noktaları oluşturarak gaz kaçışını kolaylaştırır ve bu durum hamurların gaz tutma kapasitesini azaltmaktadır. Sonuç olarak, lifsiz örneklerle kıyasla kaba parçacık boyutundaki çözünmez diyet lifleri ile üretilen ekmeklerde ekmeğin içi sertliği artmıştır [118].

Glutensiz ekmeğin formülasyonlarına liflerin eklenmesi, kabartma aşaması sırasında hamur gelişimini etkileyerek hamur reolojik özelliklerini ve pişmiş ürünlerin kalitesini değiştirmektedir. Diyet liflerinin glutensiz hamurunun gelişimi üzerindeki etkisinin lifin çözünürlüğüne (çözünebilir veya çözünmez) ve parçacık boyutuna bağlı olduğu düşünülmektedir [128].

Çizelge 4.6 Glutensiz ekmek örneklerinin hacim, sertlik, yapışkanlık ve elastikiyet değerleri

Parametreler		Hidrokolloid konsantrasyonu			
		%0	%0.1	%0.25	%0.5
Hacim (cm ³)	KG	4021.02 ^{Aa}	3843.60 ^{ABa}	3778.16 ^{BCb}	3595.98 ^{Cb}
	PL	4021.02 ^{Aa}	3961.83 ^{Aa}	3941.23 ^{Aa}	3991.30 ^{Aa}
Sertlik (N)	KG	0.5566 ^{Da}	0.7108 ^{Ba}	0.7135 ^{Ca}	1.1792 ^{Aa}
	PL	0.5566 ^{Da}	0.691 ^{Bb}	0.7063 ^{Ab}	0.6707 ^{Cb}
Elastikiyet (mm)	KG	0.9408 ^{Ba}	0.9491 ^{Aa}	0.8639 ^{Ca}	0.9164 ^{Db}
	PL	0.9408 ^{Aa}	0.9293 ^{Bb}	0.8528 ^{Db}	0.9269 ^{Ca}
Yapışkanlık	KG	0.8029 ^{Aa}	0.7675 ^{Cb}	0.7722 ^{Bb}	0.705 ^{Db}
	PL	0.8029 ^{Aa}	0.7696 ^{Da}	0.7777 ^{Ca}	0.7789 ^{Ba}

^{A-D} Farklı oranlarda patates lifi ve ksantan gam içeren glutensiz ekmek örneklerinin ve kontrol örneği arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı oranda farklı hidrokolloidler ilave edilmiş glutensiz ekmek örnekleri arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

4.9 Glutensiz Ekmeğin H+ NMR Analizi

Difüzyon katsayısı (D , ¹H Self Diffusion Coefficient) düşük çözünürlüklü (20 MHz) spektrometre ile ölçüldü ve Çizelge 4.3'te gösterildi.

Moleküler hareketlilik karakterizasyonu hızlı gevşeme (the fastest-relaxing) ¹H bileşenleri için ¹H FID NMR deneyleri ile yapılırken, yavaş gevşeme (slower relaxing) protonları ¹H T₂ gevşeme zaman dağılımına göre karakterize edildi.

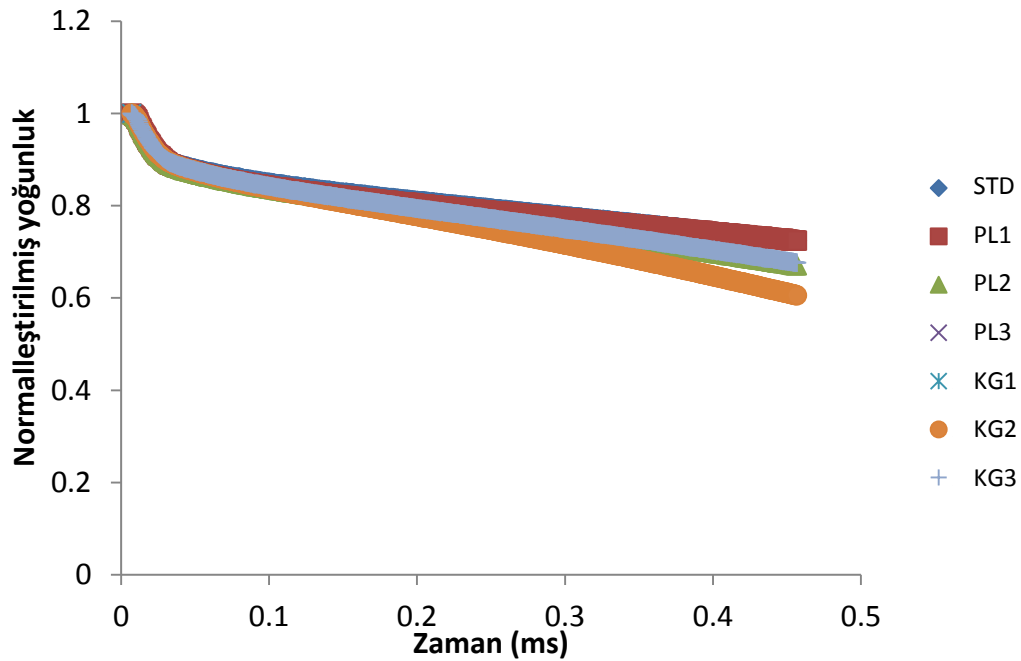
Çizelge 4.7 Farklı oranlarda patates lifi (PL1, PL2, PL3) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) içeren glutensiz ekmek örneklerinin D değerleri

Parametreler		Hidrokolloid konsantrasyonu			
		%0	%0.1	%0.25	%0.5
D (10^{-9} m ² /s)	KG	0.5452 ^{Aa}	0.5540 ^{Ab}	0.5539 ^{Ab}	0.5597 ^{Aa}
	PL	0.5452 ^{Ca}	0.5580 ^{Ba}	0.5614 ^{Aa}	0.5603 ^{Aba}

^{A-D} Farklı oranlarda patates lifi ve ksantan gam içeren glutensiz ekmek örneklerinin ve kontrol örneği arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı oranda farklı hidrokolloidler ilave edilmiş glutensiz ekmek örnekleri arasındaki istatistiksel farkı sembolize eder ($p < 0.05$).

KG ilaveli örneklerin D değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunamamla beraber PL ilavesi arttıkça D değerinde artış gözlenmiştir. %0.1 ve %0.25 PL ilaveli olan örneklerin D değeri; KG ilaveli örneklere kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.5 Glutensiz ekmek örneklerinin ¹H FID grafiği

STD ve PL1'in ^1H FID grafikleri hemen hemen benzer sonuçlar vermiş olmasına rağmen, KG2 kodlu örnek daha keskin bir eğri vermiştir. Onu KG3, PL3, PL2 ve KG1 takip etmiştir. Moleküler hareketliliğin bu örneklerde hidrokolloid ilavesiyle azaldığı düşünülmektedir.

^1H FID kürvleri gevşeme süresi ve FID deneysel zaman çerçevesi içinde saptanabilen daha katı ve daha hareketli proton popülasyonlarına ait proton yüzdesi hakkında niceliksel bilgi elde edebilmek için 2 bileşenli modelle (üssel ve Gaussian fonksiyonu) hesaplandı .

Daha sert bileşenin (popülasyon A), gevşeme zamanı, 0.02–0.03 ms arasında bulundu. Popülasyon A; STD için toplam proton popülasyonunun yaklaşık %59'unu oluştururken, PL ilaveli örnekler için %53-58 arasında, KG ilaveli olanlar için %57-66 arasında değişim göstermiştir. Daha hareketli bileşen olan popülasyon B, 0.3-0.4 ms'de gevşeme gösterdi.

^1H T_2 dağılımlar Şekil 4.6 ve Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Her örnek için birden çok ^1H T_2 proton popülasyonu gözlemlendi ve en kısıdan en uzun rahatlama sürelerine göre sırasıyla C, D ve E olarak harflendirilmiştir.

Birden fazla ^1H T_2 popülasyonunun varlığı (düşük çözünürlüklü NMR spektrometreleriyle) daha önce benzer ürünler için bildirilmiştir.

Engelsen vd. [160]; üç farklı proton popülasyonu belirlemiş ve bunları protein ile ilişkili su, jelatinze nişasta ile ilişkili su ve nişasta ve protein arasında ki yayılan su olarak belirtmiştir.

Daha yakın zamanlarda, Bosmans vd. [161] ve Bosmans vd. [162]; çalışmalarında dört proton popülasyonunun varlığını bildirmiştir.

İlk ikisi daha az hareketli olan popülasyonlar için; su ile sınırlı teması bulunan amorf nişasta ve glutene ait katı protonlar ve sınırlandırılmış nişasta, gluten ve suyun değişen protonları; üçüncü proton popülasyonu jel ağı içerisindeki su, nişasta ve glutenin hareket halindeki değişen CH protonlarını temsil ettiği belirtilmiştir. Dördüncü popülasyon ise lipid protonlarına atfedilmiştir.

