

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BAZI GIDA LİFLERİNİN
GLUTENSİZ KEK FORMÜLASYONLARINDA
KULLANILMASI**

Zahide MEMELİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 614.02.00

Sunuş Tarihi: 30.04.2015

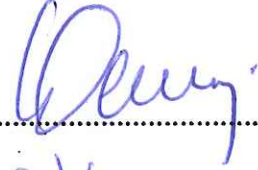
**Bornova-İZMİR
2015**

Zahide MEMELİ tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan "Bazı Gıda Liflerinin Glutensiz Kek Formülasyonlarında Kullanılması" başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 30.04.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

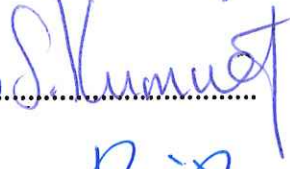
Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Sebnem TAUMAN



Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Seher KUMKURĞULU



Üye : Prof. Dr. Ergun KOSE



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bazı Gıda Liflerinin Glutensiz Kek Formülasyonlarında Kullanılması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

30/04/2015



Zahide MEMELİ

ÖZET

BAZI GIDA LİFLERİNİN GLUTENSİZ KEK FORMÜLASYONLARINDA KULLANILMASI

MEMELİ, Zahide

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU

Nisan, 2015, 111 sayfa

Bu çalışmanın amacı farklı meyve ve sebze posalarından elde edilen yüksek diyet lifi içeriğine sahip tozların glutensiz kek formülasyonuna farklı oranlarda eklenmesinin hamur reolojisi ve kek kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesidir.

Çalışmanın ilk aşamasında elma, havuç ve portakal posalarının kurutulup öğütülmesiyle yüksek diyet lifi içeriğine sahip elma posası tozu (EPT), havuç posası tozu (HPT) ve portakal posası tozu (PPT) üretimi yer almaktadır. Elde edilen toz ürünlerde nem, pH ve toplam diyet lifi analizleri gerçekleştirilmiştir. EPT, HPT ve PPT'nun sırasıyla (kuru temelde) %64.84, 83.91, 82.22 toplam diyet lifi içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında posalardan elde edilen tozların farklı oranlarda (% 0, 5, 10, 15) pirinç unu ile yer değiştirilmesiyle glutensiz kekin lif içeriğinin artırılması hedeflenmiştir. Farklı diyet lifi kaynakları kullanılarak üretilen kek hamurlarının akış davranışları ile viskoelastik davranışları incelenmiş, elde edilen verilerin Üssel model ve Casson modeline uyum gösterdiği belirlenmiştir. Kek hamurlarının Üssel modele ait kıvam katsayısı

değerleri 46.54-226.50, akış davranış indeksleri ise 0.36-0.49 arasında değişmektedir. Diyet lifi kaynaklarının artan oranlarda kullanımıyla görünür viskozite ile elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerinin arttığı belirlenmiştir. Kek hamurlarında ayrıca özgül ağırlık analizi gerçekleştirilmiş, %5 oranında EPT ve PPT kullanılarak hazırlanan kek hamurları dışında posa tozları kullanımının kekin özgül ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir.

Çalışmanın son aşamasında ise üretilen glutensiz keklerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri, özgül hacim, porozite, renk analizi, doku profili analizi; besin içeriğinin belirlenmesi amacıyla nem, kül, yağ ve protein analizleri; tüketici tercihinin belirlenmesi amacıyla ise duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Diyet lifi kaynağı olarak EPT, HPT ve PPT'nin artan oranlarda kullanımı kek hacminin düşmesine, sertlik değerinin ise artmasına neden olmaktadır. Ancak %5 PPT kullanılarak hazırlanan kekin kontrol kekine eşdeğer hacim indeksi, özgül hacim, porozite ve sertlik değerine sahip olduğu görülmüştür. Üretilen kek örneklerinin duyu özellikleri renk, doku, görünüş, lezzet ve genel beğeni bakımından değerlendirilmiş, %5 oranında PPT kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin genel beğeni bakımından en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Glutensiz kek, diyet lifi, elma, havuç ve portakal posası tozu, hamur reolojisi

ABSTRACT**THE USE OF SOME DIETARY FIBERS
IN GLUTEN-FREE CAKE FORMULATIONS**

MEMELİ, Zahide

MSc. in Food Eng.

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Seher KUMCUOĞLU

April 2015, 111 pages

The objective of this study was to determine the effects of using different amount of high dietary fiber powders that are prepared from different fruit and vegetable pomaces on batter rheology and quality characteristics of gluten-free cake.

In the first part of the study, apple pomace powder (EPT), carrot pomace powder (HPT) and orange pomace powder (PPT) that have high dietary fiber content were obtained by drying and grinding of apple, carrot and orange pomaces. Moisture, pH and total dietary fiber analysis were performed on these powders. It was determined that APP, CPP and OPP have 64.84, 83.91 and 82.22% total dietary fiber content, respectively.

In the second part of the study it was aimed that to improve the dietary fiber content of gluten-free cake with incorporate EPT, HPT and PPT replacing different amounts of rice flour (0, 5, 10, 15%). Flow behaviour and viscoelastic behaviour of dietary fiber enriched cake batters were investigated. According to rheological studies, Power Law and Casson model were suitable to represent the rheological characteristics of cake batters. For Power Law model, consistency indexes of cake batters were between 46.54-226.50 and flow

behaviour indexes were between 0.36-0.49. It was observed that apparent viscosity, elastic modulus (G') and viscos modulus (G'') of batter increased with increasing dietary fiber powder content. Furthermore, specific gravities of cake batters were determined and it was observed that addition of dietary fiber powder increased specific gravity, except 5% EPT and 5% PPT.

In the last part of the study volume, symmetry and uniformity indexes, specific volume, porosity, colour and texture profile analyses; moisture, ash, crude lipid and crude protein analyses; sensory analysis were performed in order to determine the quality characteristics and nutritional properties of baked cakes and consumer preferences, respectively. Fiber enriched gluten-free cake samples resulted in decreasing volume index and increasing hardness values when compared to the control sample. Nevertheless it was determined that cakes which prepared with 5% PPT have equivalent volume index, specific volume, porosity and hardness values to control cake sample. Sensory properties of cake samples were investigated in terms of colour, texture, appearance, flavor and overall acceptability and cakes with 5% PPT had greatest acceptance by panelists.

Key words: Gluten-free cake, dietary fiber, apple, carrot and orange pomace powder, batter rheology

TEŐEKKÜR

Bu alıőma sũresince desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, sũrekli teővik eden, bilgi ve tecrũbelerinden yararlandığım danıőman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Seher KUMCUOğLU'na değerli gũrũő ve tavsiyelerıyla bana yol gũsterdięi için teőekkũr ederim. Ayrıca çalıőmalarım sũresince yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocalarım Prof. Dr. őebnem TAVMAN ve Gıda Yũk. Mũh. Hũlya ÇAKMAK'a çok teőekkũr ederim.

Bu tez çalışmasına 13 MũH 076 ve EBİLTEM 2014 BİL 013 nolu projelerle maddi destek sağlayan Ege Őniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatũrlũęũne teőekkũr ederim.

Ayrıca 2130205 nolu 1002 projesi ile bu tez çalışmasına ve 2210 Yurtiçi Lisansũstũ Burs Programı ile őahsıma maddi destek sağlayan TũBİTAK' a sonsuz teőekkũrlerimi sunarım.

Hayatım boyunca sevgilerini ve desteklerini her zaman hissettiğim annem, babam ve çok sevgili kardeőlerime yanımda oldukları için tũm kalbimle teőekkũr eder sevgilerimi sunarım.

Zahide MEMELİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜRLER	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 Çölyak Hastalığı	3
2.2 Gluten Proteini ve Fırın Ürünlerinde Glutenin Yeri	5
2.3 Glutensiz Fırın Ürünleri Geliştirilmesi Üzerine Çalışmalar	7
2.4 Diyet Lifleri ve Sağlık Açısından Faydaları	11
2.5 Meyve Sebzelere Diyet Lifi Eldesi	13
2.6 Meyve Sebze Liflerinin Fırın Ürünlerinde Kullanımı	16
2.7 Glutensiz Fırın Ürünlerinin Diyet Lifi ile Zenginleştirilmesi	19
2.8 Kek	21
2.9 Kek Hamurunun Reolojik Özellikleri	22
2.10 Glutensiz Kek	27

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3. MATERYAL VE METOT	31
3.1 Materyal	31
3.2 Metot	31
3.2.1 Meyve sebze posalarına uygulanan işlemler	32
3.2.2 Kek örneklerinin hazırlanması	32
3.2.3 Kurutulmuş meyve ve sebze posalarında gerçekleştirilen analizler.....	34
3.2.4 Kek hamurlarında gerçekleştirilen analizler	36
3.2.5 Kek örneklerinde gerçekleştirilen analizler	37
3.2.6 Taramalı elektron mikroskopisi (SEM)	43
3.2.7 İstatistiksel analiz	44
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	45
4.1 Kurutulmuş Meyve ve Sebze Posalarında Gerçekleştirilen Analizler	45
4.1.1 Nem analizi	45
4.1.2 Kül analizi	45
4.1.3 pH analizi	45
4.1.4 Toplam diyet lifi analizi	46
4.2 Kek Hamurlarında Gerçekleştirilen Analizler	47

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.1 Özgül ağırlık	47
4.2.2 Reolojik özelliklerin belirlenmesi	48
4.3 Kek Örneklerinde Gerçekleştirilen Analizler	58
4.3.1 Özgül hacim analizi	58
4.3.2 Hacim, simetri ve tekdüzelik indekslerinin belirlenmesi	60
4.3.3 Porozite analizi	63
4.3.4 Renk analizi	65
4.3.5 Doku profili analizi	76
4.3.6 Kek bileşiminin belirlenmesi	80
4.3.7 Duyusal analiz	84
4.3.8 Gluten analizi	88
4.4 Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM)	88
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR DİZİNİ	95
ÖZGEÇMİŞ	111
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Dinamik (osilasyon) testinde viskoelastik bir materyalin kayma gerinimine (deformasyona) karşılık harmonik kayma gerilimi (Sahin, 2008)	26
3.1 Meyve Sebze Posası Tozlarının Eldesi, Kek Üretiminde Kullanılması ve Keklerin Pişirilmesi	33
3.2 Kek ölçüm şablonu (Dizlek vd., 2008)	38
4.1 %5'i oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi	50
4.2 %10 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi	51
4.3 %15 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi	51
4.4 Glutensiz kek hamurlarının 20 s-1 sabit kayma hızı için görünür viskozitelerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranı ile ilişkisi	52
4.5 %5 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi	55

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.6 %10 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi	56
4.7 %15 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi	56
4.8 Diyet lifi kaynaklarından %5, 10 ve 15 oranında kullanılarak hazırlanan kek hamurlarına ait kayıp tanjantın ($\tan \delta$) frekansla değişimi	57
4.9 Glutensiz keklere ait özgül hacim değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	59
4.10 Glutensiz keklerin kabuklarına ait L^* (parlaklık) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	66
4.11 Glutensiz keklerin kabuklarına ait a^* (+ kırmızı, - yeşil) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	66
4.12 Glutensiz keklerin kabuklarına ait b^* (+ sarı, - mavi) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	67
4.13 Glutensiz keklerin içlerine ait L^* (parlaklık) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	70
4.14 Glutensiz keklerin içlerine ait a^* (+ kırmızı, - yeşil) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	71

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 Glutensiz keklerin içlerine ait b* (+sarı, - mavi) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	71
4.16 Glutensiz keklerin kabuklarına ait toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.....	74
4.17 Glutensiz keklerin içlerine ait toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	75
4.18 Glutensiz keklere ait sertlik değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	78
4.19 Glutensiz keklere ait nem içeriklerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi	82
4.20 Gluten analizi için elde edilen absorbands grafiği	88
4.21 Elma, havuç ve portakal posası tozlarına ait SEM mikrografları (a, EPT; b, HPT; c, PPT örneklerinin x500 oranında büyütülmüş halidir)	89
4.22 a, kontrol; b,c ve d sırasıyla %5 EPT, HPT, PPT; e, f ve g sırasıyla %10 EPT, HPT, PPT; h, i ve j sırasıyla %15 EPT, HPT, PPT içeren glutensiz kek içlerinin x70 oranında büyütülmüş halidir	90
4.23 a, kontrol; b,c ve d sırasıyla %5 EPT, HPT, PPT; e, f ve g sırasıyla %10 EPT, HPT, PPT; h, i ve j sırasıyla %15 EPT, HPT, PPT içeren glutensiz kek içlerinin x500 oranında büyütülmüş halidir	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Elma, havuç ve portakal posası tozları ile üretilen glutensiz kek formülasyonları (g/100g un)	34
4.1 Pirinç unu ile elma, havuç ve portakal posası tozlarının toplam diyet lifi içerikleri	46
4.2. Glutensiz kek hamurlarına ait özgül ağırlık değerleri	47
4.3 Kek hamurlarının akış özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan modellerden hesaplanan katsayılar	49
4.4 Glutensiz kek hamurlarının viskoelastik özelliklerinin belirlenmesinde Üssel modelle elde edilen katsayılar	54
4.5 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin özgül hacim değerleri	58
4.6 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri	60
4.7 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklere ait porozite katsayıları	64
4.8 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin kabuklarına ait renk değerleri	69
4.9 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin içlerine ait renk değerleri	72

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.10 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin kabuk ve içlerine ait toplam renk değişimi (ΔE) değerleri	75
4.11 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklere ait doku profil analizi sonuçları	77
4.12 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin bileşimi	81
4.13 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklere ait hedonik skala testi sonuçları. “Çok Kötü” : 1, “Kötü” : 2, “Orta” : 3, “İyi” : 4 ve “Çok İyi” : 5	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
K	Kıvam katsayısı
n	Akış davranış katsayısı
η	Viskozite
γ	Kayma deformasyonu (gerinimi)
τ	Kayma gerilimi
G'	Elastik modülüs
G''	Viskoz modülüs
δ	Kayıp zaman (faz kayması)
L^*	Parlaklık renk değeri
a^*	+ kırmızılık, - yeşillik renk değeri
b^*	+ sarılık, - mavilik renk değeri
ΔE	Toplam renk değişimi değeri
<u>Kısaltmalar</u>	
EPT	Elma posası tozu
HPT	Havuç posası tozu
PPT	Portakal posası tozu
PU	Pirinç unu
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopisi

1. GİRİŞ

Çölyak hastalığı, glutene duyarlı entropati, buğday (gliadin), çavdar (sekalin) ve arpada (hordein) bulunan prolamin fraksiyonundaki aminoasitlere karşı intolerans olarak tanımlanabilmektedir. Genetik olarak duyarlı bireylerde, bu prolaminler ince bağırsak mukozasına zarar vererek kalsiyum, demir, folik asit ya da yağda çözünür vitaminlerin malabsorpsiyonuna neden olmaktadır. Yaklaşık olarak her 133 kişide 1 rastlanan çölyak hastalığı için en etkili tedavi yöntemi, bireyin ömür boyu glutensiz bir diyet uygulamasıdır (Gujral et al., 2004; Turabi et al., 2010; Lazaridou et al., 2007; Crockett et al., 2011). Çölyak hastalarının normal bir hayat sürdürebilmeleri için glutensiz bir diyetin vazgeçilmez olması nedeniyle, son yıllarda glutenin görevini üstlenecek bileşenlerin glutensiz ürün formülasyonlarına dahil edilmesi gıda bilimi ve teknolojisi açısından önemli konulardan biri haline gelmiştir (Peressini et al., 2011).

Fırın ürünlerinde en önemli kalite parametrelerinden biri duyuşal özellikler olsa da, günümüzde tüketiciler bu ürünlerin besin değeri ve sağlık açısından etkileri üzerine yoğunlaşmaktadır (Corsetti and Settanni, 2007). Glutensiz fırın ürünlerinde ise gluten içeren ürünlerin sahip olduğu duyuşal özellikler ve besin değerinin yakalanabilmesi teknolojik anlamda büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yapıdan glutenin uzaklaştırılması fırın ürünlerinin üretiminde önemli problemler yaratmaktadır. Bu nedenle çölyak hastalarına hitap eden fırın ürünleri üretimi için glutenin yerini tutabilecek farklı bileşenlerin formülasyona ilave edilmesi teknolojik anlamda önem taşımaktadır (Gallagher et al., 2004; Demirkesen et al., 2010; Pressini et al., 2011). Bu problemlerin önüne geçilmesi amacıyla glutensiz formülasyonlara hidrokolloidler, nişasta, maltodekstrin ve çeşitli diyet lifi yapısındaki bileşenlerin dahil edildiği çalışmalara rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda, kahvaltılık tahılların ve fırın ürünlerinin diyet lifi açısından zenginleştirilmeye en uygun ürünler olduğu belirtilmektedir (Lazaridou et al., 2007; Demirkesen et al., 2010; Turabi et al., 2010; Witczak et al., 2010; Peressini et al., 2011; Gularte et al., 2012a).

Tahıl kaynaklı diyet lifleri meyvelerden elde edilen liflere göre daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, meyve lifleri yüksek toplam ve çözünebilir lif

içeriği, su ve yağ tutma kapasitesi ve bağırsaklarda fermente edilebilirliği ile daha kalitelidir. Aynı zamanda düşük fitik asit içeriği ve kalori değerine sahiptir (Larrauri, 1999). Meyve suyu endüstrisi önemli miktarda yan ürün oluşturmakta ve bunların tüketimi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Genellikle bu yan ürünler hayvan yemi olarak kullanılır. Ancak, bunların yüksek miktarda diyet lifi içeriğine sahip olmaları nedeniyle gıda endüstrisinde yeni doğal bileşimlerin geliştirilmesinde kullanımı söz konusudur (Figuerda et al., 2004). Havuç, özellikle karotenoid ve fenolik bileşen içeriğiyle iyi bir doğal antioksidan kaynağıdır (Prakash et al., 2004; Zhang and Hamauzu, 2004). Chantaro et al. (2008) havuç kabuklarının antioksidan etkili posa tozu üretimi için iyi bir hammadde olabileceğini ileri sürmüştür. Gorinstein et al. (2001), elmanın çözünür ve çözünmez diyet liflerini dengeli bir şekilde içeren iyi bir lif kaynağı olduğunu belirtmiştir. Portakal suyu üretim atıkları da yüksek diyet lifi içeriği, özellikle de pektin kaynağı olmasına ek olarak kolay ve bol miktarda bulunabilirliği nedeniyle mükemmel bir diyet lifi kaynağı olarak literatürde yer almaktadır (Grigelmo-Miguel & Martin-Belloso, 1999a). Ayrıca elma ve narenciye liflerinin flavonoidler, polifenoller ve karotenler gibi biyoaktif bileşenler bakımından zengin olmaları nedeniyle diğer liflere kıyasla üstün kalitede oldukları belirtilmiştir (Fernandez-Gines et al., 2003; Wolfe and Liu, 2003) Bu nedenle havuç, elma ve portakal posalarının kolay ulaşılabilir ve diyet lifi açısından zengin birer atık materyal olması da göz önüne alınarak pirinç unu ile üretilecek glutensiz kek formülasyonuna dahil edilmesine karar verilmiştir.

Yapılan çalışma kapsamında diyet lifi açısından zenginleştirilmiş glutensiz kek formülasyonları geliştirmenin yanı sıra, geliştirilen glutensiz keklerin kalitesi de her anlamda değerlendirilmiştir. Yeni ürün geliştirmede gıda maddelerinin reolojik özelliklerinin önem taşıması ve keklerde reolojik özelliklerin işleme ve son ürün karakteristikleri üzerine etkilerinin olduğu bilinmesi nedeniyle geliştirilen keklere ait hamur örneklerinde reolojik ölçümler gerçekleştirilmiştir (Ronda et al., 2011). Reolojik analizler tekstürel ve teknolojik analizler ile desteklenirken; geliştirilen glutensiz keklerin duyuusal anlamda tüketiciye ne derece hitap ettiğini belirlemeye çalışılmış ve besin içerikleri tespit edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.2. Çölyak Hastalığı

Yaklaşık 10.000 yıl önce Orta Doğuda gelişmeye başlayan tarımla birlikte insan beslenmesinde meydana gelen radikal değişikliklerden birisi de hububat esaslı gıda ürünlerinin tanınması olmuştur. Günümüzde ise hububat ürünleri normal bir diyetle yaygın olarak yer almaktadır. Batılı ülkelerin nüfusunun yaklaşık %1'inin çölyak hastası olup bazı hububat ürünlerini tolere edemedikleri bilinmektedir. Çölyak hastalığı hububat tüketiminin başlaması kadar eski bir hastalık olmasına rağmen, glutenin çölyak hastalarında görülen klinik belirtilerden sorumlu olduğu ancak 1950'lerde ortaya çıkmıştır (Stepniak and Koning, 2006).

Çölyak hastalarında glutenin etkisi ince bağırsak üzerine gerçekleşmektedir. Gluten alımı ile ince bağırsak iç yüzeyindeki absorpsiyonu sağlayan çıkıntılar (villi) kısalmakta veya tamamıyla ortadan kalkarak bağırsak iç yüzeyi düzleşmektedir. Villilerin yüzeyinde bulunan tek sıra halinde dizilmiş "kripta" hücreleri ise birikerek kalınlaşmaktadır. Böylece absorpsiyonun yapıldığı yüzeyin azalmasıyla birlikte, besin alımı güçleşmektedir. Genetik faktörler ve çevresel faktörlerin etkileşimi ile ortaya çıkan hastalıkta; beslenme alışkanlıkları, bebeklikte anne sütü alımı, glutenli gıdalar ile beslenme yaşı ve günlük gluten tüketim miktarı etkili olabilmektedir (Türksoy ve Özkaya, 2006). Çölyak hastalığının çocuklarda görülen genel belirtileri; ishal, karın şişliği ve gelişme geriliğidir. Benzer şekilde ergenlikte ve yetişkinlerde de ishal, kabızlık, kilo kaybı, halsizlik, boy kısalığı, mide gazı, karın ağrısı ve kusma ile kendini gösterir. Çölyak hastalığının tipik gastrointestinal belirtilerinin yerine, demir eksikliği anemisi, düşük kemik mineral yoğunluğu, kronik yorgunluk, hazımsızlık, kısırlık, düşük yapma, hipertrans anemi, pıhtılaşma bozuklukları, kısa boy, ergenlikte gecikme, eklem ağrısı, folat/çinko eksikliği, diş minesini hipoplazisi, sebebi belirlenememiş nörolojik bozukluklar gibi bağırsak dışı semptomlarla da görülebilmektedir (Niewinski, 2008).

Çölyak hastalığı, duyarlılığı olan bireylerde diyetle alınan glutenin neden olduğu ve gastrointestinal bölgede görülen kronik, iltihaplı bir rahatsızlıktır (Hüttner and Arendt, 2010; Sugai et al., 2010). Çölyak hastalığının belirlenmiş tek

tedavi yöntemi, hastaların ömür boyu glutensiz bir diyet uygulamalarıdır. Ancak bu şekilde normal yaşamlarını sürdürebilen çölyak hastalarının gluten içeren hububatları diyetlerinden tamamen çıkartmaları gerekmektedir (Sugai et al., 2010; Olexová et al., 2006). Ciclitira et al. (2005) ve Peräaho et al. (2003) glutenin toksik etki gösterme düzeyinin tam olarak belirlenemediğini belirtmiştir. Ancak, Catassi et al. (2007) tarafından yapılan son klinik çalışmalarda çölyak hastalarının günlük 50 mg'ın altında gluten alımını tolere edebileceği bildirilmiştir.

Codex Alimentarius Commission (2008) tarafından yapılan tanımda “gluten” buğday, çavdar, arpa, yulaf veya bunların melez çeşitleri ve türevlerinde bulunan, bazı insanlar tarafından tolere edilemeyen, suda ve 0.5 M NaCl de çözünmeyen protein fraksiyonu olarak tanımlanmıştır. “Prolamin” ise glutenden %40-70 etanol kullanılarak ekstrakte edilebilen bir alt fraksiyondur. Buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hodein, yulafta ise avenin prolamini bulunmaktadır. Glutenin prolamin içeriği genellikle %50 civarındadır. Sahip oldukları prolamin fraksiyonundaki aminoasit dizilimine bağlı olarak buğday, çavdar, arpa, gibi hububatlar veya bunlardan elde edilen unlar, glutensiz formülasyonlara ilave edilmemektedir. Çünkü, genetik olarak duyarlı bireylerde söz konusu prolamenler ince bağırsak mukozasına zarar vererek kalsiyum, demir, folik asit ve yağda çözünür vitaminler gibi bazı besin maddelerinin malabsorpsiyonuna neden olmaktadır (Gujral et al., 2004; Turabi et al., 2010).

Codex Alimentarius Commission'a (2008) göre glutensiz gıdalar; buğday (tüm triticum çeşitleri), çavdar, arpa, yulaf ve bunların melez çeşitlerinden içermeyen ve gluten düzeyi toplamda 20 mg/kg'ı geçmeyen gıdalar; buğday (tüm triticum çeşitleri), çavdar, arpa, yulaf ve bunların melez çeşitlerinden birini veya birkaçını içeren ancak özel proseslerle glutenin uzaklaştırıldığı ve gluten düzeyi toplamda 20 mg/kg'ı geçmeyen gıdalar olarak iki şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca, özel proseslerle gluten içeriği 20-100 mg/kg 'a düşürülmüş gıdalar da düşük gluten içeriğine sahip gıdalar olarak ayrıca belirtilmiştir.

“Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği” ne göre gluten intoleransı olan bireyler için üretilen, gluten seviyesini düşürmek için özel olarak işlenmiş buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melez

çeşitlerinden elde edilmiş bir veya daha fazla bileşen içeren veya bunlardan oluşan, son tüketiciye sunulacak gıdada gluten miktarı 100 mg/kg'yi aşamaz. Ancak, bu ürünlerin etiketlenmesi, reklamı ve tanıtımında “çok düşük glutenli” ibaresi kullanılır. Son tüketiciye sunulacak gıdadaki gluten seviyesinin 20 mg/kg'yi aşmaması koşuluyla “glutensiz” ibaresi kullanılabilir. Yukarıda değinilen “çok düşük glutenli” veya “glutensiz” ibareleri, gıdanın etiketi üzerinde, gıdanın adına yakın bir yerde bulunmalıdır (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2012).

2.2. Gluten Proteini ve Fırın Ürünlerinde Glutenin Yeri

Gluten buğday hamuru yıkayıp nişasta granülleri ve suda çözünür maddeler ayrıldığında geride kalan elastik kütle olarak tanımlanabilmektedir. Yıkamanın etkinliğine göre, kuru bazda %75-85 protein, %5-10 lipit ve geride kalmış nişasta ve diğer karbonhidratlardan oluşmaktadır (Wieser, 2007). Tahıllarda bulunan depo proteinleri etanolde çözünebilen prolaminler ve polimerik glutaminler olmak üzere iki ana guruba ayrılabilir. Buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hodein, yulafta avenin, mısırdaki ise zein prolaminleri yer alır (Ciclitira et al., 2005). Buğdayda bulunan depo proteinlerinin büyük bir kısmı gluten proteinlerinden oluşmaktadır (%80-85). Endospermde yer alan bu proteinler, nişasta granülleri etrafında sürekli bir matris oluşturur (Goesaert et al., 2005). Buğdayda bulunan gluten proteinleri, monomerik gliadinler ve polimerik gluteninler olmak üzere iki fraksiyondan oluşup bu iki fraksiyon gluten yapısında yaklaşık olarak eşit miktarda bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar gliadin fraksiyonunun çölyak hastaları için glutenin fraksiyonuna göre daha fazla toksik etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Yulaf prolaminlerinin toksisitesi kesin olarak bilinmemekle birlikte, prolaminlerin toplam proteinlerin sadece %10'unu oluşturması nedeniyle bazı çölyak hastalarının yulafı tolere edebildiği bilinmektedir. Buğdayda ise bu oran %70'tir. Buğday, arpa, çavdar ve yulaf prolaminleri çölyak hastaları için toksik etki gösterirken mısırda bulunan zein prolaminini toksik değildir (Denery-Papini, 1999; Ciclitira et al., 2005; Türksoy ve Özkaya, 2006).