Curti vd. [150] kepekle zenginleştirilmiş ekmeğin üzerine yapmış oldukları bir çalışmada; dört T₂ popülasyonunun varlığını bildirmiştir. Kepekle zenginleştirilmiş ekmekte kontrol ekmeğindeki üç popülasyona kıyasla; kepeğin nişasta, gluten ve su ile etkileşimlerine geçici olarak bağlanmış halde bulunan ilave bir proton popülasyonu olduğu belirtilmiştir.

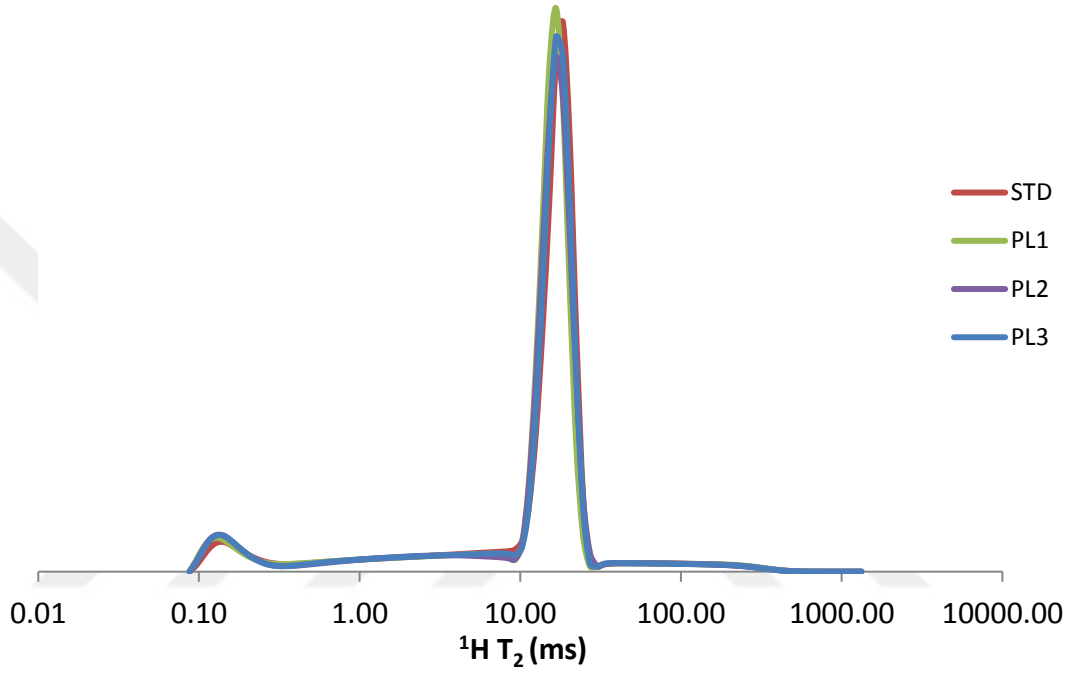
Bu çalışmada kontrol örneğine kıyasla fazladan bir popülasyon oluşmamış hidrokolloid ilavesi D popülasyonunu etkilemiştir. Temelde bu farklılığın sebebinin yapılan çalışmaların gluten içeren ekmeğin üzerine yapılmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

PL ve KG ilavesi C ve D popülasyonlarının alanlarını arttırmıştır. PL3 ve KG3 içinse D popülasyonu için bu durum tersine dönmüştür. D popülasyonunun T₂ değeri ve alanı; jel yapısı içindeki su ve nişastanın hareket halindeki protonlarını temsil etmektedir [161], [163].

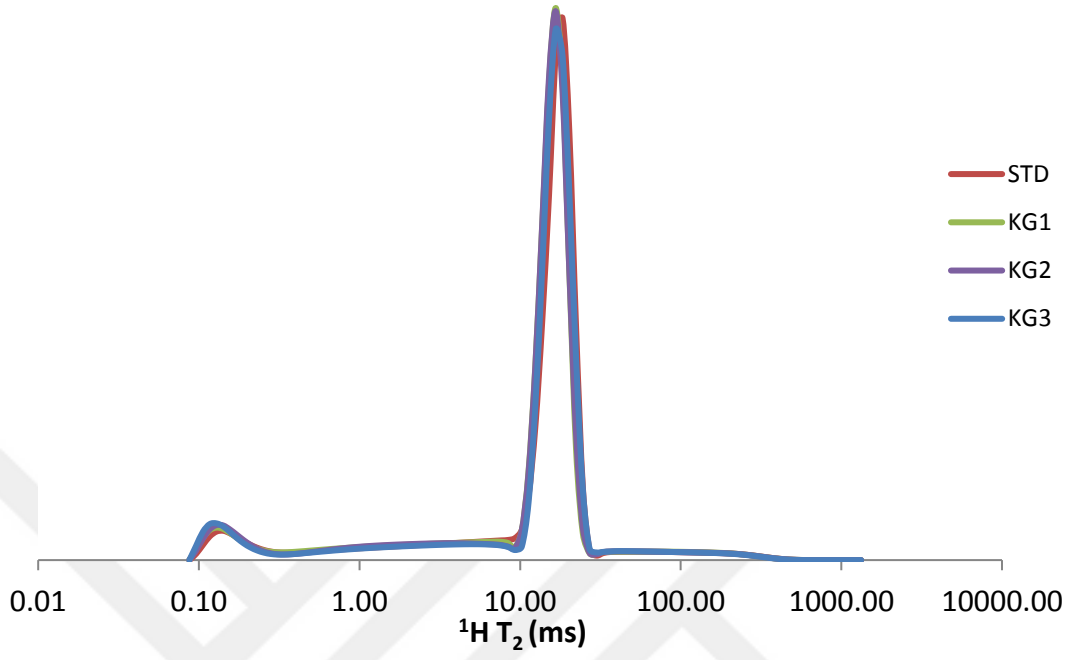
Hemdane vd. [163] tarafından yapılan bir çalışmada; kontrol ekmeğinin D popülasyonunun genişliği kepek içeren örneklere kıyasla düşük bulunmuştur. Ekmeğin içinden nemin azalmış olması D popülasyonunun T₂ değerinin ve alanının azalmasına neden olmuştur [162].

C alanı; suyla az temas halinde amorf nişastadan kaynaklı olan mobil CH protonları içerir [161]. C popülasyonunun daha düşük alanı, daha az amorf nişastanın suyla temas ettiğini göstermektedir. Ekmekte, popülasyon A, ağırlıklı olarak, kristal amiloz ve amorf nişastanın su ile temas etmeyen CH protonlarından oluşmuştur [163]. B popülasyonu ise C popülasyonu gibi; su ile az miktarda temas halindeki amorf nişastanın CH protonlarını temsil eder. Bu çalışmada KG ilavesi B popülasyonunun azalmasına, A ve C popülasyonlarının alanlarının artmasına ve hacmin düşmesine neden olmuştur. PL ilavesi ise B ve C popülasyon alanının artmasına neden olurken, A popülasyonu için KG'nin tersine bir etki göstermiştir ve kontrol örneği ile kıyaslandığında hacim değerlerinde herhangi istatistiksel bir değişim meydana getirmemiştir. B ve C popülasyonlarının alanlardaki artış, kepek açısından zengin ekmeğin kontrol ekmeğine göre daha küçük olup, kepek ilavesinin pişirme sırasında nişasta şişmesini ve jelatinleşmesini etkilediğini düşündürmektedir [163]. Aksine PL

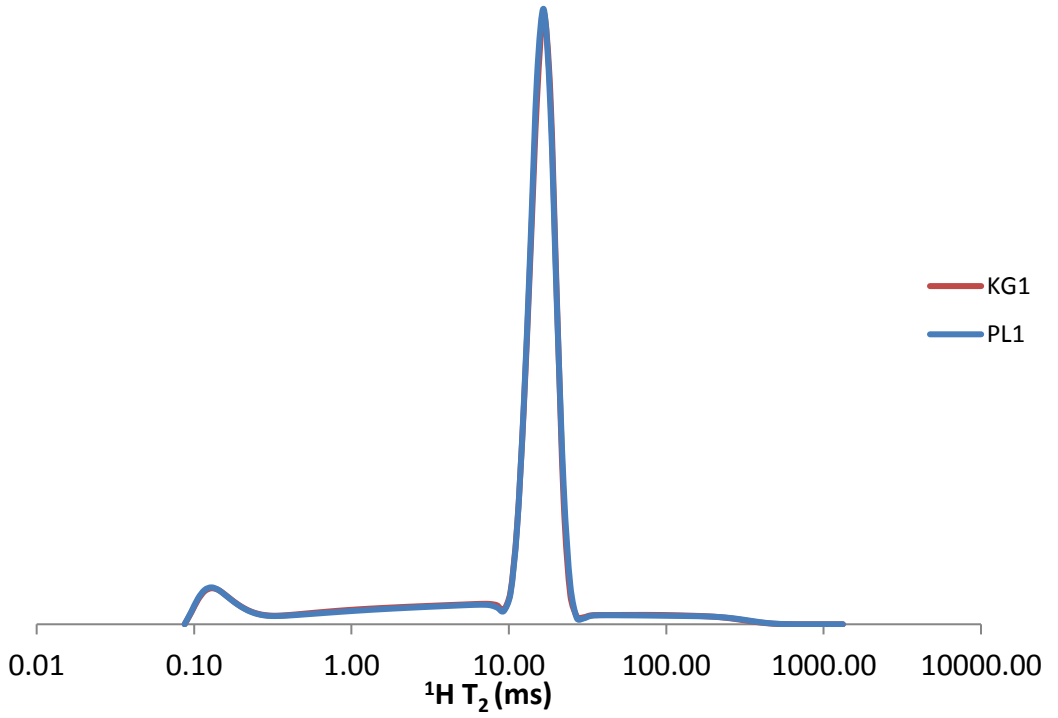
ilavesi kepek ilavesinde olduğu gibi ekmek hacmini azaltmamıştır. Önceki araştırmalarda, kepek parçacık boyutunun azaltılmasının ekmek hacmi üzerindeki etkisi araştırıldığında çelişkili sonuçlar bildirilmiştir [163].