Gluten, undaki temel yapı proteini olup, fırın ürünlerinde hamurun elastik karakteristiğinden ürünün görünüş ve doku özelliklerine kadar pek çok kalite faktörüne katkısı bulunmaktadır. Glutenin yapıdan uzaklaştırılması ile fırın ürünlerinde pek çok sorun baş göstermekte ve düşük kaliteli, düşük ağız hissi ve aromaya sahip glutensiz ürünler piyasaya sürülmektedir (Arendt et al., 2002).

Gluten glutenin ve gliadin protein fraksiyonlarından oluşmaktadır. Glutenin ıslatıldığında kaba ve elastik bir hale gelirken, gliadin viskoz ve akışkan bir kitle oluşturmaktadır. Gluten ise bu iki yapının bileşimiyle yapışkan, elastik ve viskoz özellikleri beraber gösterir. Gluten matriksi; hamura ait temel özelliklerin (uzayabilirlik, gerilme direnci, karıştırma toleransı, gaz tutma yeteneği) belirlenmesinde önemli olup nişasta granülleri ile lif filamentlerini içerir (Gallagher et al., 2004). Ekmek yapımında gluten “yapısal” protein olarak adlandırılır. Un ıslatıldığında glutenin yapıya etkisi başlar ve iyi uzayabilirlik ve gaz tutma yeteneğine sahip hamur elde olunur. Pişme sonrasında iyi bir ekmek içi dokusu sağlanır. Gluten yokluğunda ekmek hamuru daha akışkan, pişme sonrası elde edilen ekmek ise kolay kırıntılanabilir özelliktedir. Glutensiz ekmek üretiminde glutenin yerine geçebilecek jel yapılar formülasyona eklenmektedir. Makarna üretiminde de güçlü bir protein matriksi pişme sırasında dağılmayı önlemesi açısından önem taşımakta, bu yüzden glutensiz makarna üretiminde sorunlar yaşanmaktadır. Glutensiz bisküvilerde ise protein/nişasta yapısından çok nişasta jelatinizasyonu ve kristalizasyonun kalite üzerine etkisi bulunmaktadır. Bu yüzden ekmek ve makarnaya kıyasla glutensiz bisküvi üretimi daha basittir (Marconi and Carece, 2001; Gallagher et al., 2004). Glutensiz kek formülasyonlarında ise pirinç ya da mısır unu kullanılabilir. Mısır unu doğal rengi ve aroması nedeniyle kek aromasını etkilemekte, pirinç unu ise aromaya etki etmemektedir. Ancak her ikisinde elde edilen hamurlar da düşük viskoziteye ve stabiliteye sahiptir. Hamur viskozitesi ve stabilitesi süngerimsi görünümde ve çökmemiş kek eldesi açısından önemli bir parametre olup, hamur özellikleri unun nişasta, pentozan ve protein karakterine bağlıdır (Oliete et al., 2010; Preichardt et al., 2011).

2.3. Glutensiz Fırın Ürünleri Geliştirilmesi Üzerine Çalışmalar

Gluten eksikliği fırıncılık ürünlerinde bir dizi kalite kusurlarına neden olmaktadır. Özellikle ekmekçilikte hamurun elastikiyeti ve gaz tutabilme özelliği gluten kullanılmadığında azalmaktadır. Buna bağlı olarak gluten yerine kullanılabilir ve gaz tutma özelliğini taklit edebilecek farklı jellerin kullanılması üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Glutensiz makarna üretimi ise glutenin pişme sırasında dağılmayı önleyen kuvvetli protein ağlarının olmaması nedeniyle oldukça zor bir işlemdir. Glutensiz bisküvi üretimi bisküvilerde tekstürün proteinlere fazla bağımlı olmamasından dolayı görece olarak daha basittir. Glutensiz keklerde de tıpkı ekmekte olduğu gibi gaz tutma kabiliyetinin azalması sonucu kalite kusurları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca glutensiz ürünler rafine edilmiş unlardan yapıldıkları ve gluten içeren ürünlere göre daha az besleyici değere sahip oldukları için besin değerlerinin artırılması üzerine çalışmalar da söz konusudur (Gallagher et al., 2004; Gobetti et al., 2007; Matos et al., 2014).

Glutensiz bir diyetin çölyak hastalarının normal bir hayat sürdürebilmeleri için vazgeçilmez olması nedeniyle, son yıllarda glutenin görevini üstlenecek bileşenlerin formülasyona dahil edilmesi gıda bilimi ve teknolojisi açısından önemli düzeyde sorun teşkil eden bir konu haline gelmiştir (Peressini et al., 2011). Pirinç, çok düşük miktardaki gluten içeriğiyle çölyak hastaları tarafından oldukça iyi tolere edilebilmektedir. Bu nedenle de glutensiz gıdaların hazırlanmasında en çok kullanılan tahıllardan biridir. Ancak buğday unu yerine pirinç unu kullanılarak hazırlanan ürünlerin kalitelerinde önemli düzeyde düşüş meydana gelmektedir. Bu nedenle pirinç unu formülasyonlarının optimize edilmesi gerekmektedir (Ronda et al., 2009). Fırın ürünlerinin tekstür ve görünüş özelliklerini geliştirmede nişasta ve hidrokolloidler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında pirinç nişastası en sık kullanılanlardandır. Gluten içermemesi, düşük sodyum içeriğine sahip olması ve sindirilmesi kolay karbonhidratlarca zengin olması pirincin özel diyetlerde tercih edilmesine neden olmaktadır (Gallagher et al., 2004). Glutensiz fırın ürünlerinde, gluten eksikliğine bağlı olarak meydana gelecek problemleri minimize edebilmek ve glutensiz diyetin besleyici değerini arttırmak gibi amaçlarla formülasyonlara hidrokolloid/ gumlar, emülgatörler, nişasta/ baklagil unları, maltodekstrin, diyet lifi

niteliğindeki diğer polisakkaritler ve süt bileşenleri gibi protein yapıların dahil edilmesi gündeme gelmiştir.

Peressini et al. (2011) hidrokolloid ilavesinin pirinç ve karabuğday unları karışımıyla hazırlanan glutensiz hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerine etkisini incelemiştir. Yapılan çalışmada hidrokolloid ilavesiyle elastik modülüs değerinin önemli ölçüde arttığı saptanmıştır. Propilen glukol aljinat (PGA) kullanımının ksantan gama göre daha yüksek özgül hacim ve daha yumuşak kabuğa sahip ekmek üretimine olanak sağladığı belirtilmiştir. Demirkese et al. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı gamların emülgatörler eklenerek veya eklenmeden kullanılmasının pirinç unu kullanılarak hazırlanmış glutensiz keklerin reolojik özellikleri ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Gamlardan ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, hidroksi propil metil selüloz (HPMC), pektin ile ksantan-guar gam ve ksantan-keçiyoynuzu gamı karışımları; emülgatör olarak ise Purawave TM ve DATEM olmak üzere iki çeşit ticari emülgatör kullanılmıştır. En yüksek elastik ve viskoz modülüs değerleri ksantan gam, ksantan-guar gum ve ksantan gam-keçiyoynuzu gamı karışımı ile DATEM emülgatör karışımı kullanımıyla elde edilmiştir. Ayrıca DATEM kullanımının ekmek kalitesini, özgül hacim ve duyuşal değer bakımından geliştirdiği saptanmıştır. Nunes et al. (2009) tarafından yapılan ve çeşitli emülgatörlerin glutensiz ekmek kalitesi ve hamur reolojisi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise emülgatör kullanımının glutensiz ekmek kalitesini geliştirici etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ayrıca en yüksek özgül hacim değerinin lesitin kullanılan ekmeklere ait olduğu belirtilmiştir.

Ekmek kalitesi ve yapısı için gluten en temel bileşendir. Bu yüzden glutensiz ekmek üretiminde temel amaç gluten yerine geçecek protein yapısının sağlanması olmuştur. Yapılan çalışmalarda kullanılan proteinlerin çapraz bağlanma özelliğini geliştirerek protein ağını güçlendirilmesi nedeniyle transglutaminaz enzimi kullanılması gündeme gelmiştir. Renzetti et al. (2008) tarafından farklı glutensiz unlara transglutaminaz ilave edilerek hazırlanan ekmeklerin çeşitli kalite özelliklerinin incelenmesi üzerine yapılan bir çalışmada karabuğday, esmer pirinç unları ile kullanıldığında transglutaminazın ekmek kalitesini olumlu yönde etkilediği, pişme karakteristiğini geliştirdiği ve tekstürel özellikleri iyileştirdiği belirtilmiştir. Ancak yulaf, sorgum (süpürge darısı) ve teff ununa ilave edildiğinde

önemli bir etkisi olmayan transglutaminaz, mısır unuyla birlikte kullanıldığında viskoelastik özellikleri olumsuz yönde etkilemiştir. Bu nedenle transglutaminaz kullanımının glutensiz ekmek kalitesine etkisinin protein kaynağıyla doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir. Marco and Rosell (2008) ise soya fasülyesi ve bezelye izolatlarıyla protein içeriği artırılmış glutensiz pirinç unu karışımlarını reolojik ve fonksiyonel açıdan değerlendirmiştir. Karışıma protein ağını güçlendirmek amacıyla transglutaminaz enzimi ilave edilmiştir. Kompozit karışımlarda protein içeriği su tutma kapasitesini önemli ölçüde arttırmış ayrıca sinerjistik etki gösterip elastik ve viskoz modülüste düşüşe neden olmuştur. Marco ve Rosell elde edilen sonuçlar ve SEM analizi verilerine göre bu kompozit unların fermente glutensiz gıdaların üretiminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Blanco et al. (2011) pirinç unu ve HPMC kullanılarak hazırlanmış glutensiz ekmek formülasyonuna asidik gıda katkıları ilavesinin ekmek kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Manosodyum fosfat ilavesinin ekmek tekstürü ve hacmini büyük ölçüde geliştirdiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise mısır nişastası, amarant unu (besleyici özelliği geliştirmek için), bezelye izolatu (protein içeriğini arttırmak için) ve psyllium lifinin (kalınlaştırıcı ve lif kaynağı olarak) farklı oranlarda kullanılması ile üretilmiş glutensiz hamurların reolojisi ve ultra yapısı incelenmiştir. Psyllium lifinin genellikle hamurun fiziksel kalite özelliklerini geliştirdiği saptanmıştır. Ayrıca hazırlanan formülasyonlar iki farklı ticari glutensiz un karışımı ile kıyaslandığında son ürünün kalitesi ve besleyiciliği açısından olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Mariotti et al., 2009).

Glutensiz kek, muffin, kap kek ve benzer ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalara literatürde sıkça rastlanmaktadır. Yapılan çalışmalarda hidrokoloidler, nişasta ve türevleri, protein izolatları, lif kaynakları ilavesinin kek hamuru özellikleri ve kek kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca bu çalışmalarda besin değerinin geliştirilmesi üzerine de yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalarda glutensiz pirinç keki formülasyonlarına farklı hidrokoloidler (ksantan gam, guar gam, keçiboynuzu gamı, κ -karragenan, hidroksi propil metil selüloz (HPMC)) ve bunların karışımları ile emülgatörler eklenmiş; bunların kek hamurunun akış davranışı ve viskoelastik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca çeşitli analizler yapılarak kek kalitesi üzerine bu bileşenlerin önemli düzeyde etkisi olup

olmadığı araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre ksantan gam ve guar gam kullanımının viskoziteyi arttırdığı belirtilmiştir. En yüksek görünür viskozite değerleri ksantan-guar gam karışımı ilave edilen kek hamurlarında en düşük görünür viskozite ise HPMC ilave edilenlerde elde edilmiştir. HPMC dışındaki gamlar ve emülgatörlerin kullanımı kek hamurlarının emülsiyon stabilitesini artırıcı etki göstermiştir. Ayrıca bu yapılar kek kalitesini de geliştirici etkide bulunmuş olup, özgül hacim ve poroziteyi arttırmıştır. Ayrıca ksantan-guar gam karışımının depolama boyunca sertlik, ağırlık kaybı ve retrogradasyon entalpisini düşürerek bayatlamayı geciktirici etki gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun dışında hidrokolloid ve emülgatör kullanımıyla duyuşal ve dokusal özelliklerin de geliştirildiği belirtilmiştir (Köksel et al., 2008; Turabi et al., 2008a; Turabi et al., 2010; Sumnu et al., 2010; Preichardt et al., 2011).

Gularte et al. (2012a), çözünür (inülin ve guar gam) ve çözünmez (yulaf lifi) lifleri %20 oranında pirinç unu ile yer değiştirerek, bu liflerin glutensiz tepsi keki kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. İnülin dışında kullanılan liflerin, hamur viskozitesinde artışa neden olduğu, yulaf lifi-inülin kombinasyonunun ise keklerin özgül hacmini önemli ölçüde geliştirdiği belirtilmiştir. Lif varlığında kabuk ve iç renginde önemli düzeyde parlaklık tespit edilmiştir. Ancak lif ilavesiyle kek kabuklarının serlik değerinde artış olduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak en iyi glutensiz kek formülasyonu yulaf lifi-inülin kombinasyonunun kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Matos et al. (2014) tarafından yapılan ve proteinlerin pirinç bazlı glutensiz muffinin reolojik özellikleri ve kalitesi üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada beş farklı protein kaynağı (soya protein izolatu, bezelye protein izolatu, yumurta beyazı proteini, kazein ve karşılaştırma amacıyla vital buğday gluteni) kullanılmıştır. Yumurta beyazı proteini hariç protein kullanımının elastik modülüü arttırdığı belirtilmiştir. Kazein ve yumurta beyazı proteini ise muffinlerin özgül hacmini önemli ölçüde geliştirmiştir. Bezelye protein izolatu eklenen muffinlerinse daha yumuşak ve esnek karaktere sahip oldukları belirtilmiştir. Elde edilen veriler ışığında protein varlığının glutensiz muffinlerin reolojik ve teknolojik özelliklerini protein çeşidine bağılı olmak üzere geliştirdiği ifade edilmiştir.

Bezelye unu buğday unu ve irmiğine göre daha yüksek protein ve lizin içeriğine sahiptir. Ayrıca gluten içermez. Wang et al. (1999) %100 bezelye unu kullanılarak hazırlanan glutensiz makarna üretiminde çift vidalı ekstrüder kullanıldığında klasik yöntemle göre daha gelişmiş tekstür ve lezzete sahip ürün elde edildiğini göstermişlerdir. Huang et al. (2001) tarafından gluten içermeyen makarna üretimine yönelik yanıt yüzey yönteminin kullanıldığı bir çalışmada, optimizasyon işlemi makarnanın duyu özellikleri ve yapışkanlık değeri üzerine kurulmuştur. Yapılan çalışmada yüksek düzeyde modifiye nişasta, ksantan gam ve keçiyoynuzu gamı kullanılarak hazırlanan glutensiz makarnanın buğday bazlı makarnayla büyük ölçüde benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Arendt et al. (2002) yaptıkları çalışmada pirinç, mısır, soya, darı, karabuğday ve patates nişastasının farklı yağ kaynaklarının (palm yağı, toz krema, mikroenkapsüle edilmiş yüksek yağlı toz, düşük yağlı süt tozu) kombinasyonları kullanılarak hazırlanan glutensiz bisküvilerin kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Yüksek yağlı toz ile pirinç, mısır, patates ve soya içeren bisküvi hamurları yayılabilir özellikte olup buğday bisküvisi ile kıyaslanabilir kaliteye sahip olduğu belirtilmiştir.

2.4. Diyet Lifleri ve Sağlık Açısından Faydaları

Diyet lifleri ince bağırsakta sindirilemeyen ancak kalın bağırsakta fermente olup, sağlık açısından gerekli olan bir çeşit gıda bileşenidir. Bitkilerin hücre duvarlarında yer alan lignin ve mum, kütin, suberin gibi lignin türevleri; selüloz, hemiselüloz, pektin gibi yapı polisakkaritleri; inülin ve oligofruktoz gibi oligosakkaritler diyet lifi olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, yapı bileşeni olmadıkları halde, gam arabik, guar gam, ksantan gam gibi gam maddeleri ile agar, karragenan, alginat gibi deniz yosunu polisakkaritleri de diyet lifi grubuna dahil edilmektedir. Başka bir tanıma göre diyet lifleri nişasta olmayan polisakkaritlerdir. Ancak, dirençli nişasta, retrograde olmuş amiloz, ince bağırsakta kısmen sindirilebildiği için bu tanımın dışında tutulmaktadır (Thebaudin et al., 1997; Grigelmo- Miguel et al., 1999b; Harris and Ferguson, 1999; Guillon and Champ, 2000; Vasanthan et al., 2002;). Diyet lifleri suda çözünen ve suda çözünmeyen lifler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Suda çözünen lifler, suda çözünmeyen pentozanlar, pektinler ve zamksı maddeleri içerirken suda çözünmeyen liflere lignin, selüloz ve suda çözünmeyen pentozanlar örnek verilebilir. Gıdalarda

çözünür ve çözünmez lifler farklı oranlarda bulunmaktadır (Rodriguez et al., 2006; Dülger ve Şahan, 2011). Figuerola et al. (2005) gıdalardaki diyet liflerinin yaklaşık %75'inin suda çözünmeyen liflerden oluştuğunu belirtmiştir.

Lifler, meyve sebzelerin kabuk, zar, sap, çekirdek gibi sindirilemeyen kısımlarını ifade eder. Bu konuya duyulan ilgi M.Ö. 5. yüzyılda Hipokrat'a kadar uzanmaktadır. İlk kez 1953 yılında Hispley, bitki hücre duvarını oluşturan sindirilemeyen bileşenleri "diyet lif" olarak adlandırılmıştır (Bach Knudsen, 2001). Diyet lifleri ile sağlık arasındaki ilişki ise ilk olarak 1960 yılında Trowell tarafından ileri sürülmüştür. 1970'li yıllarda diyet lifinin sindirimi kolaylaştırıcı, düzenleyici etkileri, kandaki glukoz düzeyi, diabet, kan lipidleri, kolesterol düzeyi üzerinde düzenleyici ve kardiyovasküler rahatsızlıkları önleyici etkileri üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Niba, 2012). Son çalışmalar diyet lifi tüketiminin sayısız yararı olduğunu göstermektedir.

Gıdalar genellikle sindirim enzimleri ile parçalanırken diyet lifleri bağırsak içerisindeki yararlı bakterilerce parçalanmakta, böylece bağırsak sağlığının korunmasına katkıda bulunmaktadır. Kuru baklagil liflerinin tamamı, kepek ve buğday liflerininse %20-80'i bağırsakta fermente olabilmektedir. Bu nedenle kuru baklagillerin diyetle bulunması bağırsak sağlığı için önem arz etmektedir (Brownlee, 2011). Bunu dışında özellikle çözünür diyet lifleri mide viskozitesini arttırarak midenin boşalmasını geciktirmekte, böylece bireyin yeme isteğini azaltmaktadır (Thompson ve Manore, 2005). Yapılan çalışmalarda diyet lifi alımının artmasıyla fekal hacmin artmasına paralel olarak bağırsak geçiş süresinin kısaldığı, bu sayede diyet liflerinin kabızlığın önlenmesinde rol oynadığı belirlenmiştir (Kahlon ve ark., 2001; Logan, 2006). Ayrıca bağırsak mukozasının karsinojenlere maruz kalma süresini de kısalttıklarından bağırsak kanserine karşı koruyucu etkileri bulunmaktadır (Levi et al., 2001).

Diyet liflerinin yağ metabolizması üzerine etkisi ise safra asitlerini absorbe etmesiyle gerçekleşmektedir. Böylece karaciğerdeki kolesterolden sentezlenen safra asitlerinin bağırsaklardan atılmasıyla karaciğere geri dönüşü engellenir ve bu kayıp kolesterolün karaciğerde safra asitlerine dönüştürülmesi ile karşılanır. Yapılan çalışmalar diyet lifi tüketiminin kandaki kolesterol seviyesini %20 den

fazla düşürdüğünü ortaya koymuşlardır. Bu etkisiyle diyet lifleri kalp damar hastalıkları riskinin azaltılması için büyük önem taşımaktadır (Kahlon, et al, 2001; Villanueva-Suarez et al., 2003; Saldamlı, 2007; Gül, 2007). Diyet lifi bakımından zengin gıdalar glikozun absorpsiyonunu azaltarak karbonhidrat metabolizmasını etkilemekte ve kandaki şeker seviyesini dengelemektedir. Diyet liflerinin bu etkisi, viskoz yapıda olmaları nedeniyle midenin boşaltılmasını yavaşlatması, α -amilaz aktivitesini düşürmesi, nişastanın hidroliz ürünü olan glikozun absorpsiyonunu azaltması ve sonuçta kan şekerini düşürmesi şeklinde açıklanmaktadır (Roberfroid, 1993). Diyet lifi bakımından zengin gıdalar rafine gıdalara göre daha yüksek mineral içeriğine sahip olduklarından mineral madde alımını arttırmaktadırlar. Ancak diyet liflerinin vücuttaki mineralleri bağlayarak ya da bağırsaktaki geçiş süresini kısaltarak minerallerin biyo-yararlılığını sınırlayabildiği belirtilmektedir (Casterline and Ku 1993).

Günlük enerji tüketimi yaklaşık olarak 2000 kcal/ gün olan kadınların diyet lifi alımı günde 28 g olmalı iken; günlük enerji tüketimi yaklaşık 2600 kcal/ gün olan erkeklerde diyet lifi alımının 36 g/ gün olması gerektiği belirtilmektedir. Ancak Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok bireyin, günlük diyet lifi tüketiminin, belirlenen düzeyin yarısından düşük olduğu belirlenmiştir (Chong et al., 2002; Anderson et al., 2009). Diyetle önemli yeri olan gıdalara diyet lifi ilavesinin gerçekleştirilmesi bu noktada gündeme gelmektedir. Bu nedenle diyet liflerinin firm ürünleri vasıtasıyla diyetle dahil edilmesi önerilmektedir (Lebesi and Tzia, 2012).

2.5. Meyve Sebzelere Diyet Lifi Eldesi

Meyve ve sebzelerden elde edilen diyet liflerinin gıdalarda zenginleştirme amacıyla kullanılması günümüzde oldukça dikkat çeken bir konudur. Özellikle firm ürünlerinde meyve sebzelerden elde edilen ticari diyet lifleri veya meyve sebze sanayisi yan ürünlerinin kullanımına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Meyve suyu ve konserve sanayisi gibi sektörlerin yan ürünleri olan ve zirai atık olarak adlandırılan bu maddeler genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu atıkların yüksek lif içeriği ve zengin bir biyoaktif madde yelpazesine sahip olması gıdalara zenginleştirme amaçlı eklenmelerini gündeme getirmiştir

(Ktenioudaki and Gallagher, 2012). Diyet lifi eldesinde kullanılabilir pek çok meyve sebze kaynağı bulunmaktadır. Elma, portakal, limon, mango, armut, havuç, karpuz, kavun, bezelye, şeker pancarı gibi pek çok meyve ve sebzenin lif eldesinde kullanıldığı çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bu amaçla ticari olarak üretilecek ürünlerin toplam diyet lifi içeriğinin %50'nin üzerinde, neminin %9'un altında olması; düşük lipit ve kalori (8.36 kJ/g) değerlerine sahip olması ve nötr tat ve aromaya sahip olması gerekmektedir. (Larrauri et al. 1999). Larrauri'ye (1999) göre "ideal diyet lifi" nin taşınması gereken özellikler şunlardır:

- a. Beslenme açısından sakıncalı hiçbir bileşen içermemelidir.
- b. Minimum kullanımla maksimum fizyolojik etkiyi gösterecek şekilde konsantre edilmiş olmalıdır.
- c. Tat, renk, doku ve koku bakımından uygun olmalıdır.
- d. Çözünür-çözünmez lif içeriği dengeli olmalı ve ilişkili biyoaktif bileşen miktarınca yeterli olmalıdır.
- e. Raf ömrü içine ekleneceği gıdaya uygun olmalıdır.
- f. Gıda prosesiyle uyum içerisinde ve ekonomik olarak uygun olmalıdır.
- g. Lif kaynağı açısından tüketici gözünde iyi bir imaj bırakacak hammaddeden yapılmalıdır.

Figuerola et al. (2005), meyve suyu proses atıklarından olan elma posası ve narenciye kabuklarını gıda zenginleştirmede kullanılmak üzere lif konsantresi olarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla greyfurt, limon, portakal ve elma suyu üretim artıklarını kullanmışlardır. Elma posası lifi eldesinde elmalara sırasıyla yıkama, çekirdek uzaklaştırma, doğrama, ve presleme ile meyve suyunu uzaklaştırma işlemleri uygulanmış, elde edilen posa ılık suyla (30°C) iki kez yıkanmış, tünel kurutucuda 60°C'de hava ile 30 dakika boyunca kurutulmuş ve 500-600 µm partikül büyüklüğüne öğütülmüştür. Greyfurt, limon ve portakallara ise kesme, meyve suyu ekstraksiyonu, doğrama ve elma posasına uygulanan ılık suyla yıkama, kurutma ve öğütme işlemleri sırayla uygulanmıştır. Larrauri (1999), yıkama işlemlerinin hafif ve ılık ortam koşullarında yapılmasını, böylece pektin ve pentozanlar gibi çözünebilir liflerle, flavonoidler, polifenoller ve karotenler gibi biyoaktif maddelerin kaybının önlenebileceğini belirtmiştir. Ayrıca yüksek kurutma sıcaklıklarından diyet lifinin fonksiyonel özelliklerini etkilememesi

açısından kaçınılması önerilmiştir. Figuerola et al. (2005) kullandığı yöntemle toplam diyet lifi içeriği elmada çeşide göre %60.7-89.8, turunçgillerde ise %44.2-68.3 arasında değişen diyet lifi konsantreleri elde etmişlerdir.

Chantaro et al. (2008) çalışmalarında gıda endüstrisi atığı olan havuç kabuklarını kullanarak yüksek antioksidan özelliğe sahip posa tozu üretmeyi amaçlamışlardır. Yapılan çalışmada havuç kabuklarını ön işlem uygulanmadan ve haşlama uygulanarak olmak üzere iki şekilde işleyerek haşlamanın etkisi incelenmiştir. Taze havuç kabukları laboratuvar tipi tepsili kurutucuda 60-80°C'de hava akımıyla denge nemine gelene kadar kurutmuşlardır. Haşlanmış havuç kabuğu hazırlamak içinse taze haldeki kabuklar 90°C'deki sıcak su içinde 1 dakika süreyle haşlanmışlardır. Haşlama işleminde hammadde-su oranı ise 1:6 olarak uygulanmıştır. Haşlama işleminden hemen sonra 4°C'de soğuk su ile soğutulan kabuklar da aynı kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen kurutulmuş ürünler 125-425µm partikül büyüklüğüne öğütülerek toz haline getirilmiştir. Sonuç olarak haşlamanın posa tozuna ait lif içeriği, su tutma kapasitesi ve şişme gibi hidrasyon özelliklerini olumlu yönde etkilediği, ancak hem haşlamanın hem de kurutma süresinin β-karoten, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivitenin düşmesine neden olduğu belirtilmiştir.

Al Sayed Hanan and Ahmed (2013) tarafından yapılan bir çalışmada ise karpuz ve kavun kabukları meyvelerinden ayrılmış, küçük parçalar halinde doğranmış, tepsilere yayılarak suları süzölmüş ve 50°C'de hava ile 24 saat boyunca kurutulup, öğütölmüştür. Elde edilen liflerin yüksek fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Başka bir çalışmada ise yüksek fenolik madde içeriğine sahip şarap endüstrisi atığı olan ve şaraplık üzümlerin kabuk ve çekirdek kısımlarını içeren şarap üzümlü posası diyet lifi üretiminde kullanılmıştır. -55°C'de dondurarak kurutulan ve ardından öğütölen lif tozu, yüksek toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahiptir. Kullanılan yöntemle elde edilen toz ürün, %59.88 çözünmez, %1.44 çözünür olmak üzere %61.32 toplam diyet lifi içermektedir (Tseng and Zhao, 2013). Bchir et al.(2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise farklı bir gıda prosesi olan pişmiş meyve endüstrisi yan ürünlerinden armut, elma ve hurma lifleri üretilmesi amaçlanmıştır. Bu proseste öncelikle meyveler 2 saat boyunca pişirilmekte ve preslenmektedir. Presleme işlemi

sirasında %12 civarında yan ürün elde edilmektedir. Yapılan çalışmada yan ürün olarak elde edilen posalar 1:10 oranında su ile oda sıcaklığında 15 dakika süresince karıştırılmış ve 100 µm naylon filtre yardımıyla süzülerek çözünmeyen kalıntı ayrılmıştır. Bu işlemin tekrarlanmasından sonra elde edilen kalıntı kurutulup, 1mm partikül büyüklüğüne öğütülmüştür. Elde edilen toz ürünlerin, %82.0-90.7 arasında diyet lifi içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir.

2.6. Meyve Sebze Liflerinin Fırın Ürünlerinde Kullanımı

Literatürde yer alan çalışmalar, kahvaltılık tahıllar ve fırın ürünlerinin diyet lifi açısından zenginleştirme yaratmak için en uygun araçlar olduklarını belirtmektedir (Gularte et al., 2012a). Fırın ürünlerine diyet lifi ilavesinin kazandırdığı fonksiyonel özellikler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- a. Su ve yağ kaldırma kapasitesini artırma,
- b. Dokusal özelliklerde değişim,
- c. Sineresis (sıvı fazın jel yapıdan ayrılması) oluşumunda azalma,
- d. Lipit oksidasyonunun önlenmesi,
- e. Emülsifikasyon/ jel oluşturma,
- f. Yüksek yağ içeriğine sahip gıdalarda veya emülsiyonlarda stabiliteyi artırma,
- g. Nişasta retrogradasyonunu yavaşlatma (dolayısı ile bayatlamayı geciktirme),
- h. Raf ömrünü geliştirme (Rahaie et al., 2012).

Fırın ürünlerinde bu günlerde en sık kullanılan diyet lifi kaynağı çeşitli tahıl ürünlerinin yan ürünleri olan kepektir. Buğday, yulaf, arpa ve pirinç kepekleri bu amaçla sıkça kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda meyve sebze lifleri gibi farklı lif kaynaklarının kullanımı yönünde bir eğilim bulunmaktadır. Fırın ürünlerinde diyet lifi kullanılmasında karşılaşılan en temel sorun son üründe meydana gelen kalite kaybı ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğin azalmasıdır. Diyet lifleri fırın ürünlerinde düşük hacim, sert doku, acımsı tat ve koyu renk gibi kalite problemlerine neden olabilmektedir (Ktenioudaki and Gallagher, 2012). Bu nedenle kullanılan diyet lifi kaynağı ve kullanım oranları önem taşımaktadır.

Son yıllarda tahıl dışındaki kaynaklardan elde edilen diyet liflerinin fırın ürünlerinde kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Elma, portakal, limon, bezelye, şeftali, hurma, şeker pancarı, mango, armut, karpuz ve kavun kabuklarının lif kaynağı olarak fırın ürünlerine katıldığı çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bchir et al. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada pişmiş meyve (armut, elma ve hurma) yan ürünlerinin diyet lifi konsantresi halinde ekmeğin üretiminde kullanılmasının ekmeğin kalitesi ve hamur performansı üzerine etkisi araştırılmıştır. Diyet lifi kullanımının hamurun su tutma kapasitesi, stabilitesi, dayanıklılık ve uzamaya karşı direnç gibi teknolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği, ekmeğin hacminde düşüşe neden olmakla birlikte, elde edilen ekmeğin renk ve doku bakımından diyet lifi kullanılmamış ekmeğe kıyaslanabilir özellikte olduğu belirtilmiştir. Borchani et al. (2011) ise hurma eti lif konsantresinin ekmeğin üretimine etkisini araştırmış ve diyet lifi ilavesiyle su tutma, stabilite, kalite indeksi ve deformasyona karşı direnç gibi reolojik özelliklerinde artış meydana gelirken, yumuşaklık derecesi ve uzayabilirliğin azaldığını kaydetmiştir. Her iki çalışmada da lif kullanımının ekmeğin toplam kabul edilebilirliğinde önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir.

Rupasinghe et al. (2008) %41 diyet lifi içeriğine sahip elma kabuğu tozunun muffinlerin fenolik madde ve antioksidan aktivitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Sudha et al. (2007) ise elma posasının diyet lifi kaynağı olarak kullanılmasının kek kalitesi ve reolojisi üzerine etkilerini incelemiş; elma posası tozu kullanımıyla su tutma kapasitesi ve yoğurma toleransı artarken, hamur stabilitesi azalarak daha zayıf hamur elde edildiğini kaydetmiştir. Ayrıca lif kullanımı kek hacminde düşüşe neden olmuştur. Lif ve polifenol içeriğinde ise artış sağlanmıştır. Kekin diyet lifince zenginleştirilmesini amaçlayan bir başka çalışma da karpuz ve kavun kabuklarından elde edilen toz halde lif kaynağı kullanılmıştır. Araştırmacılar her iki kaynağın kullanımının da kek hacmi ve özgül hacim değerlerini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu kaynakların kullanımıyla depolama süresince keklerin bayatlamasının geciktiği, lipid oksidasyonu ve serbest asit oluşumunun da azaldığı belirtilmiştir (Al-Sayed Hanan and Ahmed, 2013). Bilgiçli et al. (2007) elma, limon, buğday ve buğday kepeği liflerinin kurabiye besleyici özellikleri üzerine etkisini incelediği çalışmada buğday kepeği dışında kullanılan kaynakların besleyici değeri değiştirmediklerini, buğday kepeğinin ise kurabiyelerin besleyici özelliklerini önemli

ölçüde düşürdüğü tespit etmiştir. Mango kabuğu tozunun yumuşak hamur bisküvisinin diyet lifi içeriği ve antioksidan özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada %10 oranına kadar mango kabuğu lifi kullanımının duyuşal değerlendirmede kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir (Alija et al., 2008). Padalino et al. (2013) ise glutensiz spagettinin çeşitli kalite özelliklerinin üzerine sebze unları kullanımının etkisini araştırmış, çalışmasında enginar, kuşkonmaz, kabak, domates, sarı biber, kırmızıbiber, yeşilbiber, havuç, brokoli, ıspanak, patlıcan ve rezene unlarını kullanmıştır. Sebze unu kullanımının spagettinin renk, karotenoid içeriği, diyet lifi miktarı ve bir takım teknolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir.

Fırın ürünlerinde meyve sebze liflerinin, posa halinde direkt olarak ya da bu posaların konsantre edilip, kurutulup, öğütülmesi yoluyla toz ürün halinde kullanılmasının yanında meyve sebzelerden elde edilmiş saf diyet lifleri şeklinde ticari olarak üretilmiş preparatların kullanımı da mevcuttur. Hidroksi propil metil selüloz (HPMC), selüloz, gamlar (guar gam, keçiyoynuzu gamı, ksantan gam) gibi hidrokolloidler; polidekstroz, ve maltodekstrin gibi oligosakkaritler ve inülin ticari olarak kullanılan liflerdendir (Angiolini and Collar, 2011; Kim and Yokoyama, 2010). Bu bileşenler fırın ürünlerinin diyet lifi ile zenginleştirilmesinden çok teknolojik özelliklerin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Rosel et al. (2006) tarafından yapılan bir optimizasyon çalışmasında hindiba kökünden elde edilen inülin içeren Fibruline, şeker pancarı lifi içeren Fibrex, bezelye hücre duvarı lifi içeren Swelite ve bezelye kabuğu lifinden üretilen Exafine adlı ticari lif preparatları kullanılmıştır. Çeşitli liflerin optimum kompozisyonu kullanıldığında hamur performansının geliştiği belirtilmiştir. Angioloni and Collar (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise kalori yoğunluğu düşürülmüş yüksek lifli ekmeğin fizikokimyasal ve besleyici özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, ekmeklere yapı sağlayıcı hidrokolloidler (selüloz türevleri, galaktomannanlar) ve prebiyotik oligosakkaritler (frukto- ve gluko-oligosakkaritler) eklenmiştir.

2.7. Glutensiz Fırın Ürünlerinin Diyet Lifi ile Zenginleştirilmesi

Diyet lifleri fekal hacmi arttırıp, bağırsaktan geçiş süresini kısaltarak bağırsak sağlığının korunmasına katkıda bulunmaktadır. Yeterli miktarlarda tahıl ürünleri ve meyve sebzenin tüketildiği bir diyetle sağlık için gerekli düzeyde diyet lifi alımı gerçekleşmektedir. Ancak, glutensiz diyetlerde genellikle zenginleştirilmemiş, rafine un/nişasta kullanılarak üretilmiş gıdalarla beslenilmesi, normal bir diyetle oranla diyet lifi alımının azalmasına neden olmaktadır. Çölyak hastaları üzerinde yapılan çalışmalarda glutensiz diyet uygulayan hastaların normal diyetle beslenen kontrol grubuna kıyasla diyet lifi ve çeşitli besin maddelerinin alımının daha az olduğu saptanmıştır (Thompson, 2000; Grehn et al., 2001).

Diyet lifleri selüloz, hemiselüloz, pektin, hidrokolloidler ve lignin gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler genellikle suda çözünür ve suda çözünmeyen olmak üzere 2 grup altında toplanabilmektedir. Suda çözünür lifler arasında pektik maddeler, müsilaj, bazı hemiselülozlar ve hidrokolloidler yer almaktadır. Suda çözünemeyen lifler ise selüloz, hemiselüloz ve ligninden meydana gelmektedir. Çözünür lifler viskozite arttırıcı ve glisemik indeksi ve kolesterolü düşürücü etkileri ile bilinirken; çözünmez lifler düşük özgül ağırlık ve intestinal geçişi azaltarak sindirimi kolaylaştırıcı etkileri ile karakterize edilmektedir. Çözünür lifler, çözünmeyen liflere oranla daha yüksek viskoziteyi arttırma, jel oluşturma ve emülgatör olarak görev alma eğilimindedirler. (McKee and Latner, 2000; Elleuch et al., 2011). Bu nedenle, gerçekleştirilen çalışmalar daha çok çözünür liflerin formülasyonlara dahil edilmeleri üzerine yoğunlaşmıştır. Pektin (Angioloni and Collar, 2009; Demirkese et al., 2010), β -glukan (Lazaridou et al., 2007), CMC (karboksimetilselüloz) (Lazaridou et al., 2007; Angioloni and Collar, 2009; Anton et al., 2009), HPMC (hidroksipropil metilselüloz) (Angioloni and Collar, 2009; Demirkese et al., 2010; Andersson et al., 2011; Moreira et al., 2011), ksantan (Lazaridou et al., 2007; Turabi et al., 2008a; Demirkese et al., 2010; Turabi et al., 2010; Moreira et al., 2011; Peresini et al., 2011), karragenan (Turabi et al., 2008a), guar gum (Turabi et al., 2008a; Anton et al., 2009; Demirkese et al., 2010; Turabi et al., 2010), keçiboynuzu gumu (Turabi et al., 2008a; Angioloni and Collar, 2009; Demirkese et al., 2010; Turabi et al., 2010), agaroz (Lazaridou et al., 2007), propilen glikol aljinat (PGA) (Peresini et al., 2011) gibi hidrokolloidlerin

glutensiz ekmek, kek, kurabiye, tortilla gibi ürünlerin üretiminde kullanıldıkları ve kalitelerinde gelişme sağladıkları belirlenmiştir.

Breckon et al. (2008), yaptıkları çalışmada sarı kek formülasyonuna buğday unu yerine glutensiz un karışımı ve ksantan gum ilave etmişlerdir. Sadece glutensiz un karışımı ile hazırlanan keklerin kontrol örneklerine (buğday unu ile hazırlanan) oranla yüksekliklerinin daha düşük olduğunu ve daha yüksek sıkıştırma kuvvetine, daha az kayma kuvvetine ihtiyaç duyduklarını belirlemişlerdir. Diğer kek örneklerine kıyasla viskozitelerinin de düşük olduğunu tespit etmişlerdir. %0.25 ksantan gum kullanılarak üretilen kek örnekleri ise sıkıştırma kuvveti ve yükseklik açısından kontrol örneklerine benzer bulunmuştur. Sonuç olarak ksantan gum ilavesinin hamur viskozitesini ve kek yüksekliğini artırıp glutensiz keklerin kalite özelliklerini iyileştirdiği; buğday unu ile hazırlanan keklere çok benzer özelliklere sahip kek eldesine olanak verdiğini belirlemişlerdir. Çeşitli gumlar (ksantan gam, guar gam, keçiboynuzu gamı, κ -karragenan, HPMC) ve emülgatör karışımları ile formüle ettikleri pirinç unu keklerinin reolojik özellikleri üzerinde araştırma yapan Turabi et al. (2008a), gum ilave edilen hamur örneklerinin kayma ile incelen (shear-thinning) davranış gösterdiklerini belirlemişlerdir. Çalışmada kullanılan tüm gumlar, pektin dahil, kek hamurlarının emülsiyon stabilitelerinde de artış sağlamıştır. En yüksek kek hacmi yalnızca ksantan gam kullanılan keklerden elde edilmiştir. Gularte et al. (2012a) tarafından yapılan bir çalışmada da, 20 g/100 g oranında pirinç unu yerine diyet lifi ilavesinin glutensiz kek örneklerine ait hamur özelliklerinde, son ürünün teknolojik kalite parametrelerinde (hacim, tekstür) ve besin içeriğinde değişikliğe neden olduğunu belirtilmektedir. Yulaf- inulin veya yulaf- guar gum gibi çözünmez- çözünür lif karışımlarının belirli oranda dengeli olarak alınmasının sağlık açısından daha faydalı olduğu belirtilerek, glutensiz kek formülasyonlarına lif ilavesi karışımlar halinde gerçekleştirilmiştir.

Sabanis et al. (2009), çalışmalarında glutensiz ekmek formülasyonuna farklı tahıl lifleri (buğday, darı, yulaf ve arpa) katarak ekmeğin lifçe zenginleştirilmesini amaçlamışlardır. Darı ve yulaf lifinin glutensiz ekmeğin besleyici ve duyuşal özelliklerine olumlu etkileri olduğunu ve elde edilen kek içi mikrograflarında daha fazla gaz içerdiğini belirtmişlerdir. Padalino et al. (2013) ise glutensiz spagettinin çeşitli kalite özelliklerinin üzerine sebze unları kullanımının etkisini araştırmış,

çalışmasında enginar, kuşkonmaz, kabak, domates, sarı biber, kırmızıbiber, yeşilbiber, havuç, brokoli, ıspanak, patlıcan ve rezene unlarını kullanmıştır. Sebze unu kullanımının spagettinin renk, karotenoid içeriği, diyet lifi miktarı ve bir takım teknolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu belirtilmiştir. Farklı çalışmalarda buğday unu ile üretilen ekmek, kurabiye, kek veya muffinlere kepek veya meyve sebze liflerinin ilave edilmesi suretiyle fırın ürünlerinin diyet lifi açısından zenginleştirmesine yönelik bilgiler yer almaktadır. Ancak meyve sebze liflerinin glutensiz ekmek, kek gibi ürünlere ilavesini içeren çalışma bulunmamaktadır (Sudha et al., 2007; Alija et al., 2008; Rupasinghe et al., 2008; Behir et al., 2013).

2.8. Kek

Unlu mamuller endüstrisinin en önemli ürünlerinden olan kek çok çeşitli ve geniş bir formülasyon yelpazesine sahip olduğundan tam olarak tanımlanması güç bir ürün gurubudur. Genel bir ifadeyle kek; çoğunlukla kabartma tozu ile mayalanmış, yumuşak buğday ununa ilaveten değişen oranlarda şeker, yumurta, süt (ya da su), yağ ve aroma maddeleri içeren yumuşak hamurun pişirilmesiyle elde edilen ve şekerli tat, yumuşak bir doku, hoş lezzet ve aroma ile karakterize edilen bir üründür. Keklerin sınıflandırılması genellikle formülasyonda yer alan bileşenlere göre yapılmaktadır. Ayrıca kekler şekillerine göre de dilim, top, baton, kalıp, pasta altı ve bar kekler olarak sınıflandırılır. Ayrıca kekler içerdikleri aroma ve lezzet verici maddelere göre; zencefil, tarçın gibi baharatların kullanımıyla yapılan baharatlı kekler, krem peynir kullanılarak yapılan peynirli kekler, kakao ya da çikolata kullanılarak yapılan çikolatalı kekler şeklinde de isimlendirilebilir. İyi bir kek çok sayıda ve kek içinde homojen olarak dağılmış küçük hava kesecikleri içermelidir. Ayrıca iyi bir renk ve parlaklığa sahip olmalı, nemli, hoş aromalı olmalıdır. Kaliteli bir kek eldesi için üç temel parametrenin sağlanması gerekmektedir. Bunlar; yapılacak kekin çeşidine göre uygun bileşenlerin seçilmesi, kek özelliklerine uygun ve dengeli bir formülasyonun hazırlanması ve optimum çırpma ve uygun pişirme yönteminin kullanılmasıdır (Bennion and Bamford, 1977; Pylar, 1988).

2.9. Kek Hamurunun Reolojik Özellikleri

Reoloji sıvıların akış, katıların ise deformasyon özelliklerini inceleyen bilim dalıdır. Gıdaların reolojik özelliklerinin bilinmesi işletme ve ürün tasarımı açısından önem taşımaktadır. Kek hamurunun reolojik özellikleri bu hamurdan elde edilecek kekin kalitesi hakkında bilgi vermektedir.

Kek üretiminde kullanılan temel bileşenlerden un, yumurta beyazı, süt kuru maddeleri ve tuz gibi bileşenler keke sertlik verirken şeker, yumurta sarısı ve yağ keki yumuşatmaktadır. Kek hamuru kompleks bir yapıya sahip, çözünmeyen ya da süspansiyon halinde kuru ingrediyanleri içeren sürekli bir sulu fazdan oluşan, su içinde yağ emülsiyonu olarak kabul edilebilir. Bileşenlerin kendileri arasında oluşan etkileşimler ve yapısal gelişim karıştırma ve pişirme sırasında gerçekleşmektedir. Kekin kalitesi açısından önemli bir parametre olan yüksek hacmin sağlanmasında çok sayıda küçük hava keseciği oluşumu önemlidir. Bu hava kesecikleri karıştırma sırasında oluşmakta, pişirme sırasında kabartma tozunun etkisiyle oluşan karbondioksit gazı da kek hacmine etki etmektedir. Pişme sırasında nişasta jelatinizasyonu, protein koagülasyonu, karbondioksit oluşumu; karıştırma ile hamur içinde oluşan hava kesecikleri ve eklenen bileşenlerin kendi aralarındaki etkileşimler sayesinde poröz, yarı katı ve yumuşak bir yapıda kek oluşumu gerçekleşmektedir (Sahin, 2008).

Viskozite bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Kek hamurunun viskozitesi, kek hacmini etkileyen en temel özelliktir. Çünkü kaldırma kuvveti etkisiyle kek yüzeyinden hava keseciklerinin kaçma oranı hamur viskozitesi ile ters orantılıdır. Bu yüzden düşük viskoziteye sahip hamurlarda karıştırma ve pişirme sırasında oluşan hava kesecikleri ve karbondioksit kolayca kek yüzeyinden kaçmakta; düşük hacimli kek oluşumu ve elde edilen kekte çökme görülmesine neden olmaktadır. Yüksek viskoziteli kek hamurunda ise karıştırma ve pişirme sırasında oluşan gazlar kek içinde yeterince genleşememekte bu nedenle kek hacmi yeterli düzeyde artmamaktadır. Sonuç olarak, kek üretiminde optimum viskoziteye sahip hamur formüle edilmesi elde edilen kekin maksimum hacimde olması açısından önem taşımaktadır. Düşük özgül ağırlığa ve yüksek viskoziteye sahip kek hamurları yüksek hacimli kek verirler. Hamur yoğunluğunun artması ise

kek hamurunun daha az hava keseciği içerdiğinin göstergesidir ve bu hamurlar düşük elastik ve viskoz modülüs değerleri verirken kek hacminin de düşmesine neden olmaktadır (Sahi and Alava, 2003; Sahin, 2008).

Newton tipi akış gösteren sistemlerde kayma gerilimi, kayma hızı (kayma deformasyonunun değişme hızı) ile orantılı olarak artmaktadır.

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dv}{dx} \quad (1)$$

burada η viskozite katsayısı olup genellikle viskozite olarak adlandırılır. Newton tipi olmayan sistemler, viskozitenin kayma hızı ile doğrudan orantılı olmadığı sistemler, ise plastik (Bingham) akış, pseudoplastik akış ve dilatant akış olmak üzere üçe ayrılır (Sahin and Sumnu, 2006).

Materyaller kendilerine dışarıdan bir kuvvet uygulandığında akış, deformasyon ya da bunların her ikisini beraber sergilemektedirler. Reoloji bilimi ise materyallerin iyi tanımlanmış deformasyon koşulları altında gösterdikleri mekanik özellikleri incelemektedir. Reoloji kavramları viskoz akış, elastik deformasyon ve viskoelastisite olarak sınıflandırılabilir. Literatürde yer alan çalışmalarda farklı formülasyonlarda hazırlanan kek hamurlarının Newton tipi olmayan ve kayma ile incelen (pseudoplastik) davranış sergiledikleri görülmüştür (Sakiyan et al., 2004; Baixauli et al., 2008; Turabi et al., 2008a; Chesterton et al., 2011; Ronda et al., 2011). Kayma ile incelen davranışta kayma hızının artmasına bağlı olarak viskozitede düşüş yaşanmaktadır. Bu çalışmaların birçoğunda elde edilen veriler Üssel (Power law) modelle uyum göstermiştir. Üssel model (Ostwald-de Waele eşitliği):

$$\tau_{yz} = k \left(\frac{dv_x}{dy} \right)^n = k \left(\dot{\gamma}_{yz} \right)^n \quad (2)$$

Burada k değeri, kıvam katsayısı (Pa.s); n değeri ise akış davranış katsayısıdır. τ_{yz} kayma gerilimi (Pa) ve $\dot{\gamma}_{yz}$ kayma hızı (1/s) değerlerini göstermektedir. Ayrıca Casson model kullanıldığı çalışmalara da rastlanmaktadır (Baik et al., 2000; Turabi et al., 2008a). Casson model:

$$(\tau_{yz})^{0.5} = (\tau_0)^{0.5} + k_c (\dot{\gamma}_{yz})^{0.5} \quad (3)$$

Burada τ_0 değeri, Casson eşik gerilimi (N/m^2); k_c değeri ise kıvam katsayısı (Pa.s)^{0.5} olarak ifade edilmektedir. Turabi et al. (2008a), tarafından yapılan bir çalışmada pirinç unundan üretilmiş kek hamurunun akış davranışının hem Üssel modele hem de Casson modele uyum sağladığı belirtilmiştir.

İdeal elastik katılar Hooke tipi davranış göstermektedir. Bu davranışı gösteren bir materyale bir kuvvet uygulandığında gerilim ve gerinim (deformasyon) arasında doğrusal bir ilişki görülür. Bu ilişki Hooke Yasası olarak adlandırılmaktadır. Hooke Yasası:

$$\tau = G\gamma \quad (4)$$

Burada G değeri, kayma modülüsü (N/m^2); τ değeri, kayma gerilimi (N/m^2); γ değeri ise kayma gerinimini ifade etmektedir (Sahin, 2008).

Viskoz bir akışkana kuvvet uygulandığında, uygulanan kuvvetin yalnızca bir kısmı kadar deformasyona uğrar, kuvvet kaldırıldığında ise eski haline tamamıyla geri dönemez. Viskoz akışkanlar genellikle viskozite, katılar ise elastisite göstermektedir. Ancak bazı gıdalar, viskoz ve elastik özelliklerin ikisini birlikte gösterdiklerinden viskoelastik materyal olarak adlandırılmaktadırlar. Kek hamuru da viskoz ve elastik özellikleri bir arada gösteren viskoelastik bir yapıdır. Gıda maddelerinin viskoelastik özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanlar dinamik (osilasyon) testi, creep recovery (yavaş hareketle değişim ve geri kazanım) testi ve stress relaxation (gerilim gevşemesi) testidir (Sahin and Sumnu, 2006). Stress relaxation testinde sabit bir strain (gerinim) değerine sahip materyalin stress (gerilim) değerleri zamanın fonksiyonu olarak incelenmektedir. Viskoelastik katılarda stress değeri zamanla denge gerilim değerine düşer ve bu değer sıfırdan büyüktür, viskoelastik sıvılarda ise kalıntı gerilim değeri sıfırdır. Creep recovery testinde ise materyale sabit bir gerilim uygulanırken deformasyonun zamanla değişimi incelenir ve testin bu kısmı creep olarak adlandırılır. Daha sonra materyale uygulanan gerilim

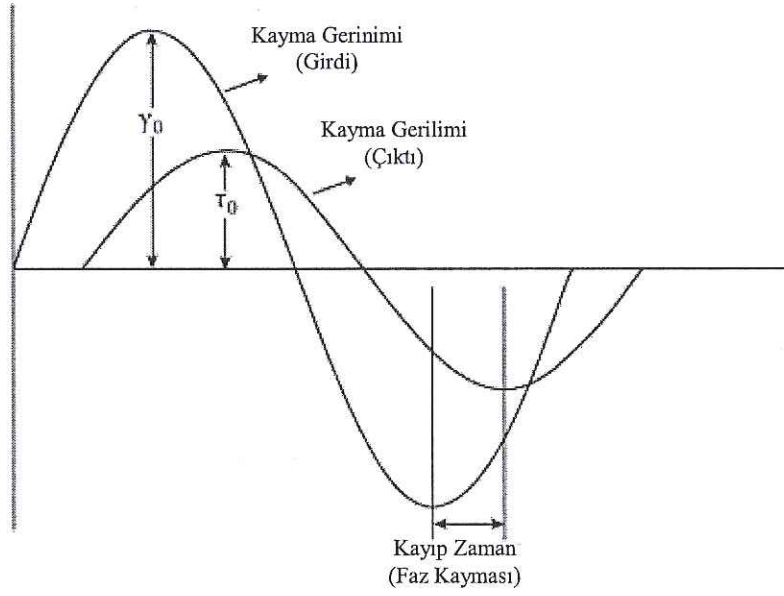
kaldırılıp deformasyonun zamana bağlı değişimi kaydedilmeye devam edilir ve bu kısımda recovery (geri kazanım) olarak ifade edilir. Uygulanan gerilimin kaldırılmasıyla ideal elastik materyaller tamamıyla eski halini geri kazanırken, ideal viskoz materyallerde geri kazanım gerçekleşmez. Viskoelastik materyal ise bu ikisi arasında olduğundan gerilimin kaldırılmasıyla kısmi bir recovery (geri kazanım) değeri gösterir. Dinamik (osilasyon) testinde ise materyal zamanla harmonik olarak değişen bir deformasyon ya da gerilime maruz bırakılır ve buna karşılık gelen diğer bileşen, deformasyon ya da gerilim, gene zamanla harmonik olarak değişecek şekilde kaydedilir (Şekil 2.1). Depolama modülüsü (elastik modülüs, G'), elastik materyallerde daha yüksekken, viskoz materyallerde kayıp modülüs (viskoz modülüs, G'') daha yüksektir:

$$G' = \frac{\tau_0 \cos \theta}{\gamma_0} \quad (5)$$

$$G'' = \frac{\tau_0 \sin \theta}{\gamma_0} \quad (6)$$

$$\tan \theta = \frac{G''}{G'} \quad (7)$$

Burada τ_0 değeri, kayma gerilimi (girdi veya çıktı); γ_0 değeri, kayma gerinimi (girdi veya çıktı); θ değeri ise kayıp zaman (time lag/faz kayması) olarak ifade edilmektedir (Sahin, 2008).