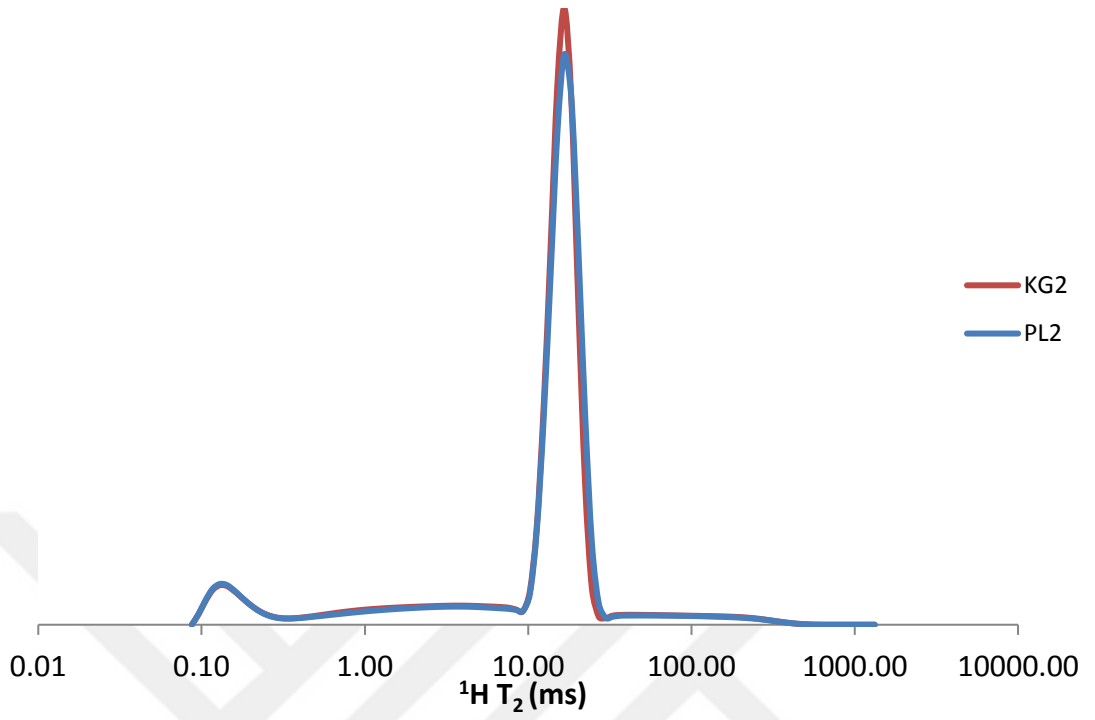
Şekil 4.6 Kontrol (STD) ve patates lifi (PL1, PL2, PL3) ilaveli örneklerin ^1H T_2 dinlenme süresi (relaxation time) grafiği



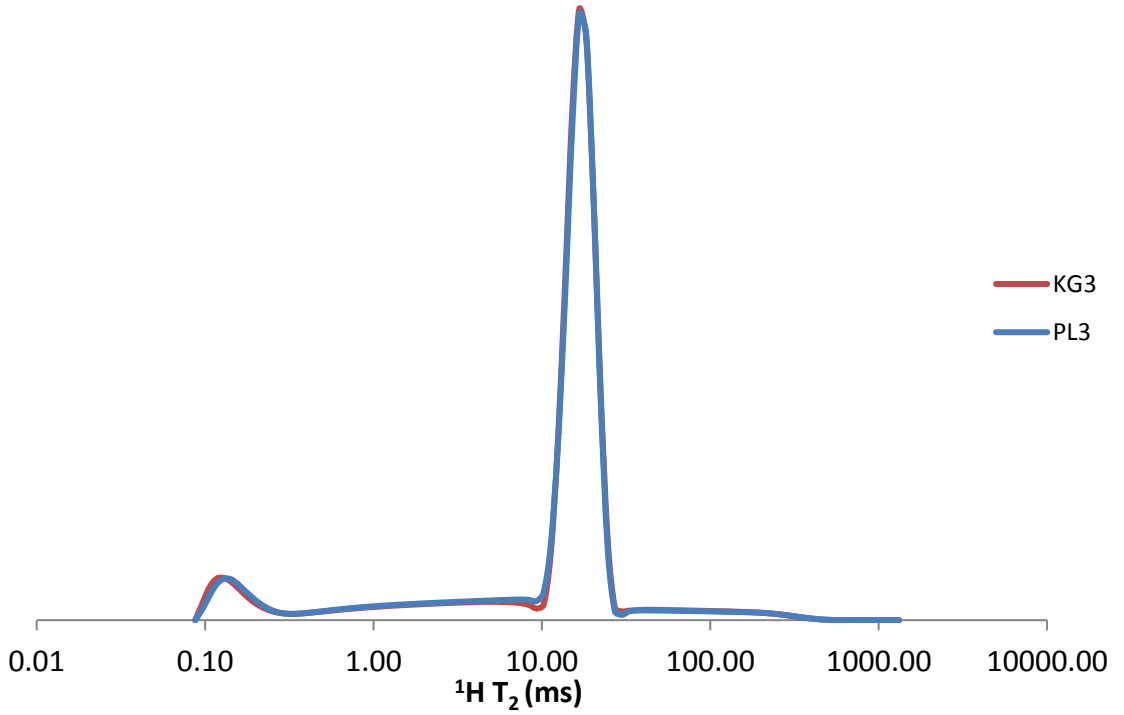
Şekil 4.7 Kontrol (STD) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) ilaveli örneklerin ^1H T_2 dinlenme süresi (relaxation time) grafiği



Şekil 4.8 KG1 ve PL1 örneklerinin ^1H T_2 dinlenme süresi (relaxation time) grafiği



Şekil 4.9 KG2 ve PL2 örneklerinin $^1\text{H } T_2$ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği



Şekil 4.10 KG3 ve PL3 örneklerinin $^1\text{H } T_2$ dinlenme süresi (relaxation time) grafiği

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Bu çalışmada patates lifi solüsyonlarının fizikokimyasal, moleküler ve reolojik özellikleri belirlenerek guar gam, karboksimetil selüloz ve ksantan gam ile karşılaştırılmış olup patates lifi ve ksantan gam farklı oranlarda glutensiz ekmek formülasyonlarında kullanılmıştır. Glutensiz ekmek örneklerinin fizikokimyasal, moleküler, termal ve reolojik özellikleri belirlenmiştir.
- Steady shear analizi ile PL solüsyonlarının Newtonian olmayan, shear-thinning (kesme incelmesi) akış gösterdikleri belirlenmiştir. Konsantrasyon artışı ile beraber viskozitede artış görülmüştür. Patates lifi solüsyonları, diğer hidrokolloidlere göre daha düşük kayma hızında deforme olmaya başlamıştır (60 s^{-1}).
- Viskoelastik analizlere göre PL solüsyonları her konsantrasyon için elastik özellik göstermiştir.
- Bütün örnekler için artan konsantrasyonla beraber D değerinde istatistiksel olarak önemli derecede düşüş gözlenmiştir.
- Bu çalışma ile PL'nin reolojik ve moleküler arasında yüksek korelasyon olduğu bulunmuştur.
- Glutensiz ekmek örnekleri için PL ilaveli örnekler KG ilaveli olanlara göre daha düşük nem içeriğine sahip olarak bulunmuştur.