Şekil 2.1 Dinamik (osilasyon) testinde viskoelastik bir materyalin kayma gerinimine (deformasyona) karşılık harmonik kayma gerilimi (Sahin, 2008).

Marco and Rosell (2008) yaptıkları çalışmada protein izolatu içeren ve içermeyen pirinç keki hamurlarında elastik modülüs (G'), viskoz modülüsten (G'') yüksek olup, hamurların viskoelastik katı davranış gösterdikleri belirtilmiştir. Matos et al. (2014) tarafından glutensiz pirinç keki üzerine proteinlerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da kek hamurlarında benzer davranış gözlenmiştir. Matos et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada farklı proteinlerin glutensiz muffin hamurlarının viskoelastik karakteri üzerine etkisi araştırılmış ve elastik modülüsün (G') viskoz modülüsten (G'') daima daha yüksek olduğu saptanmıştır. Peressini et al. (2011) ekmeğin viskoelastik özellikleri üzerine çözünebilir diyet liflerinin etkisini araştırmışlar ve diyet lifi kullanım oranının artmasıyla G' değerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Ronda et al. (2011) ise diğer çalışmaların tersine bir durum tespit etmiş olup glutensiz kek hamurlarının G'' değeri G' değerine göre daha büyük bulunmuştur. Ayrıca kek hamurunun viskoelastik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında frekans tarama testi verilerini Üssel (Power Law) model kullanarak değerlendirmişlerdir.

$$G'(\omega) = G'_{\omega 1} \cdot \omega^a \quad (8)$$

$$G''(\omega) = G''_{\omega 1} \cdot \omega^b \quad (9)$$

$$\tan \delta(\omega) = \tan \delta_{\omega 1} \cdot \omega^c \quad (10)$$

Burada G' elastik modülüsü (Pa), G'' viskoz modülüsü (Pa), $\tan \delta$ kayıp tanjantı ω ise açısal frekansı (rad/s) göstermektedir. $G'_{\omega 1}$, $G''_{\omega 1}$ ve $\tan \delta_{\omega 1}$ değerleri ise bunların 1 Hz' deki değerleridir. a, b ve c üsleri, modülüslerin ve kayıp tanjantın salınım frekansına bağımlılık derecesini göstermektedir. $\tan \delta_{\omega 1}$ değerinin 1'den küçük olması kek hamurunun sıvıdan çok katı davranış sergilediğinin göstergesidir. Viskoelastisite $\tan \delta$ 'nın 1'e yakınlığı olarak tanımlanmaktadır (Matos et al., 2014). Yani $\tan \delta$ 1' den ne kadar küçükse hamur o kadar katı benzeri davranış gösterir. Baixauli et al. (2008) buğday unu ile yapılan kek hamurunun $\tan \delta$ değerinin 1'den küçük olduğunu belirtmiştir.

2.10. Glutensiz kek

Gluten, buğdaydan üretilen ekmek, kek, pasta, makarna gibi ürünlerin teknolojik özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Gluten ikamesi olarak bazı gıda katkı maddelerinin kullanılması ile bu ürünlerin çeşitli formülasyonlarının geliştirilmesi son yıllarda gıda teknolojisinin önemli konuları içerisinde yer almaktadır (Farrell and Kelly, 2001).

Pirinç, çok düşük miktardaki gluten içeriğiyle çölyak hastaları tarafından oldukça iyi tolere edilebilmektedir. Bu nedenle de glutensiz gıdaların hazırlanmasında en çok kullanılan tahıllardan biridir. Ancak buğday unu yerine pirinç unu kullanılarak hazırlanan ürünlerin kalitelerinde önemli düzeyde düşüş meydana gelmektedir. Bu nedenle pirinç unu formülasyonlarının optimize edilmesi gerekmektedir (Ronda et al., 2009). Fırın ürünlerinin doku ve görünüş özelliklerini geliştirmede nişasta ve hidrokoloidler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar arasında pirinç nişastası en sık kullanılanlardandır. Gluten içermemesi, düşük sodyum içeriğine sahip olması ve sindirilmesi kolay karbonhidratlarca zengin olması pirincin özel diyetlerde tercih edilmesine neden olmaktadır (Gallagher et al.,

2004). Glutensiz fırın ürünlerinde, gluten eksikliğine bağlı olarak meydana gelecek problemleri minimize edebilmek ve glutensiz diyetin besleyici değerini arttırmak gibi amaçlarla formülasyonlara hidrokolloid/ gumlar, emülgatörler, nişasta/baklagil unları, maltodekstrin, diyet lifi niteliğindeki diğer polisakkaritler ve süt bileşenleri gibi protein yapıların dahil edilmesi gündeme gelmiştir. Fırın ürünleri arasında önemli bir yere sahip olan kekin glutensiz hammaddeler kullanılarak üretilmesine yönelik literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır.

Glutensiz kek formülasyonlarına gluten ikame edici bileşen olarak çeşitli hidrokolloid ve gamların ilave edilmesi oldukça yaygın bir uygulamadır. Ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı, κ -karragenan, hidroksi propil metil selüloz (HPMC), karboksi metil selüloz (CMC)'un glutensiz kek formülasyonlarına eklendiği çalışmalar bulunmaktadır (Köksel et al., 2008; Turabi et al., 2008; Sumnu et al., 2010; Preichardt et al., 2011; Ranjbar et al., 2012;). Turabi et al. (2008a) farklı gamları emülgatör karışımlarıyla beraber pirinç bazlı glutensiz formülasyonlara dahil etmiş, ayrıca gamları da karışımlar halinde kullanmıştır. Çalışmada en yüksek görünür viskozite değeri ksantan gam ve guar gamın beraber kullanıldığı kek formülasyonunda görülürken, en yüksek kek hacmi yalnızca ksantan gam kullanılan keklerden alınmıştır. Emülgatör kullanımının özgül hacmi arttırıp daha yumuşak dokulu kek eldesine imkan verdiği belirtilmiştir. Preichardt et al. (2011) tarafından yapılan çalışma da bunu destekler niteliktedir. Preichardt et al. (2011) ksantan gamın glutensiz pirinç ve mısır keki kalitesini geliştirdiği, özgül hacim ve dokuyu geliştirirken sertlik değerini azaltıp bayatlamayı da geciktirdiğini bildirmiştir. Ayrıca yapılan duyuusal değerlendirmede elde edilen glutensiz keklerin tercih edilebilir olduğu görülmüştür. Turabi et al. (2008b) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise ksantan ve ksantan-guar gam karışımı ilave edilen pirinç bazlı glutensiz keklerin kızıl ötesi-mikrodalga kombine fırında pişirilmesi üzerine yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimizasyon işlemi uygulanmıştır. Sadece ksantan içeren, %5.28 emülgatör ilave edilen ve %60 halojen lamba kullanılarak üretilen keklerin en iyi kalite özelliklerine sahip olduğu belirtilmiştir. Sumnu et al. (2010) ise ksantan gam, guar gam ve bu ikisinin karışımının pirinç bazlı glutensiz kekin bayatlaması üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında kek örneklerini 22°C'de 120 saat depolamışlardır. Elde edilen veriler ışığında ksantan-guar gam karışımının, depolama boyunca gerçekleşen, sertlik, ağırlık kaybı, retrogradasyon entalpisi

değerlerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Ranjbar et al. (2012) ise karboksi metil selüloz (CMC) kullanımının pirinç kekinin duyuşal özelliklerini geliştirdiğini belirtmiştir. Çözünür ve çözünmez diyet liflerinin beraber alınmasının sağlık açısından önemli olduğunu belirten Gularte et al. (2012a), glutensiz kek formülasyonuna çözünür (inülin ve guar gam) ve çözünmez (yulaf lifi) lifleri birlikte eklemiştir. Glutensiz kek kalitesinin incelendiği çalışmada yulaf lifi-inülin karışımının özgül hacmi dolayısıyla poroziteyi arttırdığı ve kek içi ve kabuğunun parlaklığını geliştirdiği belirtilmiştir. Lif kullanımının sertlik değerini arttırdığı ancak en düşük sertliğin gene yulaf lifinin inülin ile birlikte kullanımında görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca diyet lifi içeriğinin artmasıyla nişastanın in vitro hidrolizinde önemli değişiklikler belirlenmiş olup yavaş sindirilen nişastada düşüş meydana getirdiği ifade edilmiştir.

Ronda et al. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise farklı nişasta kaynakları (pirinç, mısır, patates ve buğday) ve soya fasulyesi protein izolatu veya buğday proteini kullanılarak üretilen glutensiz kek hamurunun reolojik özellikleri incelenmiştir. Pirinç nişastası ve soya fasulyesi protein izolatu kullanılarak hazırlanan kek hamurlarının en yüksek kıvam, viskoz ve elastik modülü, adhesif kuvvete sahip oldukları ayrıca buğday unu ile yapılan hamurla en çok bu formülasyonun benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Benzer bir çalışma da Matos et al. (2014) tarafından yapılmış olup pirinç bazlı glutensiz muffinin hamur reolojisi ve kalitesi üzerine proteinlerin etkisi incelenmiştir. Bu amaçla glutensiz formülasyona beş farklı protein kaynağı (soya protein izolatu, bezelye protein izolatu, yumurta beyazı proteini, kazein ve karşılaştırma amacıyla buğday gluteni) ilave edilmiştir. Soya protein izolatu, bezelye protein izolatu ve kazein ilavesinin viskoz modülü (G') değerini; kazein ve yumurta beyazı proteini ilavesinin ise muffinlerin özgül hacmini arttırdığı belirlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar ışığında protein ilavesini glutensiz muffinlerde hamur reolojisi ve kalite özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir.

Levent and Bilgiçli (2011) tarafından yapılan bir çalışmada ise acı bakla (lupin) ve karabuğday unları kullanılarak hazırlanan glutensiz keklerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yüksek oranda acı bakla unu ilavesinin kek hamurlarının pH değerini düşürdüğü, %5 karabuğday unu ve %20 acı bakla unu kullanımının ise kek hacmini geliştirdiği belirtilmiştir. Bu unların yüksek oranlarda kullanılması kek

yumuşaklığını olumsuz etkilerken, tüm fiziksel özellikler düşünüldüğünde düşük miktarlarda kullanılmaları glutensiz kekin fiziksel özelliklerini geliştirdiği belirlenmiştir. Gularte et al. (2012b) ise çeşitli baklagil unlarının (nohut, bezelye, mercimek ve fasulye) glutensiz kekin kalitesi ve nişasta ve proteinlerinin in vitro sindirilebilirliğine etkilerini incelemiştir. Çalışmada baklagil unları pirinç unuyla %50 oranında değiştirilmiştir. Baklagil unlarının kullanımı, nohut unu hariç, kek hamuru viskozitesini ve kekin özgül hacmini arttırmışlardır. Nohut ve bezelye unlarının kek parlaklığını ve sarılık değerlerini, mercimek dışındaki tüm baklagil unlarının ise sertlik ve çiğnenebilirliği arttırdığı belirlenmiştir. Elde edilen kek ürünlerinin, toplam protein, kullanılabilir protein, mineral yağ ve diyet lifi açısından zenginleştiği ve glisemik indeksi düşürdüğü belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada glutensiz kek hamurlarının hazırlanmasında pirinç unu, şeker, yumurta, süt, ayçiçek yağı ve kabartma tozu kullanılmıştır. Farklı miktarlarda kurutulmuş elma, havuç ve portakal posası tozları lif içeriğini arttırmak amacıyla kek formülasyonuna eklenen lif miktarı kadar pirinç unundan azaltılacak şekilde ilave edilmiştir. Elma, havuç ve portakallar, yerel bir marketten satın alınmış, suları uzaklaştırılmış ve elde edilen posalar kurutulduktan sonra öğütülerek kullanılacakları zamana kadar buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Pirinç unu, şeker, yağ, kabartma tozu, yumurta, süt gibi kek malzemeleri kullanılacakları zaman belirli markalar seçilerek taze olarak temin edilmiştir. Pirinç unu, Hayat Gıda Sanayi A.Ş.; şeker, Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. ; yağ, Yudum Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. ; kabartma tozu, Dr-Oetker Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. ; yumurta, Keskinoglu A.Ş; süt, Pınar Süt Mamulleri Sanayi A.Ş.' den temin edilmiştir.

3.2. Metot

Çalışmada uygulanan analizler aşağıda ayrı başlıklar halinde sunulmuştur. Analizler en az iki paralel olacak şekilde yapılmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları verilmiştir. Kek formülasyonuna ilave edilen elma, havuç ve portakal posası tozlarında nem analizi, pH analizi ve diyet lifi miktarını belirlemek amacıyla toplam diyet lifi analizi, gerçekleştirilmiştir. Glutensiz kek hamurlarının reolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla akış davranışları ve viskoelastik davranışları incelenmiştir. Ayrıca kek hamurlarında özgül ağırlık analizi gerçekleştirilmiştir. Pişirilen kek örnekleri soğuduktan sonra, kek örneklerinin bileşimini belirlemek amacıyla nem, kül, ham yağ ve ham protein analizleri; ayrıca renk, porozite, hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi analizleri, doku profili analizi ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Bunlar dışında elde edilen posa tozları ve pişirilen kekler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

3.2.1. Meyve sebze posalarına uygulanan işlemler

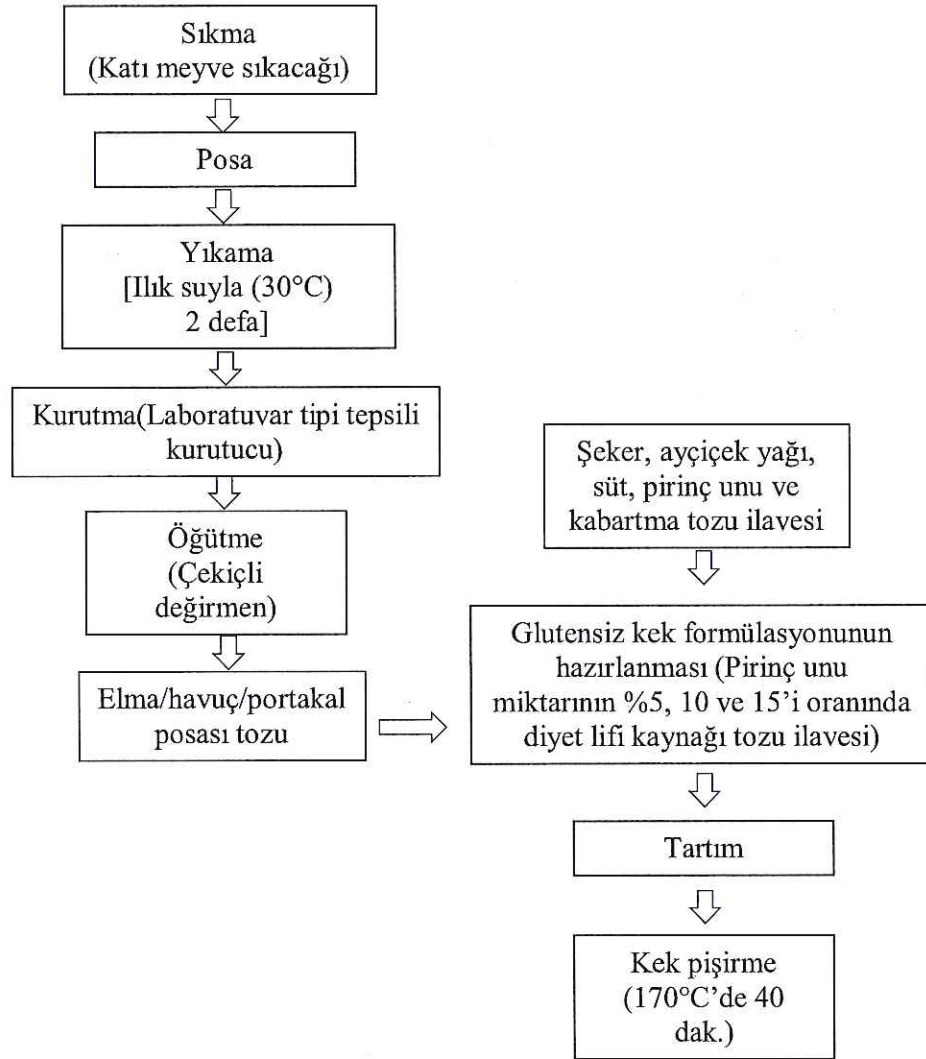
Elma, havuç ve portakallar yerel bir marketten alınıp Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Pilot Tesisi Temel İşlemler Laboratuvarına getirilmiş ve buzdolabında (+4°C) tutulmuştur. Buzdolabından çıkarılan elma, havuç ve portakallar yıkanıp havuçların sapları, elmalarınsa sapları ve çekirdek evleri ayırdıktan sonra katı meyve sıkacağı (Santos, Fransa) kullanılarak posaları ayrılmıştır. Posa ılık suyla (30°C) iki defa yıkanarak fazla su uzaklaştırıldıktan sonra laboratuvar tipi tepsili kurutucuda (UOP 8 Tray Dryer, Armfield, UK) 60-80°C’de son ürünün nem içeriği 2-3 g/100 g yaş ağırlık değerine ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra kurutulmuş posa laboratuvar tipi çekiçli değirmende (Armfield, UK) öğütülmüştür. Partikül iriliklerinin homojen olması için elde edilen toz ürünler elek analizine tabi tutulmuş ve 355 µm’ den daha küçük boyutta olanlar denemelerde kullanılmıştır. Kurutulmuş meyve sebze posalarının elde edilmesi amacıyla uygulanan işlemler Şekil 3.1’ de verilmiştir.

3.1.1. Kek örneklerinin hazırlanması

Kek hamurları; Gularte et al.(2012)’de verilen formülasyon modifiye edilerek pirinç unu, şeker, ayçiçek yağı, yumurta, süt ve kabartma tozu kullanılarak hazırlanmıştır. Lif içeriğini zenginleştirmek amacıyla; pirinç unu üzerinden % 5, 10, 15 oranında ve pirinç unuyla yer değiştirecek şekilde kurutulup öğütülmüş havuç, portakal ve elma posaları formülasyona eklenmiştir. Ayrıca hiçbir diyet lifi kaynağı kullanılmadan hazırlanan formülasyon “kontrol” olarak adlandırılmıştır. Glutensiz kek üretiminde kullanılan formülasyon 100 g un için Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Kek hamuru hazırlanırken öncelikle yumurtalar mikser ((Kitchen Aid, St. Joseph, Mich., USA)) yardımıyla 4 dakika boyunca yüksek hızda (6. devir) karıştırılmıştır. Ardından, şeker eklenip 3 dakika daha yüksek hızda karıştırıldıktan sonra ayçiçek yağı ve süt ilave edilerek orta hızda (4.devir) 3 dakika daha karıştırılmıştır. Son olarak, diğer tüm kuru bileşenler (pirinç unu, elma/havuç/portakal posası tozu ve kabartma tozu) eklenerek düşük devirde (2.devir) 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Elma, havuç ve portakal posası tozları

karışıma farklı oranlarda (5%, 10%, 15%) pirinç unu yerine eklenmiştir. Hazırlanan karışım, 14 cm taban çapına sahip, tek kullanımlık, alüminyum kek kalıplarına dökülüp konvansiyonel fırında (NE66209D0, Vestel, Türkiye), alttan ve üstten ısıtma modu seçilerek 170°C’de 40 dakika pişirilmiştir. Daha sonra kalıptan çıkarılan kekler, soğuması için oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiş ve kurumayı önlemek amacıyla plastik bir materyalle ambalajlanmıştır.



Şekil 3.1 Meyve Sebze Posası Tozlarının Eldesi, Kek Üretiminde Kullanılması ve Keklerin Pişirilmesi.

Çizelge 3.1 Glutensiz kek üretiminde kullanılan formülasyon (g/100g un).

Bileşen (g)	Kontrol	%5 DLT	%10 DLT	%15 DLT
Pirinç unu	100	95	90	85
Posa tozu	0	5	10	15
Yumurta	55	55	55	55
Şeker	70	70	70	70
Ayçiçek yağı	45	45	45	45
Süt	27.5	27.5	27.5	27.5
Kabartma tozu	2.5	2.5	2.5	2.5
Toplam	300	300	300	300

3.1.2. Kurutulmuş meyve ve sebze posalarında gerçekleştirilen analizler

3.1.2.1. Nem analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarında nem tayini 70°C’de vakum etüvde (Wisd laboratory equipment, Germany) yapılmıştır. Üçer gram alınan örnekler kurutma kaplarında sabit tartıma gelene kadar 70°C’ de vakum etüvde tutulmuştur. Nem miktarı yüzde olarak hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

3.1.2.2. Kül analizi

Porselen krozeler 550°C sıcaklıktaki kül fırınında 20 dakika tutulduktan sonra 100°C’deki etüve alınmış daha sonra da desikatörde soğutulup 0,1 mg duyarlılıkta daraları alınmıştır. Porselen krozelere 3 g (±1 mg) örnek tartıldıktan sonra ön yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra 550°C’deki kül fırınına alınan örnekler kül tamamen beyazlaşınca kadar yakmaya devam edilmiştir. Kül fırınından çıkarılan krozeler 1 dakika amyant levha üzerinde bekletilip desikatöre alınmıştır. Soğuyan krozelerin tartımı yapılmış ve toplam kül miktarı (yaş temelde) Eşitlik 11 ile hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu, 2004):

$$\% \text{ Toplam kül miktarı} = \frac{100(a-b)}{\bar{o}} \quad (11)$$

3.1.2.3. pH değeri tayin yöntemi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının pH değeri pH metre (Hanna Ins., USA) kullanılarak belirlenmiştir. Toz ürün %10 (ağırlık/hacim) oranında saf su ile karıştırıldıktan sonra 20 °C' de ölçüm yapılmıştır (Grigeldo-Miguel and Martin-Belloso, 1999).

3.1.2.4. Toplam diyet lifi analizi

Toz ürünlerin diyet lifi içeriklerini belirlemek amacıyla AACC (1996) Yöntem: 32-05' e göre toplam diyet lifi analizi gerçekleştirilmiştir. Toz örnek 70°C'de vakumlu etüvde (Wisd laboratory equipment, Germany) bir gece tutulduktan sonra desikatörde analize kadar bekletilmiştir. İki tekerrür olarak 1 g (\pm 0.1 mg) örnek behere alınmış, üzerine 50 ml fosfat tamponu eklenmiş ve pH metre kullanılarak pH 6.0 ± 0.1 ' e ayarlanmıştır. Daha sonra 0.2 ml ısıya dirençli α -amilaz çözeltisi (Sigma-Aldrich, USA) eklenip alüminyum folyo ile sarılan beher 100°C'deki su banyosunda 30 dakika tutulmuştur. Beher içeriği oda sıcaklığına soğutulduktan sonra pH 7.5 ± 0.1 'e kadar 10 ml 0.171 NaOH çözeltisi eklenip 5 mg proteaz enzimi (Sigma-Aldrich, USA) ilave edilmiş ve 60°C'de 30 dakika tutulmuştur. Soğutulup pH 4.5 ± 0.2 'ye kadar HCl (10 ml, 0.325 N) eklendikten sonra 0.3 ml amiloglukozidaz çözeltisi (Sigma-Aldrich, USA) ilave edilip tekrar 60°C'de 30 dakika tutulmuştur. Önceden 60°C'ye ısıtılmış 280 ml etanol (%95) ilave edilip oda sıcaklığında 60 dakika bekletilmiştir. İçerik önceden kurutulup darası alınmış Whatman no:1 filtre kağıdından Buhner hunisi ve Nuçe erleni kullanılarak vakum yardımıyla filtre edilmiş ve kalıntı 20 ml'lik porsiyonlar halinde etanolla (%78) üç kez daha sonra 10 ml'lik porsiyonlarda asetonla iki kez yıkanmıştır. Filtre kağıdı ve kalıntı 70°C'deki vakumlu etüvde sabit tartıma getirilmiştir. Tartım alındıktan sonra örneklerde kül tayini yapılarak kül miktarı belirlenmiştir. Toplam diyet lifi içeriği Eşitlik 12 ile hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Toplam diyet lifi} = \frac{\text{Kalıntı ağırlığı} - \text{Kül ağırlığı}}{\text{Örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (12)$$

3.1.3. Kek hamurlarında gerçekleştirilen analizler

3.1.3.1. Özgül ağırlık analizi

Hacmi belli bir piknometrenin öncelikle darası alınmıştır. Piknometre çizgisinin biraz üzerine kadar damıtık su ile doldurulup 20°C'deki su banyosunda 20-30 dakika tutulmuştur. Daha sonra kılcal bir boru yardımıyla su seviyesi piknometre çizgisine getirilmiş ve piknometre boğazının iç kısmı fitil şeklinde kıvrılmış bir filtre kağıdı ile silinmiştir. Tapası kapatılan piknometre iyice kurulandıktan sonra hassas teraziyle tartılarak piknometrenin su kıymeti belirlenmiştir. Bu değer sabit olduğundan işlem üç kez tekrarlanıp bulunan ağırlıkların ortalaması alınmıştır. Aynı işlemler örnek için tekrarlanarak hamur örneklerinin ağırlıkları belirlenmiştir. Özgül ağırlık değeri 20°C için Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu, 2004):

$$\text{Özgül ağırlık} = \frac{\text{Örnek ağırlığı}}{\text{Su kıymeti}} \quad (13)$$

3.1.3.2. Reolojik özelliklerin belirlenmesi

Kek hamurlarının reolojik özellikleri 25 ±1 °C'de reometre (TA Instrument, UK) kullanılarak incelenmiştir. Hamur örnekleri hazırlandıktan hemen sonra analize alınmıştır. 40 mm çaplı paralel plaka geometri kullanılmış ve plakalar arasında 1 mm boşluk bırakılmıştır.

Akış davranışı: Kayma gerilimi ve viskozite 0.01-100 s⁻¹ aralığındaki kayma hızının fonksiyonu olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler Üssel ((Power Law)) model (Eşitlik 14) ve Casson modeli (Eşitlik 15) kullanılarak değerlendirilmiştir (Turabi et al., 2008a):

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (14)$$

$$\tau^{1/2} = K_{oc} + K_c \cdot \dot{\gamma}^{1/2} \quad (15)$$

Üssel modele ait K değeri, kıvam katsayısı (Pa.sn); n değeri ise akış davranış katsayısıdır. τ kayma gerilimi (Pa) ve $\dot{\gamma}$ kayma hızı (1/s) değerlerini gösterir. Eşitlik 14'ün kesim noktası olan K_{oc} 'nin karesi, Casson eşik gerilimi (τ_0) olarak adlandırılır; K_c değeri ise Casson modele ait kıvam katsayısıdır.

Viskoelastik davranış: Frekans tarama testi 0.1 den 10 Hz' e kadar gerçekleştirilmiştir. G' , G'' ve $\tan(\delta)$ değerlerinin doğrusal viskoelastik bölgede frekansla değişimi incelenmiştir. Test verileri Üssel modele uyum sağlamıştır (Ronda et al., 2011).

$$G'(\omega) = G'_{\omega_1} \cdot \omega^a \quad (16)$$

$$G''(\omega) = G''_{\omega_1} \cdot \omega^b \quad (17)$$

$$\tan \delta(\omega) = \tan \delta_{\omega_1} \cdot \omega^c \quad (18)$$

Burada G' elastik modülüsü (Pa), G'' viskoz modülüsü (Pa), $\tan \delta$ kayıp tanjantı ω ise açısal frekansı (rad/s) göstermektedir. G'_{ω_1} , G''_{ω_1} ve $\tan \delta_{\omega_1}$ ise bunların 1 Hz' deki değerleridir. a , b ve c üsleri, modülüslerin ve kayıp tanjantın salınım frekansına bağımlılık derecesini göstermektedir.