- Örneklerin su aktiviteleri ve nem içerikleri glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılan PL ve KG'nin yapıdaki suyu bağlamalarına ilişkin önemli veriler sunmaktadır. Tekstür, hacim, FW ve D değerleri ile doğrudan ilişkilidir.
- Hidrokolloid ilavesinin FW değerlerinde artışa neden olduğu gözlenmiştir.
- Taze örneklerde nişasta retrogradasyonu henüz başlamadığı için 50-80 ° C sıcaklık aralığında endotermik pik gözlenmemiştir.
- Hidrokolloid ilaveli örneklerin renginin kontrol örneğine kıyasla koyulaştığı gözlenmiştir. Formülasyondaki hidrokolloid oranı arttıkça renkte koyulaşma artmıştır. Glutensiz ekmek normal buğday ekmeğine göre daha açık bir renge sahiptir. Hidrokolloid ilavesi rengi koyulaştırarak tüketici beğenisini sağlaması açısından önem arz etmektedir.
- KG oranı arttıkça hacimde azalma trendi gözlenmiştir. PL oranının artması ise hacim değerleri üzerinde negatif bir etki oluşturmamıştır.
- PL ve KG ilave edilen glutensiz ekmek örnekleri standart örneğe kıyasla daha sert yapıya sahiptir.
- Yapışkanlık ve elastikiyet'te; gam ve lif ilavesiyle azalma görülmüştür.
- D değerleri göz önüne alındığında; KG ilaveli örneklerin arasında istatistiksel olarak fark bulunamamakla beraber PL ilavesi arttıkça D değerinde artış olduğu gözlenmiştir.
- ¹H FID grafiklerine göre; PL ve KG suyun yapıya daha sıkı bağlanmasını sağlayarak moleküler hareketliliği azaltmıştır. Bu durumun depolama sürecinde bayatlamayı geciktirmesi beklenmektedir.
- Birden fazla ¹H T₂ popülasyonunun varlığı söz konusudur.
- C popülasyonunun alanının azalması, amorf nişastanın suyla daha az temas ettiğini göstermektedir. KG ilavesi B popülasyonunun azalmasına, A ve C popülasyonlarının alanlarının artmasına ve hacmin azalmasına neden olmuştur. PL ilavesi ise B ve C popülasyonunun alanının artmasına neden olurken, aksine A popülasyonunun azalmasına neden olmuştur ve kontrol örneği ile

kıyaslandığında hacimde değerlerinde herhangi bir istatistiksel fark meydana getirmemiştir.

- PL ve KG ilave edilen glutensiz ekmek örneklerinin fizikokimyasal, moleküler, termal ve reolojik özellikleri belirlenmiştir ancak bu lifin depolama süreci üzerine etkisinin incelenmesi önemlidir.
- Nitekim normal ekmek üzerine yapılan çalışmalarda depolama sürecinde bu liflerin bayatlama üzerine önemli derecede etki gösterdiği belirtilmiştir.
- Yapılan çalışmanın taze örneklerle yapılmış olması sonuçlar arasında büyük farklılıklar gözlenmemesine sebep olmuştur.
- Depolama sürecini kapsayan bir çalışma; patates lifinin kullanım potansiyeli konusunda daha net sonuçlar verebileceği için yeni araştırma konusu olarak depolama süresindeki etkilerin incelenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Tsatsaragkou, K., Protonotariou, S. ve Mandala, I., (2016). "Structural Role of Fibre Addition to Increase Knowledge of Non-Gluten", *Bread Journal of Cereal Science*, 67: 58-67.
- [2] Lionetti E., Gatti, S., Pulvirenti, A. ve Catassi, C., (2015). "Celiac Disease from a Global Perspective", *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol*, 29: 365-379.
- [3] Green, P.H.R. ve Jabri, B., (2003). "Celiac Disease", *The Lancet*, 362: 383-391.
- [4] Hamer, R.J., (2005). "Coeliac Disease: Background and Biochemical Aspects", *Biotechnology Advances*, 23: 401-408.
- [5] Gallagher, E., Gormley T.R. ve Arendt E.K., (2004). "Recent Advances in The Formulation of Gluten-Free Cerealbased Products", *Trends Food Science and Technology*, 15: 143-152.
- [6] Stepniak, D. ve Koning F., (2006). "Celiac Disease-Sandwiched between Innate and Adaptive Immunity", *Human Immunology*, 67: 460-468.
- [7] Koning, F., (2003). "The Molecular Basis of Celiac Disease", *Journal of Molecular Recognition*, 16: 333-336.
- [8] Lee, A. ve Newman, J.M., (2003). "Coeliac Diet: Its Impact on Quality of Life", *Journal of The American Dietetic Association*, 103: 1533-1535.
- [9] Butterworth, J.R., Banfield, L.M., Iqbal, T.H. ve Cooper, B.T., (2004). "Factors Relating to Compliance with a Gluten-Free Diet in Patients with Celiac Disease: Comparison of White Caucasian and South Asian Patients", *Clinical Nutrition*, 23: 1127-1134.
- [10] Lai, H.M., (2001). "Effects of Rice Properties and Emulsifiers on The Quality of Rice Pasta", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 203-216.
- [11] Hosney R.C., (1994). *Principles of Cereal Science and Technology*, Second Edition, Department of Grain Science and Industry, Kansas State University, Manhattan, Kansas.

- [12] Cevoli, C., Balestra, F., Ragni, L. ve Fabbri, A. (2013). "Rheological Characterisation of Selected Food Hydrocolloids by Traditional and Simplified Techniques", *Food Hydrocolloids*, 33: 142-150
- [13] Saha, D. ve Bhattacharya, S. (2010). "Hydrocolloids As Thickening and Gelling Agents in Food: a Critical Review", *Journal of Food Science and Technology*, 47: 587-597.
- [14] Williams P.A. ve Phillips, G.O. (2000). *Introduction to Hydrocolloids*. Derleyen: Phillips, G.O. ve Williams, P.A. eds. *Handbook of Hydrocolloids*. Cambridge: Woodhead Publishing, 1-19.
- [15] Armero, E. ve Collar, C. (1996a). "Anti-staling additives, flour type and sourdough process effects on functionality of wheat doughs", *Journal of Food Science*, 61: 299-303.
- [16] Armero, E. ve Collar, C. (1996b). "Anti-Staling Additive Effects on Fresh Wheat Bread Quality", *Food Sci. Technol.*, 2: 323-333.
- [17] Davidou, S., Le Meste, M., Debever, E. ve Bekaert, D. (1996). "A Contribution to The Study of Staling of White Bread: Effect of Water and Hydrocolloid", *Food Hydrocolloids*, 10: 375-383.
- [18] Toufeili, I., Dagher, S., Shadarevian, S., Noureddine, A., Sarakbi, M. ve Farran, T.M. (1994). "Formulation of Gluten-Free Pocket-Type Flat Breads: Optimization of Methylcellulose, Gum Arabic, and Egg Albumen Levels by Response Surface Methodology", *Cereal Chem.*, 71: 594-601.
- [19] Gurkin, S. (2002). "Hydrocolloids--Ingredients That Add Flexibility to Tortilla Processing", *Cereal Foods World*, 47: 41-43.
- [20] Arendt E.K., Morrissey A., Moore M.M. ve Dal Bello F., (2008). *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, Department of Food and Nutritional Sciences University College Cork Ireland, 289-311
- [21] Bekkour, K., Sun-Waterhouse, D. ve Wadhwa, S., (2014). "Rheological Properties and Cloud Point of Aqueous Carboxymethyl Cellulose Dispersions As Modified by High or Low Methoxyl Pectin", *Food Research International*, 66: 247-256
- [22] Cancela, M.A., Álvarez, E. ve Maceiras, R. (2005). "Effects of Temperature and Concentration on Carboxymethylcellulose with Sucrose Rheology", *Journal of Food Engineering*, 71: 419-424.
- [23] Damianou, K. ve Kiosseoglou, V. (2006). "Stability of Emulsion Containing a Whey Protein Concentrate Obtained from Milk Serum through Carboxymethylcellulose Complexation", *Food Hydrocolloids*, 20: 793-799.
- [24] Ueno, T., Yokota, S., Kitaoka, T. ve Wariishi, H. (2007). "Conformational Changes in Single Carboxymethylcellulose Chains on a Highly Oriented Pyrolytic Graphite Surface under Different Salt Conditions", *Carbohydrate Research*, 342: 954-960.

- [25] BeMiller J.N., (2008). "Hydrocolloids", 203-217; Derleyen: Arendt E.K. ve Dal Bello F. (2008). *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, Department of Food and Nutritional Sciences University College Cork, Ireland.
- [26] Rosell, C. M., Santos, E. ve Collar, C. (2009). "Physico-Chemical Properties of Commercial Fibers from Different Sources: A Comparative Approach", *Food Research International*, 42: 176–184.
- [27] Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S., Planells, R., Clero, E. ve Hercberg, S. (2005). "Dietary Fiber Intake and Risk Factors for Cardiovascular Disease in French Adults", *American Journal of Clinical Nutrition*, 82: 1185–1194.
- [28] Schaafsma, G. (2004). "Health Claims, Options for Dietary Fiber", 27–38; Derleyen: Vander Kamp, J.W., Asp, N.G., Jones, J.M., ve Schaafsma, G. (Eds.), *Dietary Fiber: Bioactive Carbohydrates for Food and Feed*, Wagening en Academic Publishers, The Netherlands.
- [29] Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M. ve Bourgeois, C.M. (1997). "Dietary Fibers: Nutritional and Technological Interest", *Trends Food Science and Technology*, 81: 41–48.
- [30] Camire, M.E. ve Flint, S.I. (1991). "Thermal Processing Effects on Dietary Fibre Composition and Hydration Capacity in Corn Meal, Oatmeal and Potato Peels", *Cereal Chemistry*, 68: 645–647.
- [31] Camire, M.E., Violette, D., Dougherty, M.P. ve McLaughlin, M.A. (1997). "Potato Peel Dietary Fiber Composition: Effects of Peeling and Extrusion Cooking Processes", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 1404–1408.
- [32] Fasano, A. ve Catassi, C. (2001). "Current Approaches to Diagnosis and Treatment of Celiac Disease: An Evolving Spectrum", *Gastroenterology*, 121: 636–651.
- [33] Catassi, C., Fabiani, E. ve Ratsch, I.M. (1996). "The Coeliac Iceberg in Italy. A Multicenter Antigliadin Antibodies Screening for Coeliac Disease in School-Age Subjects", *Acta Paediatr. Suppl.*, 412: 29–35.
- [34] Catassi, C. (2005). "The World Map of Celiac Disease", *Acta Gastroenterol. Latinoam*, 35: 37–55.
- [35] Catassi, C. ve Fasano, A., (2008). "Celiac Disease", 1-28; Derleyen: Arendt E.K. ve Dal Bello F., *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, Department of Food and Nutritional Sciences University College Cork Ireland.
- [36] Bdioui, F., Sakly, N., Hassine, M. ve Saffar, H. (2006). "Prevalence of Celiac Disease in Tunisian Blood Donors", *Gastroenterol. Clin. Biol.*, 30: 33–36.
- [37] Shahbazkhani, B., Malekzadeh, R. ve Sotoudeh, M., (2003). "High Prevalence of Celiac Disease in Apparently Healthy Iranian Blood Donors", *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.*, 15: 475–478.

- [38] Sood, A., Midha, V., Sood, N., Avasthi, G. ve Sehgal, A. (2006). "Prevalence of Celiac Disease among School Children in Punjab, North India", *J. Gastroenterol. Hepatol.*, 21: 1622–1625.
- [39] American Gastroenterological Association (2001). "Medical Position Statement: Celiac Sprue", *Gastroenterology*, 120: 1522–1525.
- [40] Holmes, G.K.T. ve Catassi, C. (2000). *Coeliac Disease*, Oxford: Health Press, Oxford.
- [41] Haboubi, N.Y., Taylor, S. ve Jones, S. (2006). "Coeliac Disease and Oats: A Systematic Review", *Postgrad. Med. J.*, 82: 672–678.
- [42] Gallagher, E., Gormley, T.R. ve Arendt, E.K. (2004a). "Crust and Crumb Characteristics of Gluten-Free Breads", *J. Food Eng.*, 56: 153–161.
- [43] Moore, M.M., Schober, T.J., Dockery, P. ve Arendt, E.K. (2004). "Textural Comparison of Gluten-Free and Wheat Based Doughs, Batters and Breads", *Cereal Chem.*, 81: 567–575.
- [44] Lindsay, M.P. ve Skerritt, J.H. (1999). "The Glutenin Macropolymer of Wheat Flour Doughs: Structure-Function Perspective", *Trends Food Sci. Technol.*, 10: 247–253.
- [45] Pomeranz, Y., (1988). "Composition and Functionality of Wheat Flour Components", 219–370; Derleyen: Pomeranz, Y., (1988). *Wheat Chemistry and Technology II*, 3rd edn., St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- [46] Don, C., Lichtendonk, W.J., Plijter, J.J. ve Hamer, R.J. (2003a). "Glutenin Macropolymer: A Gel Formed by Glutenin Particles", *J. Cereal Sci.*, 37: 1–7.
- [47] Don, C., Lichtendonk, W.J., Plijter, J.J. ve Hamer, R.J. (2003b). "Understanding The Link between GMP and Dough: From Glutenin Particles in Flour towards Developed Dough", *J. Cereal Sci.*, 38: 157–165.
- [48] MacRitchie, F. (1980). "Studies of Gluten Protein from Wheat Flours", *Cereal Foods World*, 25: 382–385.
- [49] Xu, J., Bietz, J. A. ve Carriere, C. J. (2007). "Viscoelastic Properties of Wheat Gliadin and Glutenin Suspensions", *Food Chem.*, 101:1025–1030.
- [50] MacRitchie, F. (1987). "Evaluation of Contributions from Wheat Protein Fractions to Dough Mixing and Breadmaking", *J. Cereal Sci.*, 6: 257–268.
- [51] Veraverbeke, W.S. ve Delcour, J.A. (2002). "Wheat Protein Composition and Properties of Wheat Glutenin in Relation to Breadmaking Functionality", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 42: 179–208.
- [52] Arendt, E., O'Brien, C., Schober, T., Gormley, T. ve Gallagher, E. (2002). "Development of Gluten-Free Cereal Products", *Farm and Food*, 12: 21–27.
- [53] Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Hardin, R.T. ve Thomson, A.B.R. (1991). "Response Surface Methodology in The Development of Rice Flour Yeast Breads: Sensory Evaluation", *J. Food Sci.*, 5: 751–759.

- [54] Haque, A. ve Morris, E.R. (1994). "Combined Use of Ispaghula and HPMC to Replace or Augment Gluten in Breadmaking", *Food Res. Int.*, 27: 79–393.
- [55] Gujral, H.S., Haros, M. ve Rosell, C.M. (2003a). "Starch Hydrolysing Enzymes for Retarding The Staling for Rice Bread", *Cereal Chem.*, 80: 750–754.
- [56] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V. ve Rosell, C.A. (2003b). "Effect of Cyclodextrinase on Dough Rheology and Bread Quality from Rice Flour", *J. Agric. Food Chem.*, 51: 3814–3818.
- [57] Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R. ve Arendt, E.K. (2003). "The Effect of Dairy and Rice Powder Addition on Loaf and Crumb Characteristics, and on Shelf Life (Intermediate and Long Term) of Gluten-Free Breads Stored in a Modified Atmosphere", *Eur. J. Food Res.*, 218: 44–48.
- [58] Moore, M.M., Schober, T.J. ve Juga, B. (2007). "Effect of Lactic Acid Bacteria on the Properties of Gluten-Free Sourdoughs, Batters and the Quality and Ultrastructure of Gluten-Free Bread", *Cereal Chem.*, 84: 357–364.
- [59] Moore, M.M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H.M. ve Arendt, E.K. (2006). "Network Formation in Gluten-Free Bread with the Application of Transglutaminase", *Cereal Chem.*, 83: 28–36.
- [60] Sivaramakrishnan, P.H., Senge, B. ve Chattopadhyay, K.P. (2004). "Rheological Properties of Rice Dough for Making Rice Bread", *J. Food Eng.*, 62: 37–45.
- [61] McCarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J. ve Arendt, E.K. (2005). "Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread", *Cereal Chem.*, 82: 609–615.
- [62] Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.H. ve Huber, C.S. (2005). "Sensory Mechanical and Microscopic Evaluation of Staling in Low-Protein and Gluten-Free Breads", *Cereal Chem.*, 82: 328–335.
- [63] 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", *J. Food Eng.*, 79: 1033–1047.
- [64] Rosell, C.M. ve Marco, C., (2008). "Rice", 81-100; Derleyen: Arendt, K. ve Dal Bello F., *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, Chapter 4. Elsevier Inc..
- [65] Lorenzo, G., Zaritzky, N. ve Califano, A., (2008). "Optimization of Non-Fermented Gluten-Free Dough Composition Based on Rheological Behavior for Industrial Production of Empanadas and Pie-Crusts", *Journal of Cereal Science*, 48: 224-231.
- [66] Schober, T.J., Messerschmidt, M., Bean, S.R., Park, S.H. ve Arendt, E.K., (2005). "Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences among Hybrids", *Cereal Chemistry*, 82: 394-404.
- [67] Sungur, B., (2009). Bazı Hidrokolloidler ve Yüzey Aktif Maddenin Hamurun Reolojik Özellikleri ile Dondurulmuş Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri, Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [68] Glicksman, M. (1980). *Food Hydrocolloids*, Vol. 1-3, CRC. Press, Boca Raton. F. L.
- [69] Kashyap, N., Kumar, N. ve Kumar, M. (2005). "Hydrogels for Pharmaceutical and Biomedical Applications", *Critical Reviews in Therapeutic Drug Carrier Systems*, 22: 107–149.
- [70] Peppas, N.A., Burns, P., Leobandung, W. ve Ichikawa, H. (2000). "Hydrogels in Pharmaceutical Formulations", *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 50: 27–46.
- [71] Ward, F.M. ve Andon, S.A. (1993). "Water- Soluble Gums Used in Snack Foods and Cereal Products", *Cereal Foods World*, 38: 748-752.
- [72] Sahin, H. ve Ozdemir, F. (2004). "Effect of Some Hydrocolloids on the Rheological Properties of Different Formulated Ketchups", *Food Hydrocolloids*, 18: 1015-1022.
- [73] Anderson, D.M. ve Andon, S.A. (1988). "Water-Soluble Food Gums and Their Role in Product Development", *the American Association Of Cereal Chemists*, 33: 844-850.
- [74] Nussinovitch, A. (1997). *Hydrocolloid Applications: Gum Techonology in the Food and Other Industries*, Blackie Akademic and Professional UK.
- [75] Marcotte, M., Taherian Hoshahili, R.A. ve Ramaswamy, S.H. (2001). "Rheological Properties of Selected Hydrocolloids As a Function of Concentration and Temperature", *Food Research International*, 34: 695-703.
- [76] Appleqvist, I.A.M. ve Debet, M.R.M. (1997). "Starch- Biopolymer Interactions: a Review", *Food Reviews International*, 13: 163-224.
- [77] Kokini, J.L., Lai, L.S. ve Chedid, L.L. (1992). "Effect of Starch Structure on Starch Rheological Properties", *Food Technology*, 46: 124-139.
- [78] Fanta, G. F. ve Christianson, D. D. (1996). "Starch-Hydrocolloid Composites Prepared by Steam Jet Cooking", *Food Hydrocolloids*, 10: 173-178.
- [79] Rojas, J.A., Rosell, C.M. ve Benedito de Barber, C., (1999). "Pasting Properties of Different Wheat Flour – Hydrocolloid Systems", *Food Hydrocolloids*, 13: 27-33.
- [80] Fox, J.E. (1992). "Seed Gums, in Thickening and Gelling Agents for Food", Chapter. 7, 153-170; Derleyen: Imeson, A. P., (2000). *Handbook of Hydrocolloids*, Blackie, Glasgow.
- [81] Jud, B. ve Bruemmer, J.M., (1990). "Manufacture of Gluten-Free Breads with Special Galactomannans", *Getreide Mehl Brot*, 44: 178-183.
- [82] Dluzewska, E., Marciniak, K. ve Dojczew, D. (2001). "Gluten-Free Bread Concentrates with Added Selected Hydrocolloids", *Zywnosc* 8, 57-67; *Chem. Abstr.* 135, 166234.