3.1.4. Kek örneklerinde gerçekleştirilen analizler

3.1.4.1. Özgül hacim analizi

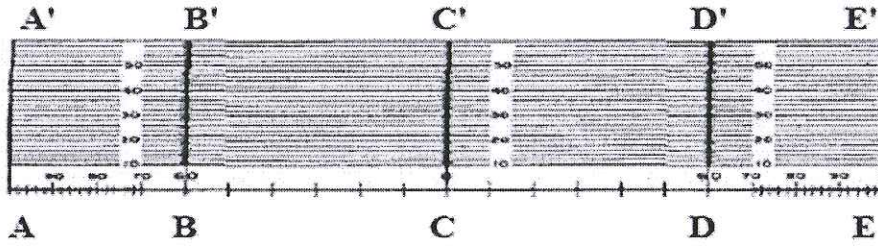
Pişirildikten sonra ağırlıkları ölçülen keklerin soğuması için bir saat beklendikten sonra kolza tohumu ile yer değiştirme yöntemi ile hacimleri belirlenmiştir. Bu yöntemde bir kaba kolza tohumu doldurulmuş, ardından keklerle beraber tohumlar aynı kaba tekrar doldurulmuştur. Kek hacminden dolayı artan tohumların hacmi bir ölçü silindiri kullanılarak ölçülmüştür. Kek örneğinin kapladığı hacmin, kek ağırlığına bölünmesi ile kek örneklerinin özgül hacmi Eşitlik 19' de gösterildiği gibi hesaplanmıştır (Köksel, 2009):

$$\text{Özgül hacim} = \frac{V_k}{W_k} \quad (19)$$

burada V_k (cm³), pişirilen kekin hacmini; W_k (g) ise pişirilen kekin ağırlığını belirtmektedir.

3.1.4.2. Hacim, simetri ve tekdüzelik indekslerinin belirlenmesi

Keklerin yapısal özelliklerinin (hacim, simetri ve tekdüzelik indeksleri) belirlenmesinde Şekil 3.2’de verilen ölçüm şablonu kullanılmıştır.



Şekil 3.2 Kek ölçüm şablonu (Dizlek vd., 2008).

Pişme işleminden sonra 1 saat soğumaya bırakılan kekler AACCC Metot 10–91’e (2000) göre merkezlerinden dikey olarak dikkatli bir şekilde kesilip milimetrik kağıt ile hazırlanan şablon üzerine kesilmiş yüzeyleri gelecek şekilde yerleştirilmekte ve metotta belirtilen $|BB'|$, $|CC'|$, $|DD'|$ uzunlukları okunmaktadır. Şablonun uzunluğu kek örneğinin yarıçapına göre belirlenmekte olup, C noktası merkezde B ve D noktaları ise merkezin sol ve sağında merkezden kek yarıçapının beşte üçü kadar uzaklıkta yer almaktadır. Kek ölçüm şablonunda yapılacak olan okumalar 0.1 cm duyarlılıkta olmalıdır. Belirlenen noktalarda yapılan yükseklik ölçümleri, aşağıda açıklanan indekslerin hesaplanması sırasında kullanılmıştır:

Hacim indeksi (HI): HI değeri, keklerin gerçek hacimlerini ölçmemekte, bununla birlikte keklerin hacmi hakkında bir fikir vermektedir. Hacim indeksi Eşitlik 20’de verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Hacim indeksi (mm)} = |BB'| + |CC'| + |DD'| \quad (20)$$

Simetri indeksi (SI): Kek endüstrisinde SI, keklerin üst kısımlarının yüzey profillerini belirlemek için kullanılmaktadır. SI, kek tabanının merkezi ile tepe noktası arasındaki yükseklik değerinden taban merkezinin sağ ve soluna kek

yarıçapının 5'te 3'ü kadar uzaklıktaki kek yükseklik değerlerinin çıkarılması suretiyle Eşitlik 21'da verilen formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Simetri indeksi (mm)} = 2 \times |CC'| - |BB'| - |DD'| \quad (21)$$

Tekdüzelik indeksi (TI): TI, kekin yanal olarak simetrisini gösterir. Bu indeks değeri, kek merkezine eşit uzaklıkta yer alan iki noktadan (kekin orta noktasının sağ ve solundan) alınan dikey ölçümlerin farkına dayanır. Kek merkezine eşit uzaklıktaki 2 ayrı noktadan alınan bu ölçümlerin birbirine eşit olması yani bu indeks değerinin 0 olması istenir. Tekdüzelik indeksi Eşitlik 22'de verilen formülle hesaplanmaktadır (Cloke et al., 1984; Dizlek vd., 2008).

$$\text{Tekdüzelik indeksi (mm)} = |BB'| - |DD'| \quad (22)$$

3.1.4.3. Porozite analizi

Turabi et al.'da (2010) verilen yöntem modifiye edilerek toplam porozite sayısının belirlenmesinde kullanılmıştır. Kek örneklerinin merkezine yakın noktalarından belli hacimde (yığın hacmi; V_y) küpler kesilmiştir. Kesilen parçalar bir ölçü silindire alınıp sıkıştırılarak elde edilen hacim değeri (katı hacmi; V_k) okunmuştur. Toplam porozite Eşitlik 23 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Porozite} = \frac{(V_y - V_k)}{V_y} \quad (23)$$

3.1.4.4. Renk analizi

Pişirilen kek örneklerinin renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR-400 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kek örneklerinde yüzey ve iç kısımların renk değerleri ayrı ayrı olmak üzere, üç farklı noktanın her birinden üçer ölçüm alınarak dokuz paralelli olacak şekilde yapılmış ve değerlerin ortalamaları esas alınmıştır. Örneklerde L^* (parlaklık), a^* (+ kırmızı, - yeşil) ve b^* (+ sarı, - mavi) renk değerleri ölçülmüştür. Toplam renk değişimi (ΔE değerleri) alta belirtilen eşitliklere göre hesaplanmıştır.

$$\Delta L^* = L_{\text{örnek}}^* - L_{\text{kontrol}}^* \quad (24)$$

$$\Delta a^* = a_{\text{örnek}}^* - a_{\text{kontrol}}^* \quad (25)$$

$$\Delta b^* = b_{\text{örnek}}^* - b_{\text{kontrol}}^* \quad (26)$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (27)$$

3.1.4.5. Doku profili analizi

Kek içi dokusu, kek örnekleri pişirildikten 24 saat sonra TA-XT2 Texture Analyzer (Stable Microsystems, Surrey, UK) cihazı ile incelenmiştir. Doku Profili Analizi uygulanacak kek örneklerinin merkeze yakın bölgelerinden 20×40×40 mm boyutlarında parçalar kesilip 2 mm/s hızla orijinal kalınlığının (20 mm) %50'sine sıkıştırılmıştır. İki tekerrür olarak üretilen kek örneklerinden dörder parça olmak üzere sekiz paralelli olarak çalışılmıştır. Birinci ve ikinci sıkıştırma arasında 30 s beklenmiştir. Ölçümlerde 36 mm çapında alüminyum silindirik prob kullanılmıştır. Sertlik (hardness), elastiklik (springiness), yapışkanlık (cohesiveness) ve esneklik (resilience) değerleri Texture Exponent yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Gularte et al., 2012a).

3.1.4.6. Kek bileşiminin belirlenmesi

Kek örneklerinde nem, kül, toplam yağ, toplam protein içerikleri aşağıda belirtilen yöntemlerle iki paralelli olacak şekilde belirlenmiş ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınmıştır. Mevcut karbonhidrat içeriği ise 100 g'dan g/100 g cinsinden protein, yağ ve kül içeriklerinin toplamının çıkarılmasıyla elde edilebilmektedir. (FAO, 2003).

Nem analizi: Soğutma işleminden sonra öğütülüp homojen hale getirilen kek örneklerinden darası önceden belirlenmiş petrilere 2 g (±1 mg) tartılıp 135°C 'deki etüvde 2 saat tutulmuştur. Sabit tartıma gelen örnekler tartılmış, son tartım ile ilk tartım arasındaki farktan nem kaybı belirlenmiştir. Kek örneklerinin nem içeriği Eşitlik 28 ile hesaplanmıştır (AACC, 1996):

$$\%Nem = \frac{(Nem\ kaybi \times 100)}{\text{Örnek ağırlığı}} \quad (28)$$

Kül analizi: Porselen krozelere 550°C sıcaklıktaki kül fırınında 20 dakika tutulduktan sonra 100°C'deki etüve alınmış daha sonra da desikatörde soğutulup 0,1 mg duyarlılıkta daraları alınmıştır. Porselen krozelere 3 g (± 1 mg) örnek tartıldıktan sonra ön yakma işlemi uygulanmıştır. Daha sonra 900°C'deki kül fırınına alınan örnekler kül tamamen beyazlaşınca kadar yakmaya devam edilmiştir. Kül fırınından çıkarılan krozelere 1 dakika amyant levha üzerinde bekletilip desikatöre alınmıştır. Soğuyan krozelerin tartımı yapılmış ve toplam kül miktarı (yaş temelinde) Eşitlik 29 ile hesaplanmıştır (Uylaşer ve Başoğlu, 2004):

$$\% \text{ Toplam kül miktarı} = \frac{100(a-b)}{\bar{o}} \quad (29)$$

a, kül ve porselen kroze ağırlıkları toplamı (g); b, porselen krozenin ağırlığı (g); \bar{o} , örnek miktarıdır (g).

Toplam yağ analizi: Kek örneklerinin toplam yağ içerikleri Soxhelet Yöntemi ile belirlenmiştir. 10 g (± 10 mg) örnek tartılmış ve çözücü olarak heksan kullanılmıştır. Soxhelet ekstraksiyon cihazında 8 saat ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Ekstrakte edilen yağ çözücüyle birlikte önceden darası alınmış balona dolmuştur. Ekstraksiyon sonunda balon içeriğinden döner evaporatör (Heidolph, Germany) kullanılarak çözücü uzaklaştırılmıştır. Geri kalan az miktarda çözücünün uzaklaştırılması için balon 103 ± 2 °C'deki etüvde sabit tartıma getirilmiş ve toplam yağ miktarı (yaş temelinde) Eşitlik 30 kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Toplam yağ miktarı} = \frac{\text{Yağ miktarı}}{\text{Örnek miktarı}} \times 100 \quad (30)$$

Toplam protein analizi: Kek örneklerinin azot içeriğinin belirlenmesinde Leco FP-528 N Analyzer (LECO Corporation) cihazı kullanılmıştır. toplam protein içeriği ise azot içeriğinin 6.25 çevirme faktörü ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

3.1.4.7. Duyusal analiz

Duyusal test için soğutulup kesilmiş ve kodlanmış kek örnekleri yarı eğitilmiş 10 panelist tarafından tadılmıştır. Yapılan puanlama testinde; renk, doku, lezzet ve genel beğeni özellikleri sorgulanmıştır. Yapılan puanlama testi skalası Ek 1'de verilmektedir. Duyusal değerlendirmede tüketicilerin elma, havuç veya portakal posası tozu içeren kekleri kabul edip etmediği, hangi hammadde ve kullanım oranıyla elde edilen keklerin daha çok beğenildiği araştırılmıştır.

3.1.4.8. Gluten analizi

Gluten analizi, gluten analiz test kiti (BioKits Gluten Assay Kit, Neogen Corp. Lansing, MI) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test protokolü, AOAC 991.19 Metodu'na göre 3-50 ppm arasındaki düşük gluten kontaminasyonunu tespit edebilecek şekilde düzenlenmiştir (AOAC, 1991). Bu immuno enzimatik yöntemde (ELISA), buğday, çavdar, arpa gibi çölyak-toksik hububatlardan gelen proteinlere bağlanırlar. Bu testte kullanılan antikorların avantajı; gıdaların pişirilmesi veya işlenmesi sırasında uygulanan ısı ile denatüre olmayan proteinlere bağlanmalarıdır.

Analizi yapılacak ürün, seyreltilmiş etanol kullanılarak ekstrakte edilmiş ve santrifüj işlemi uygulanmıştır. Gluten miktarı ise ELISA iki aşamalı sandwich metodu kullanılarak üst fazdan tespit edilmiştir.

İlk olarak gluten antijeni, mikro kuyucuklara immobilize edilmiş olan monoklonal antikorlar ile gluten antijeni-antikoru kompleksi oluşturabilmek amacıyla inkübe edilmişlerdir. Daha sonra ise enzim bağlı antikorlar ile inkübe edilmişlerdir. Üründeki gluten antikor yapışmış kuyucuk ile enzim bağlı antikor arasında sıkışmış bir kompleks oluşturur. Analit miktarı substrat eklenilerek tespit edilir.

Analizlerde kullanılacak olan ekstraksiyon çözeltisi, kit içerisinde bulunan ekstraksiyon tozu (gluten extraction additive) in 1L etanol su karışımında (%40 (v/v)) çözündürülmesiyle hazırlanmıştır. 2 g kek örneği üzerine 20 ml ekstraksiyon çözeltisi eklenerek 90 s homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnek 700*g de

10 dakika santrifüj edildikten sonra üst faz gluten analizini gerçekleştirmek üzere alınmıştır. Örnek ekstraktları glutensiz ürün olması nedeniyle 50 kat gluten kontrolü ise 2500 kat kit içerisinde bulunan seyreltme konsantratu kullanılarak seyreltilmiştir. Artan oranlarda gluten içeren standartlar ve örnekler kuyucuklar içerisine yerleştirildikten sonra 60 dakika çalkalamalı inkübatörde bekletilmiştir. İnkübasyon işleminden sonra kuyucuklardaki antikorlara bağlanmayan maddeler yıkama çözeltisi kullanılarak uzaklaştırılmışlardır. Kuyucuklarda kalan yıkama suyu uzaklaştırıldıktan sonra kuyucuklara 100µl anti-gliadin peroksidaz eklenmiş ve 30 dakika çalkalamalı inkübatörde bekletilmiştir. Bağlanmayan maddelerin uzaklaştırılması amacıyla tekrar yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bağlanan gliadin miktarı, peroksidaz bağlı monoklonal antikorların gliadin ile reaksiyonu sonucu tespit edilmiştir. Bağlı peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi amacıyla tüm kuyucuklara 100 µl TMB (tetra metil benzidin) ilave edilerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. (TMB, peroksidaz varlığında mavi renk vermektedir.) Tüm kuyucuklara 50 µl durdurma çözeltisi eklendikten sonra 450 nm’de absorbans değerleri okunmuştur. Örneklerde bulunan gluten miktarı gliadin standartları kullanılarak çizilen kalibrasyon grafiğinden hesaplanmıştır.

3.1.5. Taramalı elektron mikroskopisi (SEM)

Pirinç unu ile elma, havuç ve portakal posası tozlarının ve bu tozlar kullanılarak hazırlanan keklerin mikro-yapısının belirlenmesi amacıyla taramalı elektron mikroskopisi kullanılmıştır. Pişirilen kek örneklerinin iç kısımlarından 1cm³ hacminde küpler kesilmiş ve önceden -18°C’de dondurulmuş bu örnekler dondurarak kurutulduktan sonra analiz edilmiştir. Analizden önce küp halindeki kek örnekleri ve toz ürünlere ait örnekler altın ile kaplanmıştır (Emitech K550X). SEM analizi Quanto 250 FEG taramalı elektron mikroskobu (Fei, USA) ile gerçekleştirilmiştir.

3.1.6. İstatistiksel analiz

Deneyisel veriler farklı formülasyonlar arasında önemli fark ($p < 0.05$) bulunup bulunmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Önemli düzeyde fark bulunduğu karşılaştırma için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kurutulmuş Meyve ve Sebze Posalarında Gerçekleştirilen Analizler

4.1.1. Nem analizi

Toz ürünlerin nem içeriği raf ömrü açısından önemli bir parametredir. Ticari olarak kullanılan diyet liflerinde nem içeriğinin %9'un altında olması gerektiği belirtilmektedir (Larrauri, 1999).

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının nem içerikleri sırasıyla 1.91 ± 0.06 , 2.97 ± 0.16 , 2.31 ± 0.01 olarak belirlenmiştir. Figuerola et al. (2005) tarafından elma posası ve narenciye kabuklarından elde edilen posa tozlarının nem miktarları %2,50-10.50 arasında bulunmuştur. Ayrıca Nawirska and Kwasniewska (2005) tarafından yapılan bir çalışmada havuç posasından elde edilen toz ürünün kuru madde oranı %95 olarak verilmiştir. Kek hamurunda kullanılacak pirinç ununun nem içeriği ise 10.55 ± 0.29 'dir. Bu sebeple eklenen posa tozu miktarının artmasıyla kek hamurunun nem miktarının azalacağı görülmektedir.

4.1.2. Kül analizi

Toz ürünlerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kül analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarında elma, havuç ve portakal posası tozlarının kül içerikleri sırasıyla 4.29 ± 0.06 , 6.32 ± 0.35 ve 8.48 ± 0.11 bulunmuştur (kuru temelde). Pirinç ununun kül içeriği ise 0.47 ± 0.08 olarak belirlenmiştir. Bu durumda diyet lifi kaynaklarının glutensiz kek formülasyonlarında kullanılması durumunda keklerin mineral içeriğinin artacağı görülmektedir.

4.1.3. pH analizi

Taze meyve ve sebzelerin pH değerleri üzerine olgunluk, çeşit, bölge ve yetiştirme şartların önemli etkisi bulunmaktadır (Grigelmo-Miguel and Martin-Belloso, 1999). Taze elmanın pH değerinin 3.30-4.00, havucun 5.88-6.40 ve portakalın 3.69-4.34 arasında değiştiği bildirilmiştir (FDA, 2007).

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının pH değerleri sırasıyla 3.47, 4.13, 4.40 olarak ölçülmüştür. Kurutulmuş ürünlerde kurutma işlemi sırasında gıdadaki bazı asitler kayba uğradığından pH artışı görülmektedir (Mahendran, 2010). Ancak kurutma işlemi öncesi kararmayı önlemek amacıyla uygulanan %1 sitrik asit muamelesi pH değerinin yükselmesini engellemiş hatta havuç posası tozunda daha düşük pH değeri elde edilmiştir.

4.1.4. Toplam diyet lifi analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının toplam diyet lifi içerikleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. EPT %98.09 kuru madde içeriğine sahiptir ve bunun % 64.84'ü diyet liflerinden oluşmaktadır. Sudha et al. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada elma posasından elde edilen toz ürünün %14.60'ı çözünebilir, %36.50'si ise çözünemeyen liflerden olmak üzere %51.10 (kuru temelde) oranında toplam diyet lifi içerdiği saptanmıştır. Figuerola et al. (2005) ise elma posası ve narenciye kabuklarını kullanarak diyet lifi konsantresi elde etmiştir. Kullanılan farklı çeşitte elmalardan elde edilen toz ürünlerin toplam diyet lifi miktarı %78.20-89.80 arasında değişirken, portakal kabuğundan elde edilen toz üründe %64.30'dur. Lif kaynağı olarak havuç kabuklarını kullanan Chantaro et al. (2008), farklı ön işlemler uyguladıklarında %45.78-73.32 (kuru temelde) arasında değişen toplam diyet lifi içeriğinde toz ürün elde etmişlerdir. Görüldüğü gibi elma, havuç ve portakal posası tozlarının toplam diyet lifi içerikleri literatürde yer alan çalışmalara yakın olmakla birlikte lif eldesinde kullanılan yöntem ve ön işlemlerin farklı olmasının diyet lifi içerikleri arasındaki farklılara neden olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1 Pirinç unu ile elma, havuç ve portakal posası tozlarının toplam diyet lifi içerikleri (kuru temelde).

Diyet lifi kaynağı	Toplam diyet lifi
PU	7.91 ± 1.50
EPT	64.84 ± 1.78
HPT	83.91 ± 0.68
PPT	82.22 ± 2.01

4.2. Kek Hamurlarında Gerçekleştirilen Analizler

4.2.1. Özgül ağırlık analizi

Kek hamurunun özgül ağırlığı içerisinde bulunan hava kabarcığı miktarı ile ilişkilidir. Özgül ağırlık ne kadar düşükse hamur içerisinde o kadar fazla hava bulunduyor demektir. Kontrol kekinin özgül ağırlık değeri 0.71 iken elma, havuç ve portakal posası tozu eklenerek hazırlanan kek hamurlarının tümünün özgül ağırlıkları bu değer üzerinde. Kek örneklerine ait özgül ağırlık değerleri Çizelge 4.2' de verilmektedir.

Çizelge 4.2. Glutensiz kek hamurlarına ait özgül ağırlık değerleri.

Posa tozu miktarı (Ağırlıkça %)	Diyet lifi kaynağı		
	EPT	HPT	PPT
0 (Kontrol)	0.71±0.01 ^{aA}	0.71±0.01 ^{aA}	0.71±0.01 ^{aA}
5	0.75±0.01 ^{bB}	0.74±0.00 ^{aB}	0.72±0.00 ^{aA}
10	0.85±0.00 ^{cB}	0.88±0.02 ^{bB}	0.80±0.01 ^{bA}
15	0.87±0.00 ^{dA}	1.04±0.02 ^{cB}	0.85±0.01 ^{cA}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Havuç ve portakal posası tozlarından %5 oranında içeren kekler hariç tüm keklerin özgül ağırlık değerleri diyet lifi kaynağı eklenmesiyle birlikte istatistiksel olarak artış göstermiştir (p<0.05). Tüm kullanım oranları için kontrol kekine en yakın özgül ağırlık değerleri ise portakal posası tozu içeren keklere aittir (p<0.05). Ayrıca kullanılan tüm diyet lifi kaynakları için kullanım oranının artmasıyla özgül ağırlık değerleri de artmıştır (p<0.05). Yani diyet lifi kaynaklarının artan oranlarda kullanılmasıyla kek hamurunda bulunan hava kabarcığı miktarında azalma olmuş hamur içinde karıştırma sırasında yeterince hava kabarcığı tutulamamıştır. Bu durum pişirilen kek örneklerinde diyet lifi oranının artmasıyla kek hacminin düşmesini de açıklamaktadır.

Lu et al. (2010) tarafından yapılan ve yeşil çay tozunun sünger kek kalitesi ve antioksidan özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada kullanılan yeşil çay

tozu oranı arttıkça kek hamurlarının özgül ağırlığının da arttığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmada kontrol kekinde 0.45 olan özgül ağırlık değeri %30 oranında yeşil çay tozu kullanıldığında 0.59 bulunmuştur. Benzer şekilde Singh et al. (2012)' da mısır kepeği ilavesinin kek hamurlarının özgül ağırlık değerini arttırdığını tespit etmişlerdir. Elde ettikleri özgül ağırlık değerleri 0.89-1.04 arasında değişmekte olup bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara yüksek düzeyde benzerlik göstermektedir.

4.2.2. Reolojik özelliklerin belirlenmesi

4.2.2.1. Akış davranışının belirlenmesi

Hamurun kıvamı, tıpkı özgül ağırlığı gibi, ürün kalitesine etkiyen çok önemli bir özelliktir. Çünkü karıştırma sırasında meydana gelen hava kabarcıklarının hamur içinde tutulması kıvama bağlıdır. Eğer kek hamuru çok düşük viskoziteye sahipse hava kabarcıkları pişirme sırasında hızla yükselir ve atmosferden kayba uğrar. Bu nedenle kekler çöker. Viskozitenin çok yüksek olması durumunda ise karıştırma sırasında hamur içerisinde yeterince hava kabarcığı oluşamaz ve kek hacmi istenen düzeyde olmaz (Turabi et al., 2008a).

Paralel plakalı reometre kullanılarak 25°C' de gerçekleştirilen akış testi verilerine göre; elma, havuç ve portakal posası tozları ile üretilen glutensiz kek hamurlarının tümü kayma kuvvetiyle incelen (psödoplastik) davranış göstermektedir. Bu davranış, kayma hızının artmasıyla görünür viskozitenin azaldığı anlamına gelmektedir (Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3) Kayma kuvvetiyle incelen davranış aynı zamanda mikro yapı ve akış yönü arasındaki uyumu göstermektedir. Böylece kayma hızı artmakta, dolayısıyla görünür viskozite azalmaktadır (Song et al., 2006). Turabi et al. (2008a) tarafından yapılan ve farklı gam ve emülgatör karışımlarının pirinç keki hamur reolojisi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da tüm formülasyonların kayma kuvvetiyle incelen davranış gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca şeftali ve hurma lifi süspansiyonlarının reolojik özellikleri incelendiğinde psödoplastik davranış sergiledikleri görülmüştür (Elleuch et al., 2008).

Elde edilen kayma hızı ve kayma gerilimi verileri ile en iyi uyum Üssel (Power Law) model kullanılarak elde edilmiştir ($r^2 = 0.97-0.99$). Literatürde yer alan benzer çalışmalarda Üssel modelin deneysel verilerle uyum gösterdiği belirtilmiştir (Ronda et al., 2011; Turabi et al., 2008a) Üssel model ve Casson modeli kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir.