- [83] Urlacher, B. ve Dalbe, B., (1992). "Xanthan Gum, in Thickening and Gelling Agents for Food", 206-226; Derleyen: Imeson A., (2000). Handbook of Hydrocolloids, Blackie, Glasgow.
- [84] Chatelard, P., (1998). "Gluten-Free Bread and Its Manufacture". FR Patent 2765076 A1; Chem. Abstr. 130, 196095 (1999).
- [85] Greminger, G.K. ve Krumel, K.L., (1980). "Alkyl and Hydroxyalkylcellulose", ch.3; Derleyen: Davidson, R. L., (1980). Handbook of Water-Soluble Gums and Resins, MacGraw-Hill, New York.
- [86] Stelzer, G.I. ve Klug, E.D., (1980). "Carboxymethylcellulose", 421-428, ch.4; Derleyen: Davidson, R. L., (1980). Handbook of Water-Soluble Gums and Resins, McGraw-Hill, New York.
- [87] Zecher, D. ve Van Collie, R., (1992). "Cellulose Derivatives, in Thickening and Gelling Agents for Food", 206-226, 40-65; Derleyen: Imeson A., P., (2000). Handbook of Hydrocolloids, Blackie, Glasgow.
- [88] Glicksman, M., Farkas, E.H. ve Carter, S., (1972). "Low-Calorie Yeast-Leavened Baked Products", US Patent 3,676,150; Chem. Abstr. 77, 138565 (1972).
- [89] Raban, A., Tagliabue, A., Christensen, N.J., Madsen, J., Host, J.J. ve Astrup, A., (1994). "Resistant Starch: The Effect on Postprandial Glycemia, Hormonal Response, and Satiety", Am. J. Clin. Nutr., 60:544-551.
- [90] Cummings, J.H., Beatty, E.R., Kingman, S.M., Bingham, S.A., ve Englyst, H.N., (1996). "Digestion and Physiological Properties of Resistant Starch in The Human Large Bowel", Br. J. Nutr., 75:733- 747.
- [91] Hylla, S., Gostner, A., Dusel, G., Anger, H., Bartram, H.P., Christl, S.U., Kasper, H. ve Scheppach, W., (1998). "Effects of Resistant Starch on the Colon in Healthy Volunteers: Possible Implications for Cancer Prevention", Am. J. Clin. Nutr., 67: 136-42.
- [92] Sajilata, M.G., Singhal, R.S. ve Kulkarni, P.R., (2006). "Resistant Starch", Comp. Rev. Food Sci. Food Safety 5:1-17.
- [93] Eastwood, M.A., Robertson, J.A., Brydon, W.G., ve MacDonald, D., (1983). "Measurement of Waterholding Properties of Fibre and Their Faecal Bulking Ability in Man", Br. J. Nutr., 50:539-547.
- [94] Rodríguez, R., Jiménez, A., Fernández - Bolaños, J., Guillén, R. ve Heredia, A. (2006). "Dietary Fiber from Vegetable Products As Source of Functional Ingredients", Trends in Food Science and Technology, 17: 3-15.
- [95] Turabi, E., (2010). Design of Gluten Free Rice Cake Formulations for Baking in Infrared-Microwave Combination Oven, Doktora tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [96] Abdel-Aal, E.M., (2009). "Functionality of Starches and Hydrocolloids in Gluten-Free Foods", 200-224; Derleyen: Gallagher E., (2009). Gluten-free Food Science and Technology, Wiley-Blackwell Publishing, Oxford.

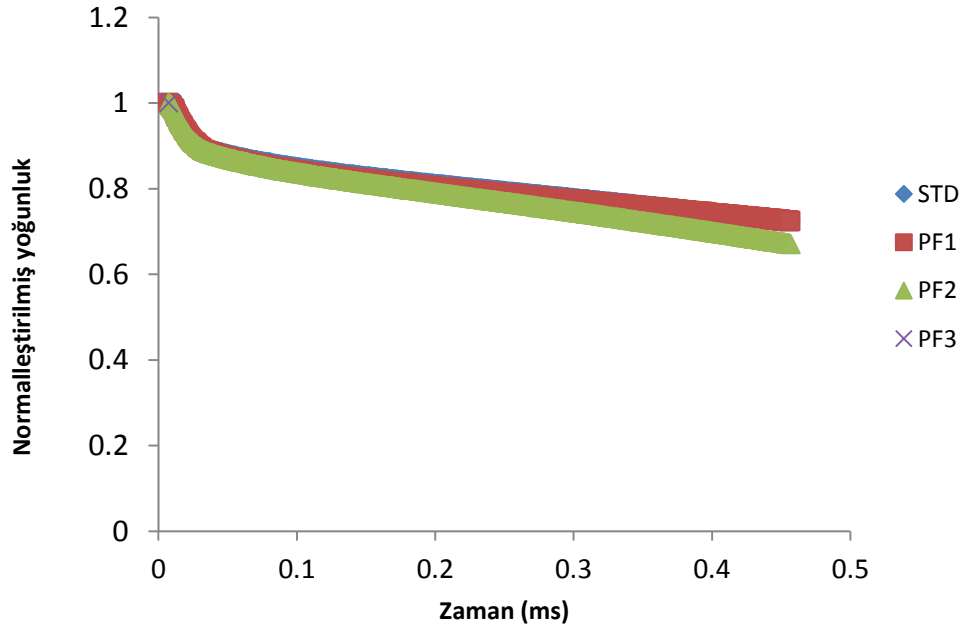
- [97] Rosell, C.M., Haros, M., Escriva, C., ve Benedito De Barber, C., (2001). "Experimental Approach to Optimise the Use of Alpha-Amylases in Breadmaking", *J. Agric. Food Chem.*, 49: 2973–2977.
- [98] Gavilighi, H.A., Azizi, M.H., Barzegar, M. ve Ameri, M.A. (2006). "Effect of Selected Hydrocolloids on Bread Staling As Evaluated by DSC and XRD", *Journal of Food Technology*, 4: 185-188.
- [99] Wang, L., Miller, R.A., ve Hosenev, R.C. (1998). "Effects of (1→3) (1→4)→B-D-Glucan of What Flours on Breadmaking", *Cereal Chem.*, 75: 629–633.
- [100] Rotsch, A. (1954). "Chemische und Technische Untersuchungen an Kunstlichen Teigen", *Brot Gebaeck*, 8: 129.
- [101] Eliasson, A., ve Larsson, K. (1993). "In Cereals in breadmaking", New York: Marcel Dekker.
- [102] Kang, M.Y., Choi, Y.H., ve Choi, H.C. (1997). "Effects of Gums, Fats and Glutens Adding on Processing and Quality of Milled Rice Bread", *Korean Journal of Food Science and Technology*, 29:700–704.
- [103] Gan, J., Rafael, L.G.B., Cato, L. ve Small, D.M. (2001). "Evaluation of the Potential of Different Rice Flours in Bakery Formulations", In *Proceedings of the 51st Australian Cereal Chemistry Conference*, 309–312.
- [104] Cato, L., Rafael, L.G.B., Gan, J. ve Small, D.M. (2002). "The Use of Rice Flour and Hydrocolloid Gums for Gluten Free Breads", In *Proceedings of the 51st Australian Cereal Chemistry Conference*, 304–308.
- [105] Acs, E., Kovacs, Z. ve Matuz, J. (1996a). "Bread from Corn Starch for Dietetic Purposes. I. Structure Formation", *Cereal Research Communications*, 24: 441–449.
- [106] Acs, E., Kovacs, Z. ve Matuz, J. (1996b). "Bread from Corn Starch for Dietetic Purposes II. Formation of the Visual and Technological Properties", *Cereal Research Communications*, 24: 451–459.
- [107] Schwarzlaff, S.S., Johnson, J.M., Barbeau, W.E. ve Duncan, S. (1996). "Guar and Locust Bean Gums As Partial Replacers of Allpurpose Flour in Bread: An Objective and Sensory Evaluation", *Journal of Food Quality*, 19: 217–229.
- [108] Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A. ve Schoenlechner, R., (2012). "Quality Improvement of Rice-Based Gluten-Free Bread Using Different Dietary Fibre Fractions of Rice Bran", *J. Cereal Sci.*, 56:389-395.
- [109] Toma, R.B., Orr, P.H., D'Appolonia, B., Dintzis, F.R. ve Tabekhia, M.M. (1979). "Physical and Chemical Properties of Potato Peel As a Source of Dietary Fiber in Bread", *Journal of Food Science*, 44: 1403–1407.
- [110] Sharoba, A.M., Farrag, M.A., ve El-Salam, A.A. (2013). "Utilization of Some Fruits and Vegetables Wastes As a Source of Dietary Fibers in Cake Making", *Journal of Food and Dairy Sciences*, 4: 433–453.

- [111] Pomeranz, Y., Shogren, M.D., Finney, K.F. ve Bechtel, D.B. (1977). "Fiber in Bread Making – Effects on Functional Properties", *Cereal Chemistry*, 54: 25–41.
- [112] Sidhu, J.S., Suad, N. ve Al-Saquer, J.M. (1999). "Effects of Adding Wheat Bran and Germ Fractions on The Chemical Composition of High-Fiber to Astbread", *Food Chemistry*, 67: 365–371.
- [113] Wang, J., Rosell, C.M. ve Barber, C.B. (2002). "Effect of the Addition of Different Fibers on Wheat Dough Performance and Bread Quality", *Food Chemistry*, 79: 221–226.
- [114] Gibson, G.R. ve Roberfroid, M.B. (1995). "Dietary Modulation of The Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics", *Journal of Nutrition*, 125:1401–1412.
- [115] Gallagher, E., Polenghi, O. ve Gormley, T.R. (2002b). "Novel Rice Starches in Gluten-Free Bread", In *Proceedings of the International Association of Cereal Chemists Conference*, 24–26.
- [116] Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K. ve Gallagher, E., (2010). "Nutritive Value of Pseudocereals and Their Increasing Use As Functional Gluten-Free Ingredients", *Trends Food Sci. Technol.*, 21:106-113.
- [117] Demirkesen, I., Campanella, O.H., Sumnu, G., Sahin, S. ve Hamaker, B.R., (2014). "A Study on Staling Characteristics of Gluten-Free Breads Prepared with Chestnut and Rice Flours", *Food Bioprocess Technol.*, 7:806-820.
- [118] Tsatsaragkou, K., Yiannopoulos, S., Kontogiorgi, A., Poulli, E., Krokida, M. ve Mandala, I., (2012). "Mathematical Approach of Structural and Textural Properties of Gluten Free Bread Enriched with Carob Flour", *J. Cereal Sci.*, 56:603-609.
- [119] Capriles, V.D. ve Areas, J.A., (2013). "Effects of Prebiotic Inulin-Type Fructans on Structure, Quality, Sensory Acceptance and Glycemic Response of Gluten-Free Breads", *Food Funct.*, 4:104-110.
- [120] Korus, J., Grzelak, K., Achremowicz, K. ve Sabat, R., (2006). "Influence of Prebiotic Additions on the Quality of Gluten-Free Bread and on the Content of Inulin and Fructooligosaccharides", *Food Sci. Technol. Int.*, 12:489-495.
- [121] Sabanis, D., Lebesi, D. ve Tzia, C., (2009). "Effect of Dietary Fibre Enrichment on Selected Properties of Gluten-Free Bread", *LWT e Food Sci. Technol.*, 42:1380-1389.
- [122] Ziobro, R., Korus, J., Juszczak, L. ve Witczak, T., (2013). "Influence of Inulin on Physical Characteristics and Staling Rate of Gluten-Free Bread", *J. Food Eng.*, 116:21-27.
- [123] Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M. ve Ng, P.K.W., (2009). "The Role of Corn Starch, Amaranth Flour, Pea Isolate, and Psyllium Flour on the Rheological Properties and the Ultrastructure of Gluten-Free Doughs", *Food Res. Int.*, 42:963-975.

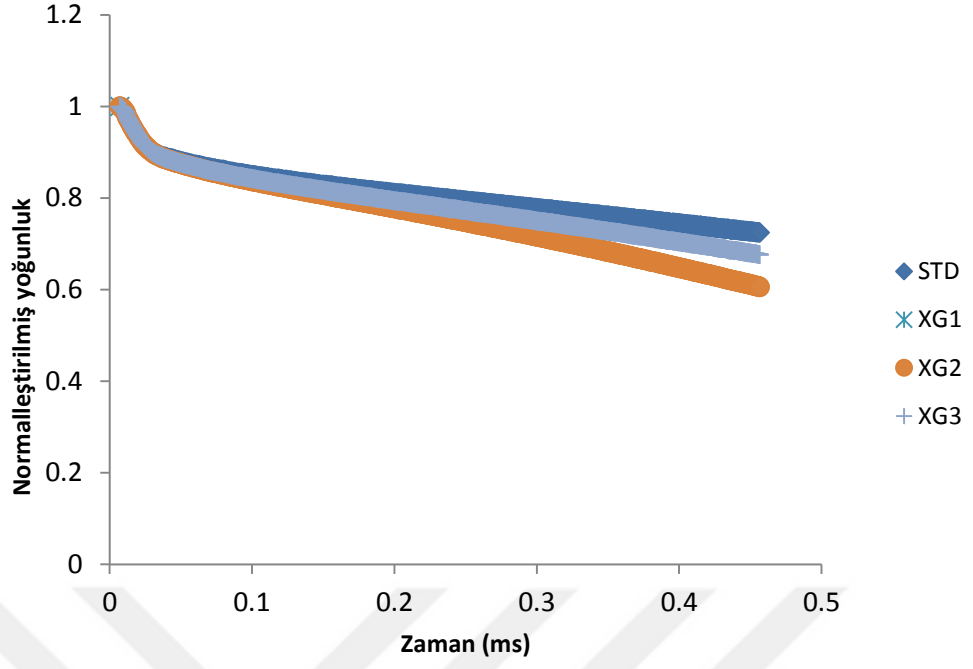
- [124] Cappa, C., Lucisano, M. ve Mariotti, M., (2013). "Influence of Psyllium, Sugar Beet Fibre and Water on Gluten-Free Dough Properties and Bread Quality", *Carbohydr. Polym.*, 98:1657-1666.
- [125] Hager, A.S., Ryan, L.A.M., Schwab, C., Góanzle, M.G., O'Doherty, J.V. ve Arendt, E.K., (2011). "Influence of the Soluble Fibres Inulin and Oat β -Glucan on Quality of Dough and Bread", *Eur. Food Res. Technol.*, 232:405-413.
- [126] Ronda, F., Perez-Quirce, S., Lazaridou, A. ve Biliaderis, C.G., (2015). "Effect of Barley and Oat β -Glucan Concentrates on Gluten-Free Rice-Based Doughs and Bread Characteristics", *Food Hydrocoll.*, 48:197-207.
- [127] Ronda, F., Pérez-Quirce, S., Angioloni, A. ve Collar, C., (2013). "Impact of Viscous Dietary Fibres on the Viscoelastic Behaviour of Gluten-Free Formulated Rice Doughs: A Fundamental and Empirical Rheological Approach", *Food Hydrocoll.*, 32:252-262.
- [128] Martínez, M.M., Díaz, A. ve Gomez, M., (2014a). "Effect of Different Microstructural Features of Soluble and Insoluble Fibres on Gluten-Free Dough Rheology and Breadmaking", *J. Food Eng.*, 142:49-56.
- [129] Buresova, I., Kracmar, S., Dvorakova, P. ve Streda, T., (2014). "The Relationship Between Rheological Characteristics of Gluten-Free Dough and the Quality of Biologically Leavened Bread.", *J. Cereal Sci.*, 60:271-275.
- [130] Mariotti, M., Pagani, M.A. ve Lucisano, M., (2013). "The Role of Buckwheat and HPMC on the Breadmaking Properties of Some Commercial Gluten-Free Bread Mixtures", *Food Hydrocoll.*, 30:393-400.
- [131] Korus, J., Juszczak, L., Ziobro, R., Witczak, M., Grzelak, K. ve Sojka, M., (2012). "Defatted Strawberry and Blackcurrant Seeds As Functional Ingredients of Gluten Free Bread", *J. Texture Stud.*, 43:29-39.
- [132] O'Shea, N., Reoble, C., Arendt, E. ve Gallagher, E., (2015). "Modelling the Effects of Orange Pomace Using Response Surface Design for Gluten-Free Bread Baking", *Food Chem.*, 166:223-230.
- [133] Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C. ve Galotto, M.J., (2004). "Different Hydrocolloids As Bread Improvers and Antistaling Agents", *Food Hydrocolloids*, 18:214-247.
- [134] Cemeroğlu, B. (2011). "Gıda Analizleri", Genişletilmiş 2. Baskı. (Bölüm yazarları: Cemeroğlu, Özkan, M., Yemenicioğlu, A., Kırca, A., Yemiş, O., Tağı, Ş. ve Türkyılmaz, M.). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Bizim Büro Basımevi, Ankara, 34:557.
- [135] AACC International. Approved methods of analysis, 11th ed. Method 10-05.01. Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. October 3, 2001. St. Paul, MN, U.S.A.
- [136] Le Grand, F., Cambert, M. ve Mariette, F. (2007). "NMR Signal Analysis to Characterize Solid, Aqueous, and Lipid Phases in Baked Cakes", *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 55: 10947–10952.