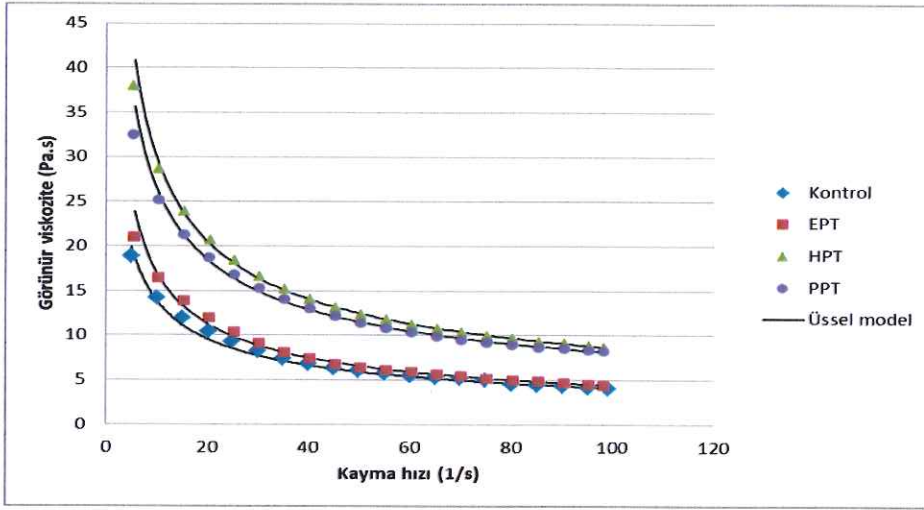
Çizelge 4.3. Kek hamurlarının akış özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan modellerden hesaplanan katsayılar

Lif kaynağı	Kullanım oranı (%)	Üssel Model			Casson model		
		K (Pa.s ⁿ)	n	r^2	σ_{0c} (Pa)	K_c (Pa.s) ^{1/2}	r^2
-	0 (Kontrol)	53.14	0.47	0.9942	58.34	1.328	0.9772
EPT	5	65.56	0.41	0.9715	72.68	1.375	0.9192
	10	88.77	0.46	0.9917	95.55	1.905	0.9659
	15	176.10	0.40	0.9735	175.2	2.302	0.9184
HPT	5	97.31	0.48	0.9980	142.5	1.793	0.9775
	10	214.55	0.36	0.9872	244.9	2.008	0.9420
	15	436.35	0.38	0.9348	498.7	2.798	0.7224
PPT	5	81.53	0.49	0.9974	118.9	1.801	0.9778
	10	121.05	0.45	0.9980	190.7	1.803	0.9762
	15	222.25	0.37	0.9732	256.3	2.036	0.9169

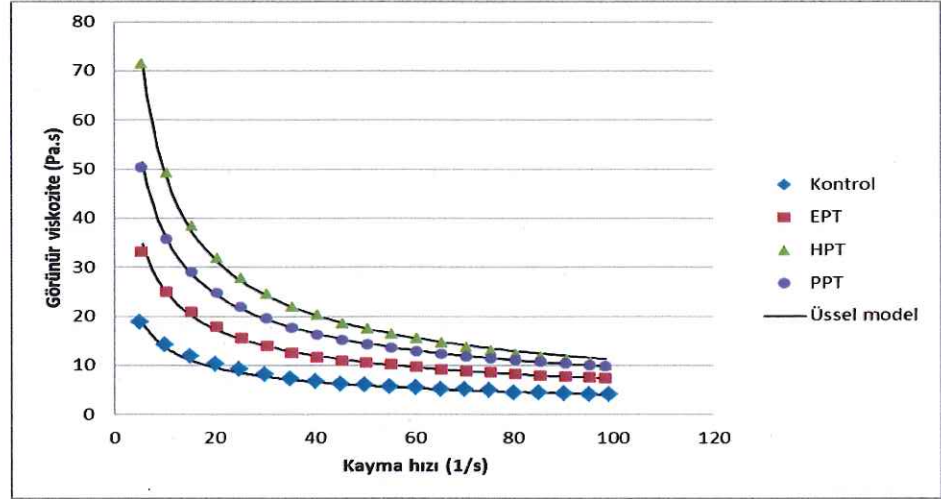
Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3 incelendiğinde Üssel model kullanılarak elde edilen akış davranış katsayısının (n) 0.36-0.49 arasında değiştiği görülmektedir. Kıvam katsayısı (K) ise 53.14-436.35 arasında değişmektedir. Ancak %15 oranında havuç posası tozu içeren glutensiz hamurdan elde edilen veriler denenen modellere uyum göstermemiştir (Üssel model, $r^2 = 0.93$; Casson modeli, $r^2 = 0.72$). Bunun sebebi olarak, elde edilen kek hamurunun çok yüksek konsistense sahip olması ve analiz sırasında hamur yapısının bozulması düşünülmektedir. Bu nedenle %15 havuç posası tozu içeren glutensiz kek hamuruna ait katsayılar Çizelge 4.3'de verilmekte birlikte güvenilir sonuçlar olmadıkları belirtilmelidir. Akış davranış katsayısı ve kıvam katsayısı değerlerinde kontrol keki hamuru ile tüm diyet lifi kaynaklarının %5 oranında kullanılması ile elde edilen kekler arasında istatistiksel olarak önemli

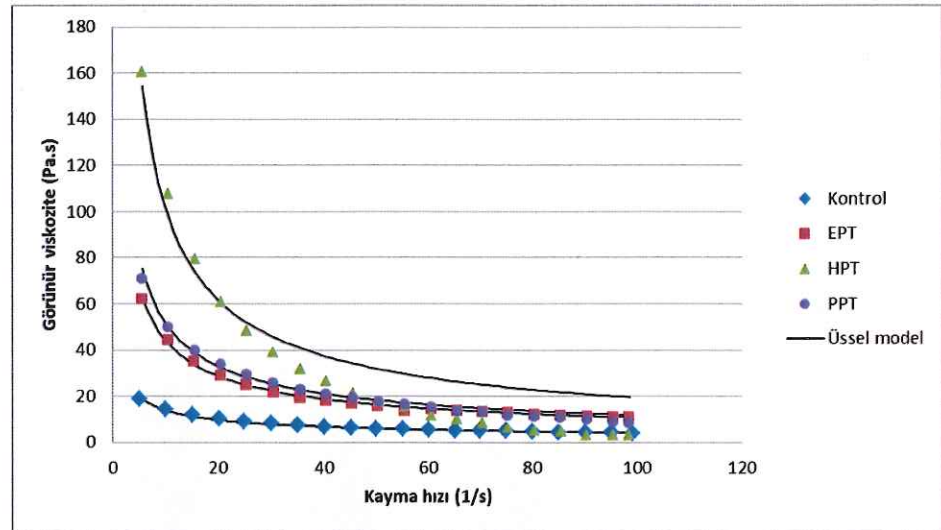
düzye bir fark gözlenmemiştir ($p<0.05$). %10 oranında elma posası tozu kullanılarak hazırlanan kek hamuru dışında %5' in üzerinde diyet lifi kaynağı kullanımıyla akış davranış katsayısı istatistiksel olarak önemli ölçüde düşmüştür ($p<0.05$). Bu görünür viskozite değerinin kayma hızının artmasıyla birlikte daha belirgin bir şekilde düştüğünü göstermektedir. Kıvam katsayısı değerleri ise elma, havuç ve portakal posası tozlarının %5'in üzerinde ve artan oranlarda kullanılmasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde artmaktadır ($p<0.05$). En yüksek kıvam katsayısı değeri ise %15 oranında havuç posası tozu kullanılarak hazırlanan kek hamurlarında gözlenmiştir.



Şekil 4.1 Kontrol ve %5'i oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi.



Şekil 4.2 Kontrol ve %10 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi.

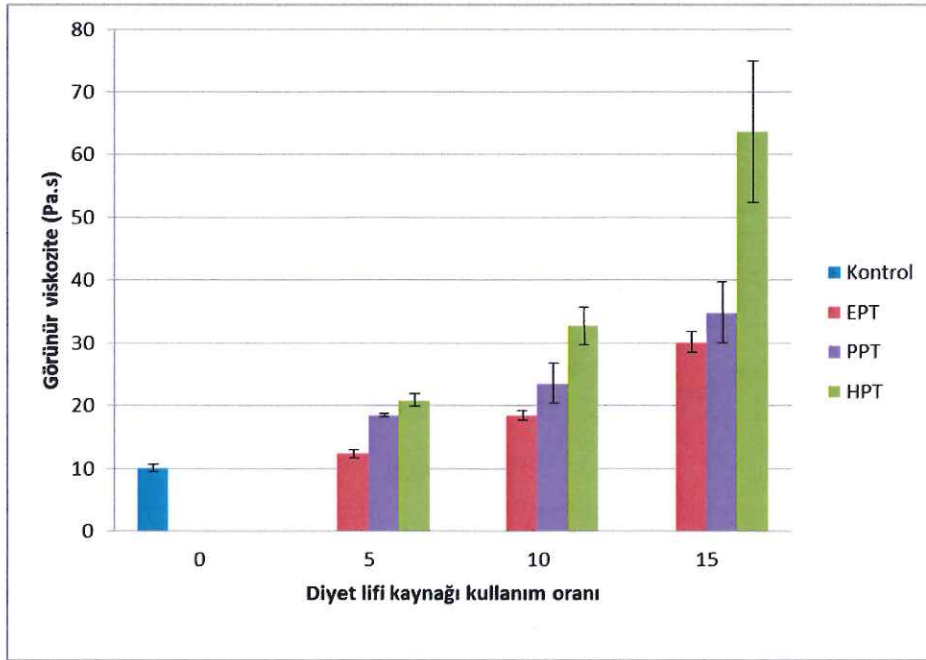


Şekil 4.3 Kontrol ve %15 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında görünür viskozitenin kayma hızıyla değişimi.

Viskozite, lif konsantrasyonunun artmasıyla birlikte artış gösterir (Grigelmo-Miguel et al., 1999). Kullanılan bileşenlerin su tutma kapasiteleri arttığında, hamur içindeki partiküllerin hareketini kolaylaştıran serbest su miktarında düşüş meydana gelir. Böylece görünür viskozite, dolayısıyla da kıvam katsayısı artar (Ronda et al., 2011). Diyet lifleri yüksek su tutma kapasitesine sahiptir. Grigelmo-Miguel (1999) portakal diyet lifi konsantresinin su tutma kapasitesini 7.3 g su/g olarak belirtmiştir.

Havuç diyet lifinin su tutma kapasitesi ise 18.6 g su/g olarak verilmiştir (Eim et al., 2008).

şekil 4.4'de 20 s^{-1} kayma hızı için kek hamurlarına ait görünür viskozitelerin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi verilmiştir. %15 oranında havuç posası tozu içeren kek hamuru en yüksek görünür viskozite değerine sahipken en düşük görünür viskozite kontrol örneğinde saptanmıştır. Elde edilen varyans analizi ve Duncan oklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre %5 oranında elma ve portakal posası tozları hariç diyet lifi kaynağı kullanımının hamur viskozitesini önemli ölçüde arttırdığı görülmektedir ($p < 0.05$). Diyet lifi kaynağı kullanım oranının artmasıyla birlikte görünür viskozite değerinin de arttığı görülmektedir ($p < 0.05$). Kullanım oranları aynı olan farklı diyet lifi kaynaklarından ise havuç posası tozu en yüksek görünür viskozite değerine sahiptir ($p < 0.05$).



şekil 4.4 Glutensiz kek hamurlarının 20 s^{-1} sabit kayma hızı için görünür viskozitelerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranı ile ilişkisi.

4.2.2.2. Viskoelastik davranışın belirlenmesi

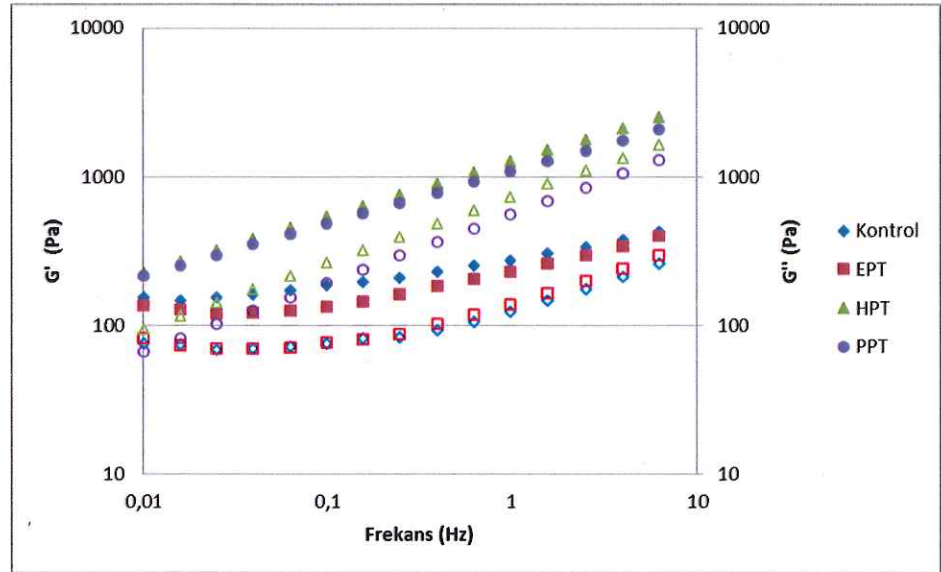
Elma, havuç ve portakal liflerini farklı oranlarda içeren glutensiz kek hamurlarının viskoelastik özellikleri frekans tarama testi uygulanarak belirlenmiştir. 25°C’de doğrusal viskoelastik bölgede gerçekleştirilen test sonucu elde edilen mekanik spektrumlarında elastik modülüs (G'), viskoz modülüsten (G'') yüksek olup, tüm hamurlar tipik yumuşak jel davranışı göstermektedir. Yani hamur sıvıdan çok katı benzeri davranış gösterir. Aynı zamanda her iki modülüs de frekansa bağlıdır (Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7). Marco and Rosell (2008) yaptıkları çalışmada protein izolatı içeren ve içermeyen pirinç keki hamurlarında elastik modülüs (G'), viskoz modülüsten (G'') yüksek olup, hamurların viskoelastik katı davranış gösterdikleri belirtilmiştir. Matos et al. (2014) tarafından glutensiz pirinç keki üzerine proteinlerin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada da kek hamurlarında benzer davranış gözlenmiştir.

Çizelge 4.4 Glutensiz kek hamurlarının viskoelastik özelliklerinin belirlenmesinde Üssel modelle elde edilen katsayılar.

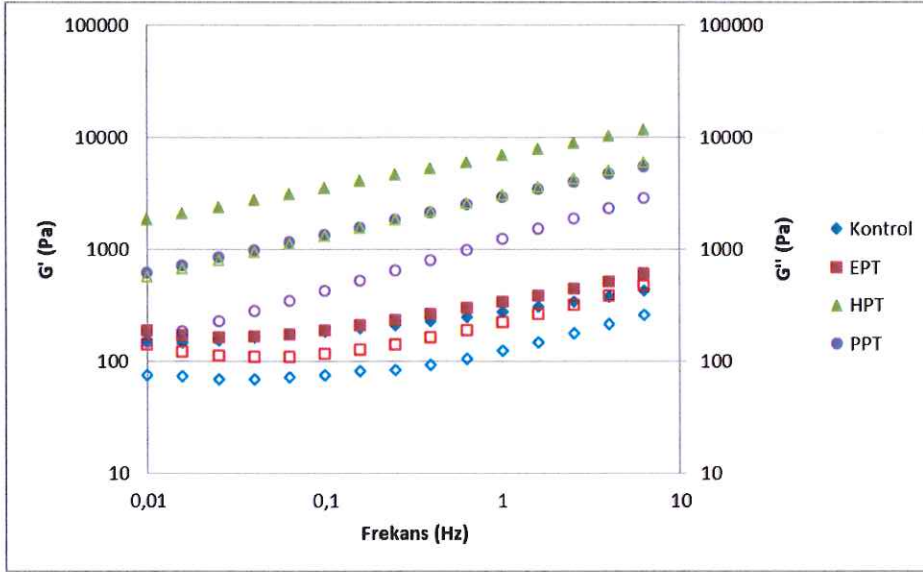
		Viskoelastik davranış									
Lif kaynağı	Kullanım oranı (%)	$G'_{\omega l}$ (Pa)	a	r^2	$G''_{\omega l}$ (Pa)	b	r^2	$\tan(\delta)_{\omega l}$	c	r^2	
-	0 (Kontrol)	287.80	0.21	0.9857	137.15	0.34	0.9715	0.45	0.16	0.9986	
	5	240.35	0.28	0.9893	149.55	0.37	0.9831	0.61	0.10	0.9935	
	10	353.60	0.30	0.9921	237.90	0.37	0.9865	0.67	0.08	0.9803	
EPT	15	1100.25	0.24	0.9939	658.25	0.31	0.9771	0.57	0.10	0.9970	
	5	1074.25	0.37	0.9856	555.01	0.47	0.9965	0.51	0.12	0.9869	
	10	6125.00	0.29	0.9991	2861.50	0.36	0.9995	0.47	0.06	0.9797	
HPT	15	21705.00	0.25	0.9990	7789.00	0.32	0.9982	0.36	0.07	0.9883	
	5	1053.00	0.34	0.9970	508.10	0.46	0.9966	0.49	0.11	0.9917	
	10	2033.50	0.34	0.9975	1050.60	0.45	0.9923	0.41	0.11	0.9873	
PPT	15	10720.50	0.34	0.9980	4663.50	0.40	0.9976	0.48	0.06	0.9899	

Tüm diyet lifi kaynaklarının varlığı elastik ve viskoz bileşenlerin her ikisinde de değişime neden olmuştur. Diyet lifi kaynaklarının kullanım miktarının artmasıyla elastik modülüs (G') ve viskoz modülüste (G'') artış gözlenmiştir.

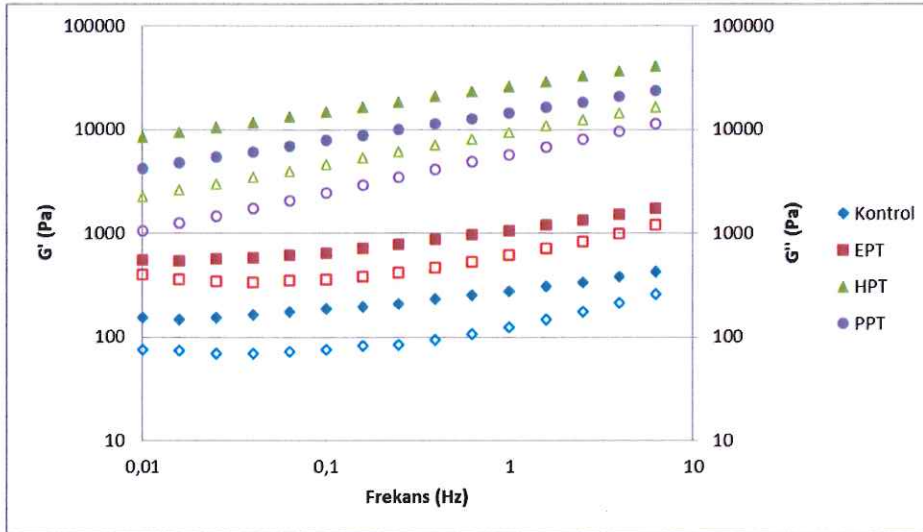
Elde edilen mekanik spektrumlar Üssel (Power Law) modele uyum göstermiştir ($r^2 = 0.98-0.99$). Çizelge 4.4'te Üssel model kullanılarak elde edilen $G'_{\omega 1}$, $G''_{\omega 1}$ ve $\tan\delta(\omega)_{\omega 1}$ değerleri elastik modülüs, viskoz modülüs, ve kayıp tanjantın 1 Hz' deki değerleri olup; a, b ve c üsleri ise bu modülüslerin ve kayıp tanjantın salınım frekansına bağımlılık derecesini göstermektedir. $\tan\delta(\omega)_{\omega 1}$ değerinin 1'den küçük olması kek hamurunun sıvıdan çok katı davranış sergilediğinin göstergesidir. Viskoelastisite $\tan\delta$ 'nın 1'e yakınlığı olarak tanımlanmaktadır (Matos et al., 2014). Yani $\tan\delta$ 1' den ne kadar küçükse hamur o kadar katı benzeri davranış gösterir. Baixauli et al. (2008) buğday unu ile yapılan kek hamurunun $\tan\delta$ değerinin 1'den küçük olduğunu belirtmiştir.



Şekil 4.5 Kontrol ve %5 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi. İçi dolu gösterilen işaretler G' 'i, içi boş gösterilenler ise G'' 'i göstermektedir.



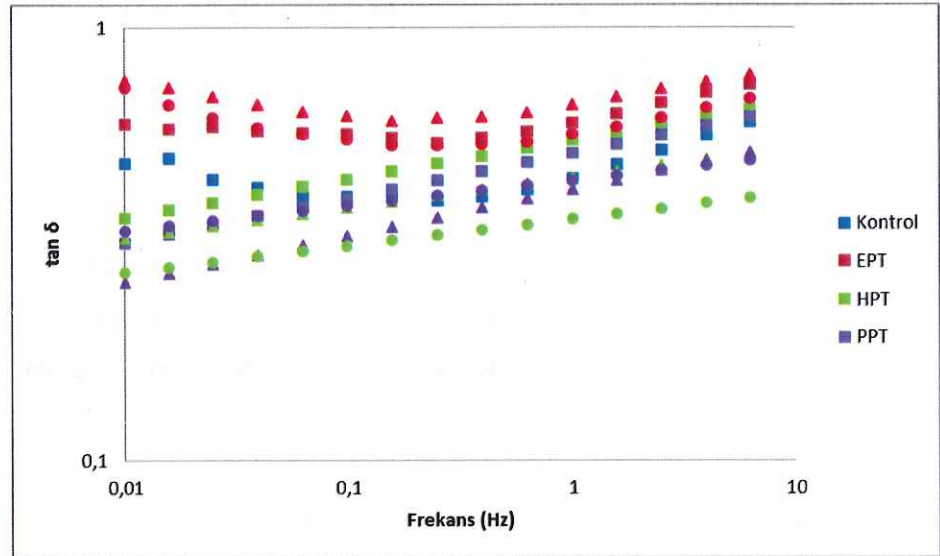
Şekil 4.6 Kontrol ve %10 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi. İçerikler G' için dolu, G'' için boş gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Kontrol ve %15 oranında diyet lifi kaynağı içeren glutensiz kek hamurlarında elastik modülüs (G') ve viskoz modülüsün (G'') frekansla değişimi. İçerikler G' için dolu, G'' için boş gösterilmiştir.

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre elma, havuç ve portakal posası tozlarının %5 ve %10 oranında kullanılması G'_{ω_1} ve G''_{ω_1} değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden

olmamış; %15 oranında kullanılması ise önemli düzeyde artışa neden olmuştur ($p < 0.05$). En yüksek G'_{ω_1} ve G''_{ω_1} değerleri havuç posası tozu kullanılarak hazırlanan kek hamurlarına aittir. a ve b üslerinin ise posa tozu eklenmesiyle önce artış gösterdiği, kullanım oranı arttığında düşüşe geçtiği saptanmıştır. Yani diyet liflerinin düşük oranda kullanılmasıyla modülüslerin frekansa olan bağımlılık dereceleri artmakta, kullanım dozu arttığında ise düşüşe geçmektedir. Havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanımı $\tan\delta(\omega)_{\omega_1}$ değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiştir ($p < 0.05$). Ancak elma posası tozu kullanılan hamurlarda bu değer %5 ve %10 oranında kullanıldığında artmış, %15 oranında kullanıldığında ise düşmüştür. Reolojik analiz verilerine ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Ek 5'te verilmiştir.



Şekil 4.8 Kontrol ve diyet lifi kaynaklarından %5, 10 ve 15 oranında kullanılarak hazırlanan kek hamurlarına ait kayıp tanjantın ($\tan \delta$) frekansla değişimi (■, %5; ▲, %10; ●, %15).

Materyalin viskoelastisitesi hakkında bilgi veren $\tan\delta(\omega)_{\omega_1}$ değeri 0.36-0.67 arasında değişmektedir. Şekil 4.8'de de görüldüğü gibi en sıvı özelliğe elma posası tozu ile hazırlanan hamurlar sahipken %15 havuç posası tozu kullanılarak hazırlanan kek hamuru ise en katı özellik göstermiştir. $\tan\delta(\omega)_{\omega_1}$ 'nin frekansa bağımlılığının ölçüsü olan c değeri ise 0.06-0.16 arasında değişen değerler almaktadır. Bu da viskoelastik özelliğin frekansa hafifçe bağlı olduğunu göstermektedir.

Matos et al. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada farklı proteinlerin glutensiz muffin hamurlarının viskoelastik karakteri üzerine etkisi araştırılmış ve elastik modülüsün (G') viskoz modülüstün (G'') daima daha yüksek olduğu saptanmıştır. 1 Hz için ölçülen G'_{ω_1} değerleri 230-2090 arasında değişmekte, G''_{ω_1} değerleri ise 100-1290 arasında değişmektedir. Peressini et al. (2011) ekmeğin viskoelastik özellikleri üzerine çözünebilir diyet liflerinin etkisini araştırmışlar ve diyet lifi kullanım oranının artmasıyla G' değerinin arttığını gözlemlemişlerdir.

4.3. Kek Örneklerinde Gerçekleştirilen Analizler

4.3.1. Özgül hacim analizi

Özgül hacim kek üretiminin standardizasyonunu belirlemede kullanılan kalite özelliklerinden biridir. Ayrıca yüksek hacimli kek üretimi tüketici tercihi açısından önemlidir.

Analiz sonuçlarına göre en yüksek özgül hacim değeri diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol kekine ait olup $2.32 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dir. Elma, havuç ve portakal posası tozlarının kullanıldığı glutensiz kek örneklerinde ise özgül hacim değerleri $1.56 - 2.18 \text{ cm}^3/\text{g}$ arasında değişmektedir. Keklerin özgül hacim değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

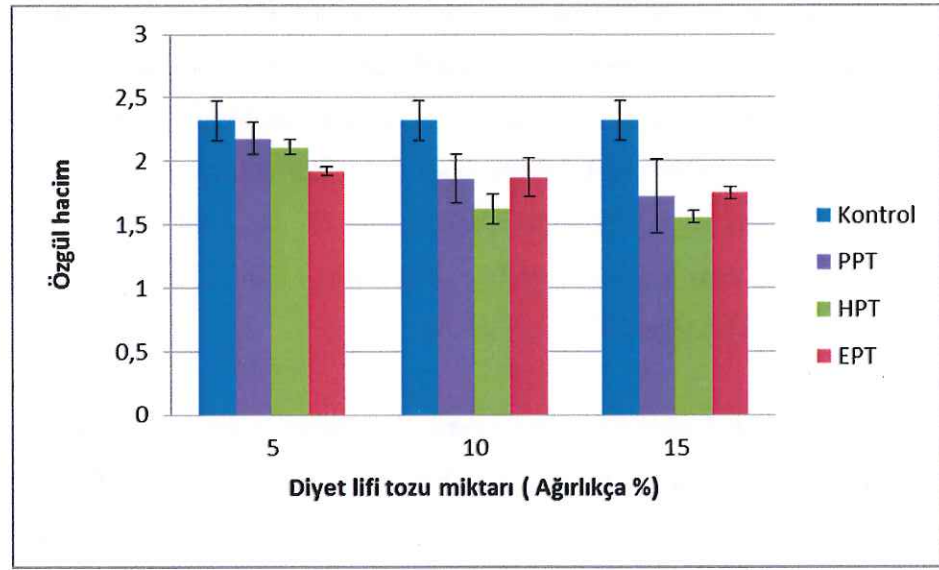
Çizelge 4.5 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin özgül hacim değerleri (cm^3/g).

Posa tozu miktarı (Ağırlıkça %)	Diyet lifi kaynağı		
	EPT	HPT	PPT
0 (Kontrol)	2.32 ± 0.16^{cA}	2.32 ± 0.16^{cA}	2.32 ± 0.16^{bA}
5	1.92 ± 0.03^{bA}	2.11 ± 0.06^{bB}	2.18 ± 0.13^{bB}
10	1.87 ± 0.15^{abB}	1.62 ± 0.12^{aA}	1.86 ± 0.19^{aB}
15	1.75 ± 0.05^{aA}	1.56 ± 0.05^{aA}	1.72 ± 0.29^{aA}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Şekil 4.9 incelendiğinde kontrol kekenden sonra en yüksek özgül hacim değerinin %5 portakal posası tozu eklenmiş glutensiz kek örneğine ait olduğu

görülmektedir. Ayrıca diyet lifi kaynağının kullanım miktarı arttıkça özgül hacim değerlerinin düştüğü görülmektedir. En düşük özgül hacim değerleri ise havuç posası tozunun %10 ve 15 oranında kullanıldığı glutensiz kek örneklerine aittir. Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre %5 oranında portakal posası tozu kullanımı hariç glutensiz kek örneklerinde diyet lifi kaynağı kullanımının özgül hacim değerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ayrıca diyet lifi kaynaklarının kullanım miktarlarındaki değişimin de keklerin özgül hacim değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.9 Glutensiz keklere ait özgül hacim değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Diyet lifi kaynağı olarak farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30) elma posası kullanılan bir çalışmada keklerin hacim, ağırlık ve yoğunluk değerleri araştırılmıştır. Keklerin yoğunluk değerlerinin 0.48-0.67 g/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir. Elma posası kullanım oranının artmasıyla yoğunluk değerinin de arttığı yani özgül hacmin azaldığı belirtilmiştir (Sudha et al., 2007). Matos et al. (2014) proteinlerin pirinç bazlı glutensiz muffin kalitesine etkilerini incelemiş ve muffinlerin özgül hacim değerlerinin 1.54-2.19 cm³/g arasında değiştiğini yumurta beyazı ve kazein proteinlerinin özgül hacmi arttırdığını belirtmişlerdir. Gomez et al. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada ise ekmek üretiminde farklı kaynaklardan elde edilen diyet lifleri kullanılmış ve özgül hacim değerleri

araştırılmıştır. Selüloz, kakao, kahve, bezelye, portakal ve buğday liflerinin %2 ve %5 oranlarında kullanımı sonucunda hepsinin özgül hacim değerini düşürdüğü belirlenmiştir. Ancak Gomez et al.(2010) buğday unu yerine farklı oranlarda buğday ve yulaf lifi kullandıklarında özgül hacim değerinin önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir.

4.3.2. Hacim, simetri ve tekdüzelik indekslerinin belirlenmesi

Kek üretiminde hacim en önemli kalite özelliklerindedir. Keklerin dış görünüşünün en önemli ölçütü olan hacim ve diğer bazı yapısal özelliklerin belirlenmesinde AACC (2000) Metod 10-91’de verilen kek ölçüm şablonlarından sıkça yararlanılmaktadır. Bu şablonlar kek hacmi ve nitelikleri hakkında çabuk ve etkili bir şekilde bilgi verebilmekte olup farklı formülasyon ya da işlemlerin karşılaştırılmasına da olanak sağlamaktadır (Dizlek vd., 2008). Elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılan glutensiz keklerin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin hacim, simetri ve tekdüzelik indeksi değerleri.