- [137] Gómez-Díaz, D. ve Navaza, M.J., (2003). "Rheology of Aqueous Solutions of Food Additives. Effect of Concentration, Temperature and Blending", *Journal of Food Engineering*, 56: 387-392.
- [138] Wu, Y., Cui, W., Eskin, N.A.M. ve Goff, H.D. (2009). "An Investigation of Four Commercial Galactomannans on Their Emulsion and Rheological Properties", *Food Research International*, 42:1141-1146.
- [139] Tipvarakarnkoon, T. ve Senge, B. (2008). "Rheological Behaviour of Gum Solutions and Their Interaction After Mixing", *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society*, 16:1-8.
- [140] Nor Hayati, I., Che Man, Y.B., Tan, C.P, ve Nor Aini, I. (2009). "Droplet Characterization and Stability of Soybean Oil/Palm Kernel Olein O/W Emulsions with the Presence of Selected Polysaccharides", *Food Hydrocolloids*, 23: 233-243.
- [141] Roberts, K.T. (2011). "The Physiological and Rheological Effects of Foods Supplemented with Guar Gum", *Food Research International*, 44: 1109–1114.
- [142] Szczesniak, A.S. (1985). "Rheological Basis for Selecting Hydrocolloids for Specific Applications", 311-323; Derleyen: Phillips, O.G., Wedlock, J.D. ve Williams, A.P., *Gums and Stabilisers for The Food Industry*, IRL Press, Oxford, USA.
- [143] Torres M.D., Hallmark B. ve Wilson D.I., (2014). "Effect of Concentration on Rheology of Guar Gum Solutions", *Food Hydrocolloids*, 40: 85–95.
- [144] Zhong, L., Oostrom, M., Truex, M.J., Vermeul, V.R. ve Szecsody, J.E., (2013). "Rheological Behavior of Xanthan Gum Solution Related to Shear Thinning Fluid Delivery for Subsurface Remediation", *J. Hazard. Mater.*, 244-245, 160-170.
- [145] Wu, Y., Ding, W., Jia, L., Wu, Q.H.Y., Ding, W., Jia, L. ve He, Q. (2015). "The Rheological Properties of Tara Gum (*Caesalpinia spinosa*)", *Food Chemistry*, 168: 366–371.
- [146] Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M., Neyestani, T. ve Mortazavian, A. M., (2014). "Development of Gluten-Free Flat Bread Using Hydrocolloids: Xanthan and CMC", *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20: 1812–1818.
- [147] Rosell, C.M., Rojas, J.A. ve Benedito de Barber C., (2001). *Food Hydrocolloids*, 15-75.
- [148] Curti, E., Carini, E., Diantom, A., ve Vittadini, E., (2015). "The Use of Potato Fibre to Improve Bread Physico-Chemical Properties During Storage", *Food Chemistry*, 195: 64-70
- [149] Ribotta, P.D. ve Le Bail, A. (2007). "Thermo-physical Assessment of Bread During Staling", *Lwt e Food Science and Technology*, 40: 79-884.
- [150] Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G. ve Vittadini, E. (2013). "Effect of the Addition of Bran Fractions on Bread Properties", *Journal of Cereal Science*, 57: 325-332.

- [151] Esteller, M.S. ve Lannes, S.C.S. (2008). "Production and Characterization of Spongedough Bread Using Scaled Rye", *Journal of Texture Studies*, 39: 56–67.
- [152] Park, H., Seib, P.A. ve Chung, O.K. (1997). "Fortifying Bread with a Mixture of Wheat Fibre and Psyllium Husk Fibre Plus Three Antioxidants", *Cereal Chemistry*, 74: 207–211.
- [153] Dalgetty, D. ve Baik, B. (2006). "Fortification of Bread with Hulls and Cotyledon Fibers Isolated from Peas, Lentils and Chickpeas", *Cereal Chemistry*, 83: 269.
- [154] Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A. ve Apesteguia, A. (2003). "Effect of Dietary Fibre on Dough Rheology and Bread Quality", *European Food Research and Technology*, 216: 51–56.
- [155] Sangnark, A. ve Noomhorm, A. (2004). "Chemical, Physical and Baking Properties of Dietary Fiber Prepared from Rice Straw", *Food Research International*, 37:66–74.
- [156] Sabanis, D. ve Tzia, C., (2011). "Effect of Hydrocolloids on Selected Properties of Glutenfree Dough and Bread", *Food Sci. Technol. Int.*, 17:279-291.
- [157] Peressini, D. ve Sensidoni, A., (2009). "Effect of Soluble Dietary Fibre on Rheological and Breadmaking Properties of Wheat Doughs", *Journal of Cereal Science*, 49:190-201.
- [158] Hager, A.S. ve Arendt, E.K. (2013). "Influence of Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), Xanthan Gum and Their Combination on Loaf Specific Volume, Crumb Hardness and Crumb Grain Characteristics of Gluten-Free Breads Based on Rice, Maize, Teff and Buckwheat", *Food Hydrocolloids*, 32: 195-203.
- [159] Mir, S.A., Shah, M.A., Naik, H.R. ve Zargar, I.A., (2016). "Influence of Hydrocolloids on Dough Handling and Technological Properties of Gluten-Free Breads", *Trends in Food Science and Technology*, 51:49-57.
- [160] Engelsen, S.B., Jensen, M.K., Pedersen, H.T., Norgaard, L. ve Munck, L. (2001). "NMR-Baking and Multivariate Prediction of Instrumental Texture Parameters in Bread", *Journal of Cereal Science*, 33:59-67.
- [161] Bosmans, G.M., Lagrain, B., Deleu, L.J., Fierens, E., Hills, B.P. ve Delcour, J.A. (2012). "Assignments of Proton Populations in Dough and Bread Using NMR Relaxometry of Starch, Gluten, and Flour Model Systems", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 5461–5470.
- [162] Bosmans, G.M., Lagrain, B., Fierens, E. ve Delcour, J.A., (2013). "The Impact of Baking Time and Bread Storage Temperature on Bread Crumb Properties", *Food Chemistry*, 141: 3301–3308
- [163] Hemdane, S., Jacobs, P.J., Bosmans, G.M., Verspreet, J., Delcour, J.A. ve Courtin, C.M., (2017). "Study on the Effects of Wheat Bran Incorporation on Water Mobility and Biopolymer Behavior During Bread Making and Storage Using Time-Domain 1H NMR Relaxometry", *Food Chemistry*, 236: 76-86



Şekil A.1 Kontrol (STD) ve patates lifi (PL1, PL2, PL3) ilaveli glutensiz ekmek örneklerinin ^1H FID grafiği



Şekil A.2 Kontrol (STD) ve ksantan gam (KG1, KG2, KG3) ilaveli glutensiz ekme örneklerinin ¹H FID grafiği

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Umay Sevgi VARDAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.04.1991 / İstanbul
Yabancı Dili : İngilizce/ İtalyanca
E-posta : usvardar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y.Lisans	GıdaMühendisliği	Yıldız Teknik Üniveritesi	
Lisans	GıdaMühendisliği	Trakya Üniveritesi	2013
Lise	Fen Bilimleri	Bakırköy Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015	Universita degli Studi di Parma	Proje Asistanı

YAYINLARI

Bildiri

1. Vardar, U.S., Curti E., Yilmaz M. T., Vittadini E., Carini E., Potato Fiber - Water Systems: A Rheological Investigation, the 9th International Conference on Water in Food, 22- 24 Mayıs 2016, Leuven, Belgium
2. Vardar, U.S., Tekin Z. H., Özçelik G., Physicochemical and Bioactive Properties of Hardaliye, the 3rd International Symposium on "Traditional Foods fromAdriatics to Caucasus" , 01-04 ekim 2015, Saraybosna, Bosna-Hersek