Analiz	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça%)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
Hacim indeksi (mm)	0 (Kontrol)	129.50±2.12 ^{cA}	129.50±2.12 ^{dA}	129.50±2.12 ^{bA}
	5	110.75±2.89 ^{bA}	110.50±0.71 ^{cA}	124.00±4.24 ^{bB}
	10	105.50±0.71 ^{bA}	103.00±0.00 ^{bA}	111.50±4.95 ^{aA}
	15	98.50±2.12 ^{aB}	88.00±0.71 ^{aA}	105.50±0.71 ^{aC}
Simetri indeksi (mm)	0 (Kontrol)	3.25±1.06 ^{aA}	3.25±1.06 ^{aA}	3.25±1.06 ^{aA}
	5	6.25±0.35 ^{aA}	8.00±1.41 ^{bA}	5.00±1.24 ^{aA}
	10	5.50±0.71 ^{aA}	3.50±2.12 ^{aA}	4.00±1.41 ^{aA}
	15	3.50±2.12 ^{aA}	5.00±0.71 ^{abA}	2.50±0.71 ^{aA}
Tekdüzelik indeksi (mm)	0 (Kontrol)	0.25±0.05 ^{aA}	0.25±0.05 ^{aA}	0.25±0.05 ^{bA}
	5	0.75±0.15 ^{aA}	1.00±0.00 ^{aA}	0.00±0.00 ^{abA}
	10	0.50±0.05 ^{aA}	0.50±0.02 ^{aA}	1.00±0.00 ^{aA}
	15	0.50±0.05 ^{aA}	1.00±0.00 ^{aA}	0.50±0.05 ^{bA}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.3.2.1. Hacim indeksi değerleri

Kek üretiminde hacim en önemli kalite özelliklerindedir. Hacim indeksi değeri keklerin belli noktalarından ölçülen yüksekliklerden yararlanarak kek hacmi hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır.

Elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılan glutensiz keklerin Çizelge 4.6'da verilen hacim indeksi değerleri incelendiğinde en yüksek değerin hiçbir diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol kekinde, en düşük değerin ise %15 oranında havuç posası tozu içeren keke ait olduğu görülmektedir. Ayrıca diyet lifi kaynağı kullanım oranının yükselmesiyle hacim indeksi değerleri düşmektedir.

Elde edilen varyans analizi sonuçlarına göre, glutensiz kek formülasyonlarında, %5 oranında portakal posası tozu hariç, diyet lifi kaynağı kullanımıyla hacim indeksi değeri istatistiksel olarak önemli ölçüde değişmektedir ($p<0.05$). Ayrıca elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranda kullanılmasıyla elde edilen keklerin hacim indeksi değerleri arasındaki fark ta istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Elma ve havuç posalarının %15 oranında kullanımı dışında aralarında önemli bir fark bulunmama ile birlikte bu iki lif kaynağının portakal posası kullanımıyla arasındaki fark tüm oranlar için önemli düzeydedir ($p<0.05$).

Masoodi et al. (2002) tarafından yapılan ve kurutulup öğütölmüş elma posasının farklı oranlarda kullanılmasıyla hazırlanan buğday keklerinin hacim indeksi değerleri 111-122 mm arasında değişmektedir. Başka bir çalışmada keke farklı oranlarda katılan mısır kepeğinin hacim indeksi üzerine etkisi incelenmiş ve hacim indeksi değerlerinin 77.5-84.31 mm arasında değiştiiği bildirilmiştir (Singh et al., 2012). Ayrıca bu iki çalışmada da kullanılan diyet lifi oranının artmasıyla birlikte hacim indeksi değerinin düştüğü belirtilmiştir.

Gomez et al. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada çeşitli tahıllardan (buğday, çavdar, tritikale, arpa ve tritordeum) elde edilen beyaz un ve tam tahıl unu kullanılarak hazırlanan keklerde hacim indeksi değerleri incelenmiştir. Hacim indeksi değerleri 144.9-181.6 arasında değişmekte olup buğday dışındaki

tahıllarda, tam tahıllı unlardan elde edilen keklerin beyaz unlardan elde edilen keklere göre daha düşük hacim indeksi değerine sahip olduğu belirtilmiştir.

4.3.2.2. Simetri indeksi değerleri

Kek üretiminde simetri indeksi, kekin üst yüzey profilini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Simetri indeksinin pozitif bir değer olması kekin üst yüzeyinin bombeli olduğunu ifade ederken, negatif bir değer olması kekin çöktüğü anlamına gelir (Dizlek vd.,2008). Simetri indeksi değerinin yüksek olması durumunda kek yüzeyi yukarı doğru fazla bombeli bir yapıya sahiptir. Bu durum kek içinde oluşan kanalların kek merkezinde sonlanmasıyla ilişkilendirilebilir. Düşük simetri indeksi değerleri ise keklerin daha düz bir üst yüzeye sahip olduğunu göstermektedir (Cloke et al., 1984).

Elma, havuç ve portakal posası tozları kullanılarak üretilen glutensiz keklerin Çizelge 4.6'da verilen simetri indeksi değerleri incelendiğinde, tüm kek örneklerinde bu değer pozitif olduğu ve 2.50-8.00 mm arasında değiştiği görülmektedir. Dolayısıyla üretilen kek örneklerinde çökme meydana gelmediği ve kek yüzeyinde yukarı doğru bombeli bir yapı olduğu anlaşılmaktadır. Veriler incelendiğinde diyet lifi kaynağı eklenmesiyle simetri indeksi değerlerinde artış görülmüştür. En yüksek simetri indeksi değeri, %5 havuç posası tozu ilavesinde görülürken, en düşük değer %15 portakal posası tozu ilave edilen glutensiz keke aittir. Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kaynağı ilavesinin glutensiz keklerde simetri indeksi değeri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir ($p<0.05$). Ancak havuç posası tozunun %5 ve %15 oranlarında kullanımı istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmıştır ($p<0.05$).

Masoodi et al. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada keklere farklı partikül büyüklüğüne sahip elma posası tozlarından farklı oranlarda eklenmiş ve simetri indeksi üzerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen simetri indeksi değerlerinin 0.00-8.80 mm arasında değiştiği belirtilmiştir. Ancak bu çalışmada, elde edilen simetri indeksi değerlerinin kullanılan elma posası tozunun artmasıyla azalma gösterdiği saptanmıştır. Rupasinghe et al. (2009) ise elma kabuğu tozu ilavesinin keklerin

simetri indeksi değeri üzerine istatistiksel olarak bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Çelik et al. (2007) tarafından yapılan ve keklere çöven bitkisi ekstraktının ilave edildiği bir çalışmada ise simetri indeksi değerleri -2.0-7.7 mm arasında bulunmuştur.

4.3.2.3. Tekdüzelik indeksi değerleri

Kekin yanal olarak simetrisini gösteren tekdüzelik indeksi, kek merkezinin sağından ve solundan alınan, merkeze eşit uzaklıktaki iki noktanın yükseklik değerleri arasındaki farkı ifade eder. Kekin simetrik olması için tekdüzelik indeksinin 0 olması istenir. Bu değer sıfıra ne kadar yakınsa kek o kadar tekdüze bir görünüme sahiptir (Cloke et al.,1984).

Elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılan glutensiz keklerin Çizelge 4.6'da verilen tekdüzelik indeksi değerleri incelendiğinde, tekdüzelik indeksi değerlerinin 0.00-1.00 mm arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca yapılan varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre diyet lifi kaynağı kullanımının glutensiz keklerin tekdüzelik indeksleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

Masoodi et al. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada keklere farklı partikül büyüklüğüne sahip elma posası tozlarından farklı oranlarda eklenmiş ve elde edilen keklerin tekdüzelik indeksi değerleri 1.30-3.00 mm arasında bulunmuştur. Ayrıca tekdüzelik indeksi değerlerinin kullanılan elma posası tozu oranının artmasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı belirtilmiştir. Keklerde çöven bitkisi ekstraktının simetri indeksi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise simetri indeksi değerleri -2.0-7.7 mm arasında bulunmuştur (Çelik et al., 2007).

4.3.3. Porozite analizi

Belli hacimdeki kek için sıkıştırıldıktan sonra hacminin belirlenmesi ve ilk hacmine bölünmesiyle hesaplanan porozite katsayısı kek kalitesi açısından önemli bir parametredir.

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanıldığı glutensiz kekler ve diyet lifi kaynağı kullanılmadan üretilen kontrol kekine ait porozite katsayıları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Görüldüğü üzere en yüksek porozite katsayısı değeri kontrol kekine aitken, diyet lifi kaynağı kullanım oranının artmasıyla porozite katsayısı düşmekte dolayısıyla kek hacmi de azalmaktadır.

Çizelge 4.7 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerle ait porozite katsayıları.

Analiz	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça%)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
Porozite katsayısı	0 (Kontrol)	0.23±0.00 ^{cA}	0.23±0.00 ^{cA}	0.23±0.00 ^{bA}
	5	0.12±0.03 ^{bA}	0.16±0.03 ^{bA}	0.20±0.03 ^{bA}
	10	0.05±0.02 ^{aA}	0.06±0.01 ^{aA}	0.06±0.06 ^{aA}
	15	0.02±0.01 ^{aA}	0.02±0.00 ^{aA}	0.09±0.03 ^{aB}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kullanımının porozite katsayısı üzerine istatistiksel olarak önemli ölçüde etkisi bulunmaktadır ($p<0.05$). Ancak %5 oranında portakal posası tozu kullanılan kekle kontrol keki arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Ayrıca kullanılan diyet lifi kaynağı ne olursa olsun, %10 ve %15 oranında diyet lifi kaynağı içeren keklerin porozite katsayıları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi kaynaklarının katılmasıyla porozite katsayısı arasındaki ilişki incelendiğinde ise, yalnızca %15 oranında portakal posası tozu içeren kek, aynı oranda elma ve havuç posası tozu içeren keke göre daha yüksek porozite katsayısı değerine sahiptir ($p<0.05$).

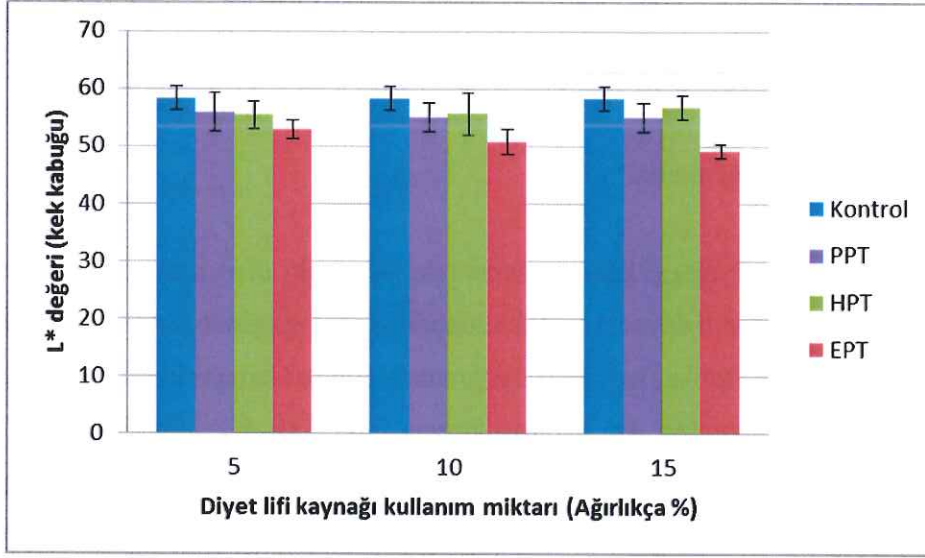
Lebesi and Tzia (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, çeşitli diyet liflerinin ve yenilebilir tahıl kepeklerinin kap keklerin kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Diyet lifi kaynağı olarak buğday, yulaf, çavdar ve arpa; tahıl kepeği olarak ise buğday, yulaf ve pirinç kepeği %10, 20 ve 30 oranında buğday unu yerine kullanılmıştır. Kap keklerin porozite değerleri 0.69-0.81 arasında değişmekte

birlikte %30 pirinç kepeği kullanılan keklerde porozite değerinin kontrol kekinden daha düşük olduğu belirtilmiştir.

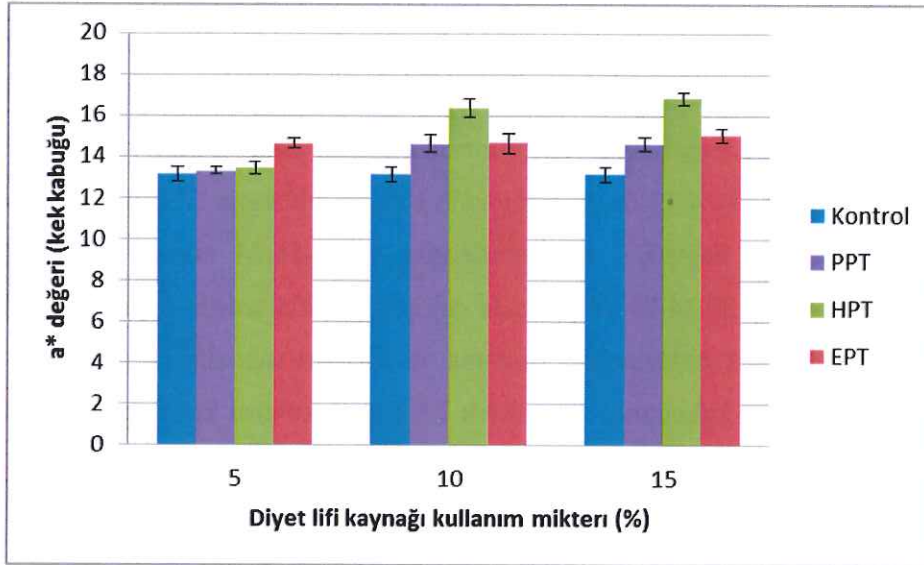
4.3.4. Renk analizi

Kekin en belirgin kalite parametrelerinden biri olan renk, tüketici beğenisi açısından en önemli duyusal özelliklerdendir. Kekin renginde farklı kaynaklar etkili olabilmektedir. Bunlar, kek formülasyonunda bulunan bileşenlerin renk özellikleri, maillard reaksiyonları ve karamelizasyon gibi kek bileşimindeki maddelerin etkileşimiyle meydana gelebilecek renk değişiklikleridir. Ayrıca proses değişikliklerinden kaynaklanan kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar da kek rengini etkilemektedir (Matos et al.,2014).

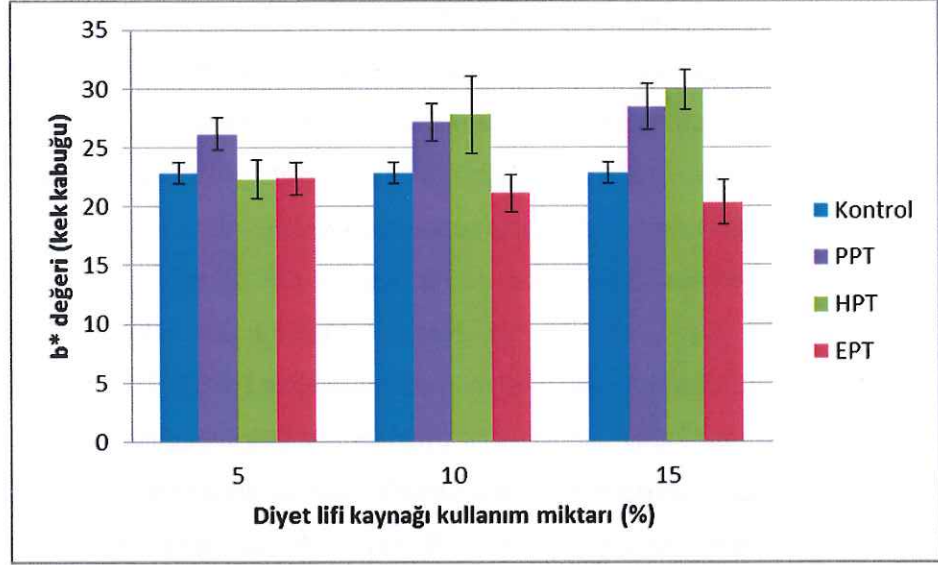
Konveksiyonel fırında pişirilen keklerde kabuk oluşumu meydana geldiğinden kek örneklerinin kabuk ve iç renk değerleri ayrı ayrı incelenmiştir. Hiçbir diyet lifi kaynağı eklenmeden üretilen kontrol keki ve elma, havuç ve portakal posası tozlarının %5, 10, 15 oranlarında ilave edildiği keklerin kek kabuğu renk değerleri (L* (parlaklık), a* (+ kırmızı, - yeşil) ve b* (+ sarı, - mavi)) sırasıyla Şekil 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir. Kek kabuklarının L* değerlerinin 49.19-58.23 arasında değiştiği, a* değerlerinin 13.15-16.84 arasında değiştiği, b* değerlerinin ise 20.34-29.88 arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen keklere ait kek kabuğu renk değerlerinin ortalama ve standart sapmaları da Çizelge 4.8'de verilmiştir. Kek kabuğunda en yüksek L* değeri kontrol kekinde görülürken, en düşük L* değeri %15 oranında elma posası tozu kullanılan keke aittir.



Şekil 4.10 Glutensiz keklerin kabuklarına ait L* (parlaklık) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.



Şekil 4.11 Glutensiz keklerin kabuklarına ait a* (+ kırmızı, - yeşil) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.



Şekil 4.12 Glutensiz keklerin kabuklarına ait b* (+ sarı, - mavi) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere diyet lifi kaynağı kullanım oranındaki artış L* (parlaklık) değerini düşürmektedir. En düşük L* değerleri elma posası tozu kullanılarak elde edilen kek kabuğunda ölçülmüştür. a* (kırmızılık) değerleri diyet lifi kaynağı kullanım oranındaki artışa paralel olarak artmış, en yüksek a* değeri %15 oranında havuç posası tozu kullanılan kek kabuğuna aittir (Şekil 4.11). Glutensiz keklerin kek kabuklarının b* (sarılık) değerleri ise havuç ve portakal posası tozu kullanımında kullanım oranının artmasıyla birlikte artarken, elma posası tozu kullanım düzeyi arttıkça azalmaktadır (Şekil 4.12).

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre glutensiz kek formülasyonuna farklı oranlarda elma, havuç ve portakal posası tozu eklenmesi kek kabuklarının L* değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p < 0.05$). Havuç ve elma posası tozlarının kullanım oranlarının değişmesiyle L* değerinde istatistiksel olarak önemli bir değişiklik olmamakla birlikte bunların kontrol keki ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$). Ancak elma posası tozu kullanılarak üretilen keklerin kek kabuğu L* değerleri elma posası tozunun kullanım oranının artmasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaktadır. Ayrıca diyet lifi kaynağı kullanımının tüm kek örneklerinde parlaklık değerini (L*) istatistiksel olarak önemli ölçüde düşürdüğü,

dolayısıyla rengi koyulaştırdığı görülmektedir ($p<0.05$). Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları kendi aralarında kıyaslandığında havuç ve portakal posası tozlarıyla üretilen keklerin kek kabuğu L^* değerleri, elma posası tozuyla üretilen kekinkinden istatistiksel olarak önemli ölçüde yüksektir. Glutensiz kek hamurunda elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılması, kek kabuğunun a^* (kırmızılık) değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$). Ancak portakal posası tozunun %5 oranında kullanılması kek kabuğunun a^* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiştir ($p<0.05$). Elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılan tüm kek örneklerinin kek kabuğunda a^* değerinde kontrol kekine göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Elma posası tozunun %5 ve %10 oranında kullanımı arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamakla birlikte %15 oranında kullanımından elde edilen kek kabuğu diğerlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ($p<0.05$). Havuç posası tozunun kullanım oranını artması ile kek kabuklarının a^* değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış saptanmıştır. Glutensiz kek hamurunda elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılması, kek kabuğunun b^* (sarılık) değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$). Ancak havuç posası tozunun %5 oranında kullanılması kek kabuğunun b^* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiştir ($p<0.05$). Havuç ve portakal posası tozu kullanılan kek örneklerinin kek kabuğunda b^* değerinde kontrol kekine göre istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış olduğu ancak elma posası tozu kullanımında tersine bir azalış meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılması kek kabuklarının b^* değerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark yaratmaktadır ($p<0.05$).

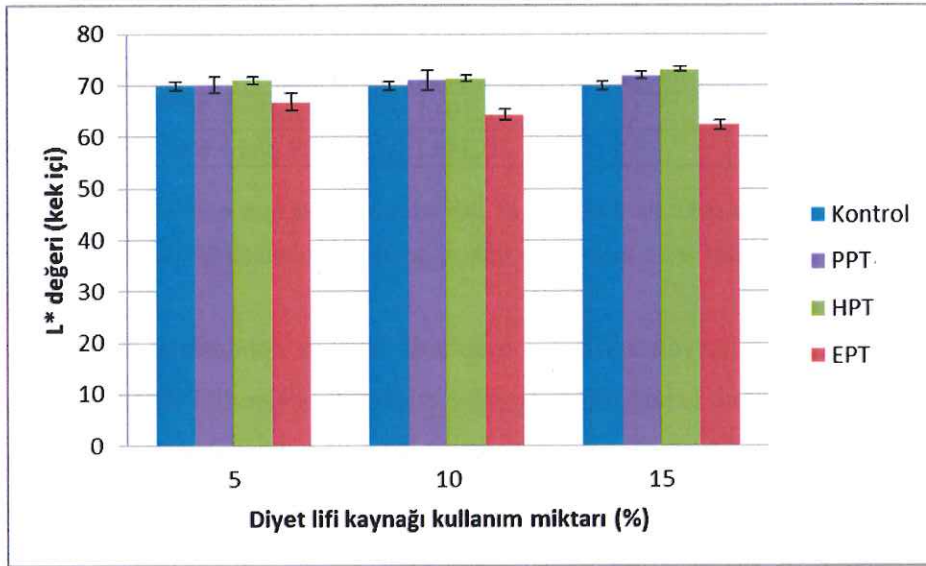
Çizelge 4.8 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin kabuklarına ait renk değerleri.

Renk değerleri	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça%)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
L*	0 (Kontrol)	58.23±2.05 ^{dA}	58.23±2.05 ^{bA}	58.23±2.05 ^{bA}
	5	52.82±1.63 ^{cA}	55.43±2.33 ^{aB}	55.93±13.30 ^{aB}
	10	50.78±2.13 ^{bA}	55.63±3.71 ^{aB}	55.11±2.47 ^{aB}
	15	49.19±1.10 ^{aA}	56.81±2.01 ^{abC}	55.14±2.52 ^{aB}
a*	0 (Kontrol)	13.15±0.38 ^{aA}	13.15±0.38 ^{aA}	13.15±0.38 ^{aA}
	5	14.64±0.24 ^{bB}	13.45±0.30 ^{bA}	13.30±0.18 ^{aA}
	10	14.67±0.49 ^{bA}	16.39±0.44 ^{cB}	14.65±0.40 ^{bA}
	15	15.02±0.33 ^{cB}	16.84±0.32 ^{dC}	14.62±0.32 ^{bA}
b*	0 (Kontrol)	22.82±0.89 ^{dA}	22,82±0,89 ^{aA}	22,82±0,89 ^{aA}
	5	22.40±1.01 ^{cA}	22.27±1.63 ^{aA}	26.13±1.37 ^{bB}
	10	21.10±1.95 ^{bA}	27.79±3.29 ^{bB}	27.14±1.61 ^{cB}
	15	20.34±1.23 ^{aA}	29.88±1.68 ^{cC}	28.45±1.94 ^{dB}

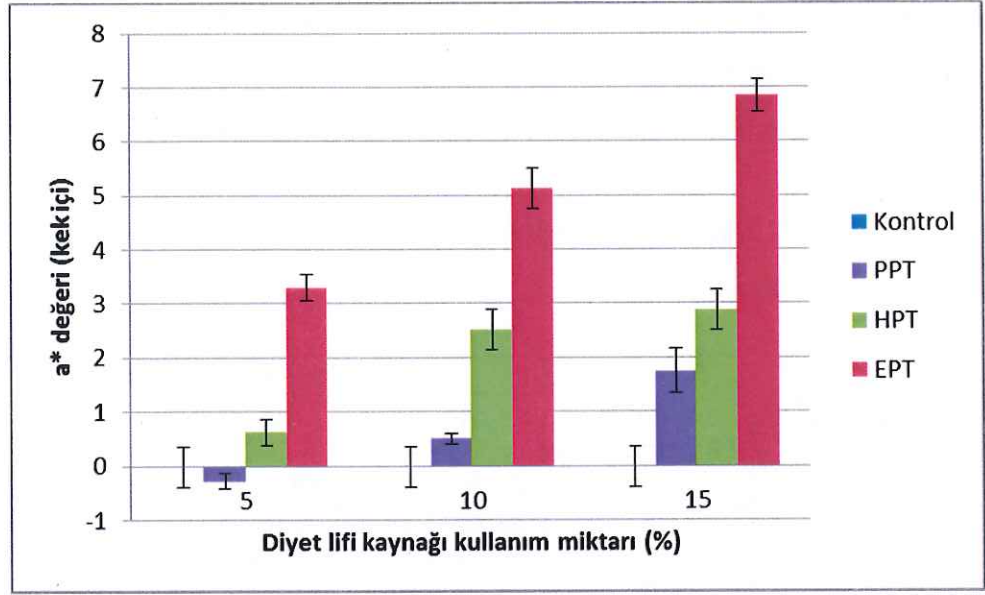
Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Kek formülasyonuna farklı oranlarda katılan dondurarak kurutulmuş kivi püresi tozunun kek kabuğu rengi üzerine etkisinin incelendiği bir tez çalışmasında; L* değerleri 39.55-45.43, a* değerleri 13.50-14.64, b* değerleri ise 21.08-32.37 arasında değişmektedir (Ergün, 2012). Singh et al. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise diyet lifi kaynağı olarak mısır kepeği kullanılmış ve kek kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Kek kabuğuna ait L* değerleri 62.77-64.82 arasında değişmekte olup, mısır kepeği kullanım oranının değişmesiyle L* değerinde önemli bir değişiklik görülmediği belirtilmiştir. Ayrıca a* değerlerinin 9.56-14.33, b* değerlerinin ise 42.31-44.68 arasında değişmekte olup mısır kepeği oranının artmasıyla bu değerlerin azaldığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada, çeşitli tahılların tam tahıllı unları ve beyaz unları kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin kek kabuğu renk değerleri karşılaştırılmış, tam tahıllı un kullanılan keklerin L* ve b* değerleri çavdar, arpa ve tritordeum tahıllarında azalırken buğday ve tritikale için beyaz un kullanılan keklerle aynıdır. a* değeri ise iki farklı un türü kullanımıyla önemli ölçüde değişmemiştir. Çalışmada L* değerlerinin 43.40-54.90, a* değerlerinin 11.80-15.00, b* değerlerinin ise 15.00-26.40 arasında değiştiği belirlenmiştir (Gomez et al.,2010).

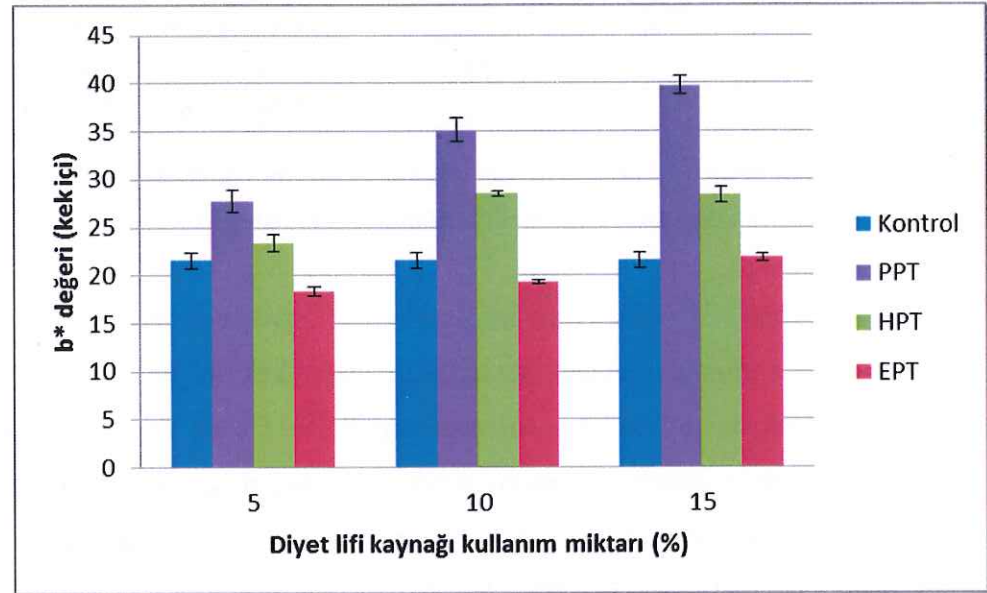
Hiçbir diyet lifi kaynağı eklenmeden üretilen kontrol keki ve elma, havuç ve portakal posası tozlarının %5, 10, 15 oranlarında ilave edildiği keklerin kek içi renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15'te gösterilmiştir. Kek içi L^* değerlerinin 62.29-73.07 arasında değiştiği, a^* değerlerinin -0.28-6.84 arasında değiştiği, b^* değerlerinin ise 18.35-39.76 arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen keklerle ait kek içi renk değerlerinin ortalama ve standart sapmaları da Çizelge 4.9'de verilmiştir. Kek içinde en yüksek L^* (parlaklık) değeri %15 havuç posası tozu kullanılan kekte görülürken, en düşük L^* değeri %15 oranında elma posası tozu kullanılan keke aittir.



Şekil 4.13 Glutensiz keklerin içlerine ait L^* (parlaklık) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.



Şekil 4.14 Glutensiz keklerin içlerine ait a* (+ kırmızı, - yeşil) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.



Şekil 4.15 Glutensiz keklerin içlerine ait b* (+sarı, - mavi) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Şekil 4.13'de görüldüğü üzere diyet lifi kaynağı kullanım oranındaki artış havuç ve portakal posası tozu kullanılan keklerde kek içi L* değerini arttırırken, elma posası tozu kullanılan keklerde bu değeri düşürmektedir. En düşük L* değerleri elma posası tozu kullanılarak elde edilen keklerde ölçülmüştür. a* değerleri diyet lifi kaynağı kullanım oranındaki artışla birlikte artmış olup en

yüksek a* değerleri elma posası tozu kullanılan keklerle aittir (Şekil 4.14). Glutensiz keklerin kek içi b* değerleri ise elma, havuç ve portakal posası tozu kullanımında kullanım oranının artmasıyla birlikte artış göstermiştir (Şekil 4.15).

Çizelge 4.9 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin içlerine ait renk değerleri.

Renk değerleri	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça %)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
L*	0 (Kontrol)	69.90±0.88 ^{dA}	69.90±0.88 ^{aA}	69.90±0.88 ^{aA}
	5	66.83±1.59 ^{cA}	71.01±0.79 ^{bC}	70.06±1.52 ^{aB}
	10	64.26±1.12 ^{bA}	71.29±0.52 ^{bB}	70.96±1.67 ^{bB}
	15	62.29±0.99 ^{aA}	73.07±0.54 ^{cC}	71.90±0.79 ^{cB}
a*	0 (Kontrol)	-0.02±0.37 ^{aA}	-0,02±0,37 ^{aA}	-0,02±0,37 ^{bA}
	5	3.30±0.25 ^{bC}	0.62±0.40 ^{bB}	-0.28±0.15 ^{aA}
	10	5.13±0.38 ^{cC}	2.52±0.85 ^{cB}	0.50±0.10 ^{cA}
	15	6.84±0.30 ^{dC}	2.88±0.37 ^{dB}	1.75±0.41 ^{dA}
b*	0 (Kontrol)	21.55±0.86 ^{bcA}	21,55±0,86 ^{aA}	21,55±0,86 ^{aA}
	5	18.35±0.44 ^{aA}	23.35±0.92 ^{bB}	27.73±1.14 ^{bC}
	10	19.25±0.19 ^{abA}	28.48±0.25 ^{cB}	35.09±1.22 ^{cC}
	15	21.85±0.41 ^{cA}	28.34±0.88 ^{cB}	39.76±0.99 ^{dC}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Glutensiz kek bileşimine farklı oranlarda elma, havuç ve portakal posası tozu eklenmesi, %5 oranında portakal posası tozu hariç, kek içinde L* değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$). Havuç ve portakal posası tozlarının kullanım oranlarının artmasıyla kek içi L* değerinde istatistiksel olarak önemli ölçüde artış gerçekleşirken, elma posası tozu kullanımının artmasıyla kek içi L* değeri düşmektedir ($p<0.05$). Ancak havuç posası tozunun %5 ve %10 oranlarında kullanılmasıyla kaydedilen L* değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli değildir ($p<0.05$). Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları kendi aralarında kıyaslandığında, %10 oranında havuç ve portakal posası tozlarıyla üretilen kekler hariç, kek içi L* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

Glutensiz kek hamurunda elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılması, kek içi a* değerlerini de istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$).

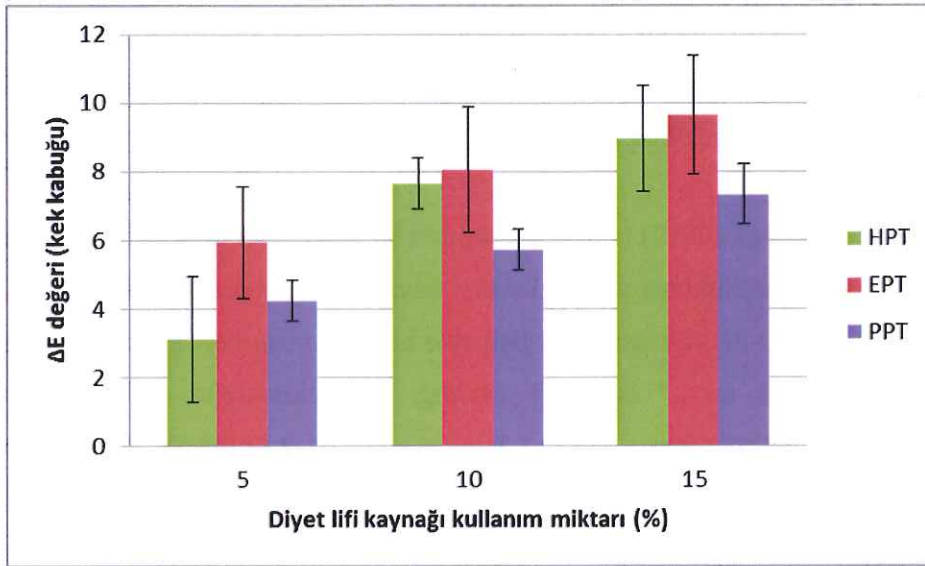
Ayrıca diyet lifi kaynaklarının kullanım oranlarının artmasıyla a^* değerinde istatistiksel açıdan önemli bir artış meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0.05$). Ancak portakal posası tozunun %5 oranında kullanılması kek içi a^* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde düşürmüştür ($p<0.05$). Aynı oranlarda elma, havuç ve portakal posası tozları kullanılan keklerde kek içi a^* değerleri arasındaki fark da istatistiksel olarak önemlidir ve büyükten küçüğe doğru elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılan kekler şeklinde sıralanabilir ($p<0.05$).

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının glutensiz kek hamurunda kullanılması, kek içi b^* değerlerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$). Ancak elma posası tozunun %10 ve 15 oranlarında kullanılması kek içi b^* değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiştir ($p<0.05$). Elma posasının yalnızca %5 oranında kullanılması durumunda b^* değerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde düşüş meydana gelmiştir ($p<0.05$). Havuç posası tozunun %10 ve 15 oranında kullanılması kek içi b^* değerlerinde istatistiksel açıdan önemli bir fark yaratmamış, bunun dışında havuç ve portakal posası tozunun kullanım oranlarının artmasıyla kek içi b^* değerinde istatistiksel olarak önemli ölçüde artış meydana gelmiştir ($p<0.05$). Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları kendi aralarında kıyaslandığında ise, kek içi b^* değerleri arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde fark bulunmaktadır ($p<0.05$).

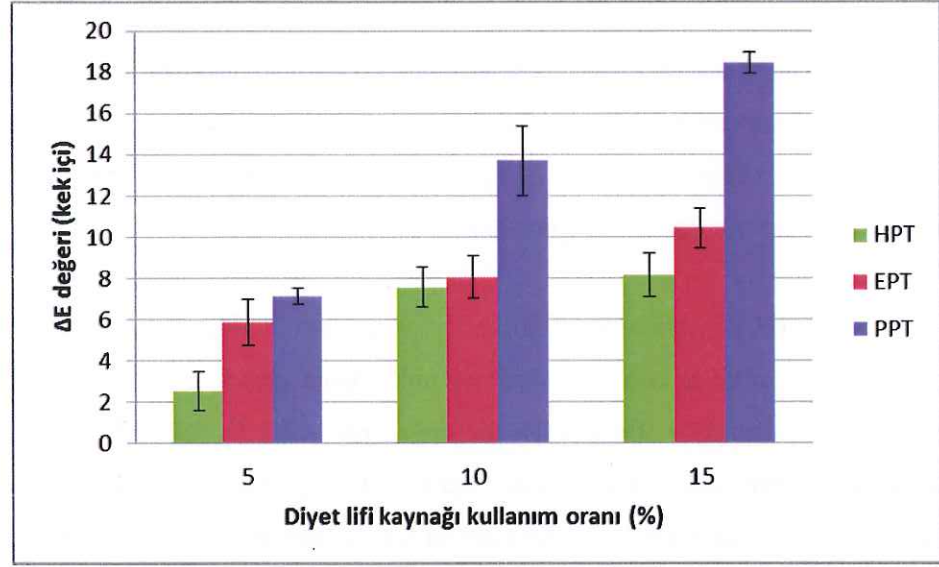
Singh et al. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada diyet lifi kaynağı olarak mısır kepeği kullanılmış ve kek kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Kek içi L^* değerleri 71.37-81.42 arasında değişmekle birlikte, mısır kepeği kullanım oranının artmasıyla kek içi L^* değerinin azaldığı yani parlaklığın azaldığı ve rengin koyulaştığı belirtilmiştir. Ayrıca a^* değerlerinin 0.61-2.86, b^* değerlerinin ise 2.36-31.67 arasında değişmekte olup mısır kepeği oranının değişmesinin bu değerler üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır. Gomez et al. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada ise çeşitli tahılların tam tahıllı unları ve beyaz unları kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin kek içi renk değerleri karşılaştırılmıştır. L^* değerlerinin 56.20-72.40, a^* değerlerinin 4.20-7.10, b^* değerlerinin ise 18.80-23.80 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının %5, 10, 15 oranlarında ilave edildiği keklerin kek kabuğu ve kek içi toplam renk değişimi (ΔE) değerleri, Şekil 4.16 ve 4.17’de gösterilmiştir. Kek kabuğu ΔE değerlerinin 3.10-9.64 arasında değiştiği, kek içi ΔE değerlerinin ise 2.50-18.43 arasında değiştiği belirlenmiştir. Üretilen keklerle ait ΔE değerlerinin ortalama ve standart sapmaları da Çizelge 4.10’da verilmiştir. Kek kabuğunda en yüksek renk değişimi (ΔE) %15 elma posası tozu kullanılan kekte görülürken, kek içinde en yüksek renk değişimi (ΔE) %15 portakal posası tozu kullanılan keke aittir. En düşük renk değişimi (ΔE) ise hem kek kabuğunda hem de kek içinde %5 oranında havuç posası tozu kullanılan keke aittir.

Şekil 4.16 ve 4.17’de görüldüğü üzere diyet lifi kaynağı olarak elma, havuç ve portakal posalarının kullanım oranları arttıkça kek kabuğu ve kek içinde renk değişimi (ΔE) değeri artmaktadır. Kek kabuğunda renk değişimi en çok elma posası tozu kullanımında gerçekleşirken, kek içinde en fazla renk değişimine neden olan diyet lifi kaynağı portakal posası tozudur.



Şekil 4.16 Glutensiz keklerin kabuklarına ait toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.



Şekil 4.17 Glutensiz keklerin içlerine ait toplam renk değişimi (ΔE) değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Çizelge 4.10 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin kabuk ve içlerine ait toplam renk değişimi (ΔE) değerleri.

Renk değerleri	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça%)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
ΔE (kek kabuğunda)	5	5.93±1.64 ^{aB}	3.10±1.84 ^{aA}	4.23±0.61 ^{aA}
	10	8.06±1.83 ^{bB}	7.64±0.74 ^{bB}	5.72±0.59 ^{bA}
	15	9.64±1.72 ^{cB}	8.96±1.55 ^{cB}	7.33±0.88 ^{cA}
ΔE (kek içinde)	5	5.84±1.12 ^{aB}	2.50±0.93 ^{aA}	7.10±0.39 ^{aC}
	10	8.04±1.04 ^{bA}	7.57±0.99 ^{bA}	13.69±1.71 ^{bB}
	15	10.43±0.98 ^{cB}	8.13±1.05 ^{bA}	18.43±0.53 ^{cC}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kaynağı kullanım miktarı, kek kabuğunda ve kek içinde gerçekleşen toplam renk değişimini (ΔE) istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilemiştir ($p < 0.05$). Ancak %10 ve 15 oranında havuç posası tozu kullanılan keklerin kek içi ΔE değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p < 0.05$). Ayrıca farklı diyet lifi kaynaklarının aynı oranda kullanıldığı kekler arasında da istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunmaktadır ($p < 0.05$). Ancak

%5 oranında havuç ve portakal posası tozu içeren kekler ve %10 ve 15 oranında elma ve havuç posası tozu içeren keklerin kek kabuğu ΔE değerleri arasında önemli ölçüde fark bulunmamaktadır ($p < 0.05$). Ayrıca %10 oranında elma ve havuç posası tozu içeren keklerin de kek içi ΔE değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli ölçüde fark bulunmamaktadır ($p < 0.05$).

Ergün (2012) tarafından yapılan tez çalışmasında kivi püresi tozunun farklı oranlarda kullanıldığı konvansiyonel ve mikrodalga fırında pişirilen keklerin ΔE değerleri incelenmiştir. En yüksek ΔE değerinin 14.83 ile %20 kivi püresi tozu içeren konvansiyonel fırında pişirilen keklerin kek içi değerinin olduğu, en düşük ΔE değerlerinin ise 5.85 ile %5 kivi püresi tozu içeren mikrodalga fırında pişirilen keklerle ait olduğu belirtilmiştir.

4.3.5. Doku profili analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozları kullanılarak üretilen glutensiz keklerde Doku profili analizi gerçekleştirilmiş, test grafikleri kullanılarak hesaplanan sertlik (hardness), esneklik (springiness), yapışkanlık (cohesiveness) ve elastikiyet (resilience) değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. Sertlik değerinin kullanılan diyet lifi kaynağına ve diyet lifi kaynağının kullanım oranına göre değişimi Şekil 4. 18’de gösterilmiştir. Glutensiz kek hamuruna diyet lifi kaynağı eklenmesi durumunda sertlik değeri artmış, kullanılan diyet lifi miktarının artması da sertlik değerinde artışa neden olmuştur (Şekil 4.18).

Çizelge 4.11 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklere ait doku profili analizi sonuçları.

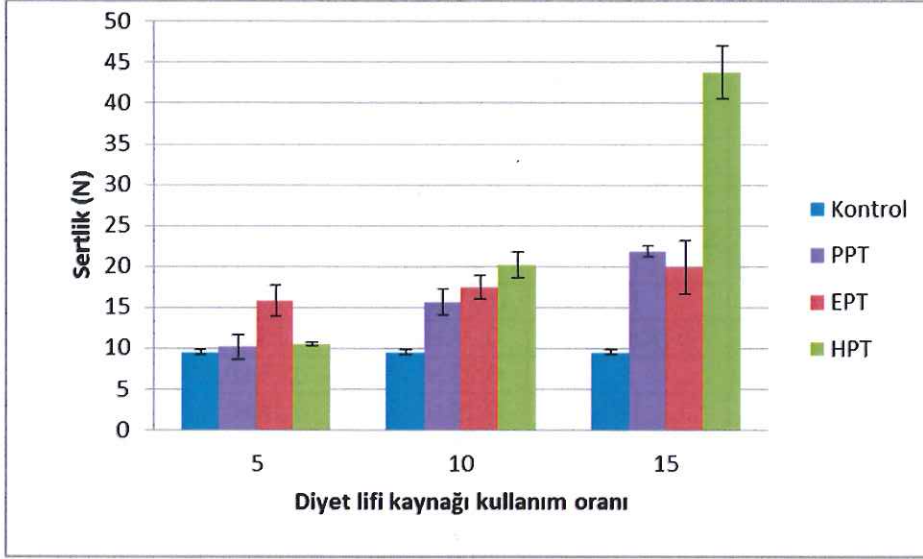
Dokusal özellikler	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça %)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
Sertlik (hardness) (N)	0 (Kontrol)	9.46±0.29 ^{aA}	9.46±0.29 ^{aA}	9.46±0.29 ^{aA}
	5	15.80±1.88 ^{bB}	10.49±0.29 ^{aA}	10.16±1.49 ^{aA}
	10	17.48±1.47 ^{bcA}	20.18±1.60 ^{bB}	15.66±1.58 ^{bA}
	15	19.88±3.31 ^{cA}	43.79±3.24 ^{cB}	21.82±0.68 ^{cA}
Esneklik (springiness)	0 (Kontrol)	0.91±0.01 ^{bA}	0.91±0.01 ^{bA}	0.91±0.01 ^{bA}
	5	0.86±0.01 ^{abB}	0.83±0.02 ^{aA}	0.86±0.02 ^{aAB}
	10	0.85±0.02 ^{abA}	0.80±0.06 ^{aA}	0.84±0.02 ^{aA}
	15	0.80±0.12 ^{aA}	0.83±0.03 ^{aA}	0.83±0.02 ^{aA}
Yapışkanlık (cohesiveness)	0 (Kontrol)	0.62±0.01 ^{cA}	0.62±0.01 ^{cA}	0.62±0.01 ^{cA}
	5	0.52±0.02 ^{bB}	0.49±0.01 ^{bA}	0.53±0.01 ^{bB}
	10	0.46±0.02 ^{aA}	0.45±0.02 ^{aA}	0.45±0.03 ^{aA}
	15	0.51±0.06 ^{abB}	0.46±0.01 ^{aAB}	0.42±0.01 ^{aA}
Elastikiyet (resilience)	0 (Kontrol)	0.28±0.01 ^{cA}	0.28±0.01 ^{bA}	0.28±0.01 ^{dA}
	5	0.23±0.01 ^{bB}	0.19±0.01 ^{aA}	0.24±0.01 ^{cB}
	10	0.19±0.01 ^{aA}	0.18±0.01 ^{aA}	0.20±0.01 ^{bA}
	15	0.21±0.03 ^{abB}	0.19±0.01 ^{aAB}	0.17±0.00 ^{aA}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Glutensiz kek örneklerinin sertlik değerleri 9.46-43.79 N arasında değişmekle birlikte en yüksek sertlik değeri %15 oranında havuç posası tozu içeren keke aittir. Ayrıca esneklik değerleri 0.80-0.91, yapışkanlık değerleri 0.42-0.62, elastikiyet değerleri ise 0.17-0.28 arasında değişmektedir.

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kaynağı kullanımının glutensiz keklerin sertlik değeri üzerine istatistiksel olarak önemli ölçüde etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ancak %5 oranında havuç ve portakal posası tozu kullanılan kekler ile hiçbir diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol keki arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Havuç ve portakal posası tozu kullanılan glutensiz keklerde sertlik değeri diyet lifi kaynağının kullanım oranının artmasıyla istatistiksel olarak önemli düzeyde yükselirken, elma posası kullanılan keklerde yalnızca %5 ve %15 oranında kullanılan kekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p<0.05$). Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi

kaynaklarının katılmasıyla sertlik değerleri arasındaki değişim incelendiğinde, %5 oranında elma posası tozu kullanılan keklerin sertlik değeri, havuç ve portakal posası tozu kullanılan keklere göre istatistiksel olarak önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Ancak, %10 ve %15 oranlarında havuç posası tozu kullanılan kekler, aynı oranlarda diğer diyet lifi kaynaklarının kullanıldığı kekelere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek sertlik değerine sahiptir ($p<0.05$).



Şekil 4.18 Glutensiz keklere ait sertlik değerlerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Glutensiz kek örnekleri yapışkanlık bakımından değerlendirildiğinde, diyet lifi kullanımının keklerde yapışkanlık değerini istatistiksel olarak önemli ölçüde düşürdüğü görülmektedir ($p<0.05$). Elma, havuç ve portakal posası tozlarının kullanım miktarının artmasıyla keklerin yapışkanlık değeri azalmaktadır. Ancak %15 oranında diyet lifi kaynağı kullanımıyla %5 ve %10 oranında diyet lifi kaynağı kullanımı arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi kaynaklarının katılmasıyla yumuşaklık değerleri arasındaki ilişki incelendiğinde ise, yalnızca %5 oranında havuç posası tozu kullanılan keklerin %5 oranında elma ve portakal posası tozu içeren keklere göre istatistiksel olarak daha düşük yapışkanlık değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca %15 oranında havuç ve portakal posası kullanılan kekler arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p<0.05$).

Hem esneklik (springiness) hem de elastikiyet (resilience), kek örneğinin sıkıştırma sonrası eski haline geri döne bilirligi hakkında bilgi vermektedir. Ancak, esneklik iki sıkıştırma arası bekleme süresi boyunca örneğin eski haline geri döne bilirligini ölçerken, elastikiyet örneğin anlık (birinci sıkıştırmadan hemen sonra) eski haline geri döne bilirligini göstermektedir.

Havuç ve portakal posası tozları kullanımıyla glutensiz keklerin esneklik değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde düşmekte, ancak kullanım oranının değişmesiyle esneklik değeri istatistiksel olarak önemli ölçüde değişmemektedir ($p<0.05$). Elma posası tozu ise yalnızca %15 oranında kullanıldığında esneklik değerinde istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmıştır. % 5 oranında havuç elma posası tozu içeren kekler esneklik bakımından istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır ($p<0.05$). Bunun dışında kullanılan diyet lifi kaynağının esneklik değeri üzerine önemli bir etkisi bulunmamaktadır ($p<0.05$).

Glutensiz keklerin elastikiyet değerleri diyet lifi kaynağı kullanımıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmaktadır ($p<0.05$). Havuç posası tozu kullanım miktarının değişmesi elastikiyet üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkiye sahip değilken elma ve portakal posası tozlarının kullanım miktarının artmasıyla elastikiyet değeri istatistiksel olarak önemli düzeyde azalmaktadır ($p<0.05$). Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi kaynaklarının katılmasıyla elastikiyet değerleri arasındaki değişim incelendiğinde, %5 oranında havuç posası tozu kullanılan keklerin aynı oranda elma ve portakal posası tozu kullanılan keklerle göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha düşük elastikiyet değerine sahip olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Gularte et al. (2012a) tarafından yapılan bir çalışmada farklı liflerin (inülin, guar gam ve yulaf lifi) glutensiz kekin dokusal özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kek içi sertlik değerleri 4.50-10.30 N, esneklik değerleri 0.68-0.79, yapışkanlık değerleri 0.31-0.40, elastikiyet değerleri ise 0.12-0.15 arasında değişmektedir. Ayrıca, yapılan tez çalışmasına benzer olarak sertlik değerlerinde diyet lifi kullanımıyla birlikte artış olduğu belirtilmiştir. Yağı azaltılmış muffinlerin fiziksel özellikleri üzerine şeftali lifi kullanımının (%0, 2, 3, 4, 5, 10) etkisinin incelendiği bir çalışmada ise sertlik değerleri 2.73-5.11 N, esneklik değerleri 0.81-

0.89 ve yapışkanlık değerleri 0.45-0.50 arasında değişmektedir. Kullanılan şeftali lifi miktarının artmasıyla birlikte sertlik değerinin arttığı belirtilirken, esneklik ve yumuşaklık değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı ifade edilmiştir (Grigelmo-Miguel et al., 2001).

Rupasinghe et al. (2009) yaptıkları çalışmada %32 oranında elma kabuğu tozu ilave edilen kekin, kontrol keki ve daha düşük oranlarda elma kabuğu tozu içeren keklerle göre daha yüksek sertlik değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu kekin düşük hacim ve yüksekliğe sahip olmasının yüksek diyet lifi içeriğinden kaynaklandığını böylece yüksek diyet lifi içeren keklerin yoğunluklarının da arttığını belirtmişlerdir. Bu durumun sebebi olarak da elma lifinin yüksek su bağlama özelliği gösterilmiştir. Yapılan tez çalışmasında da %15 havuç posası tozu kullanılan keklerde en yüksek sertlik değeri görülmekle birlikte en düşük hacim indeksi ve özgül hacim değerleri de bu keke aittir.

4.3.6. Kek bileşiminin belirlenmesi

Kek bileşiminin belirlenmesi, keklerin besin içerikleri ve enerji değerlerinin belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. %0, 5, 10 ve 15 oranında elma, havuç ve portakal posası tozu içeren glutensiz keklerin besin içerikleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklerin bileşimi.

Analiz	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça %)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
Nem (%)	0 (Kontrol)	21.21±3.16 ^{ba}	21.21±3.16 ^{ba}	21.21±3.16 ^{ba}
	5	16.71±0.86 ^{ab}	15.54±0.29 ^{aa}	18.36±0.58 ^{ac}
	10	16.23±2.49 ^{aa}	16.78±0.37 ^{aa}	17.80±0.99 ^{aa}
	15	17.60±1.38 ^{aa}	16.51±1.25 ^{aa}	16.88±1.42 ^{aa}
Kül* (%)	0 (Kontrol)	1.13±0.02 ^{aa}	1.13±0.02 ^{aa}	1.13±0.02 ^{aa}
	5	1.04±0.01 ^{aa}	1.13±0.01 ^{ba}	0.96±0.01 ^{aa}
	10	1.05±0.02 ^{aa}	1.18±0.01 ^{bb}	1.20±0.01 ^{bb}
	15	1.09±0.00 ^{aa}	1.23±0.01 ^{cb}	1.25±0.03 ^{cb}
Toplam yağ* (%)	0 (Kontrol)	24.60±0.53 ^{aa}	24.59±0.53 ^{aa}	24.60±0.53 ^{aa}
	5	22.96±0.19 ^{aa}	23.48±0.37 ^{aa}	24.25±0.33 ^{aa}
	10	23.31±0.65 ^{aa}	23.76±0.20 ^{aa}	23.53±0.12 ^{aa}
	15	23.65±0.08 ^{aa}	23.17±0.14 ^{aa}	23.10±0.07 ^{aa}
Toplam protein* (%)	0 (Kontrol)	7.27±0.06 ^{ba}	7.27±0.06 ^{ba}	7.27±0.06 ^{ba}
	5	6.30±0.08 ^{abB}	6.75±0.20 ^{bc}	5.39±0.06 ^{aa}
	10	5.94±0.09 ^{ab}	6.66±0.07 ^{abC}	5.29±0.12 ^{aa}
	15	5.96±0.64 ^{aaB}	6.30±0.21 ^{ab}	5.09±0.13 ^{aa}

* İlgili bileşen miktarı kuru temelde verilmiştir.

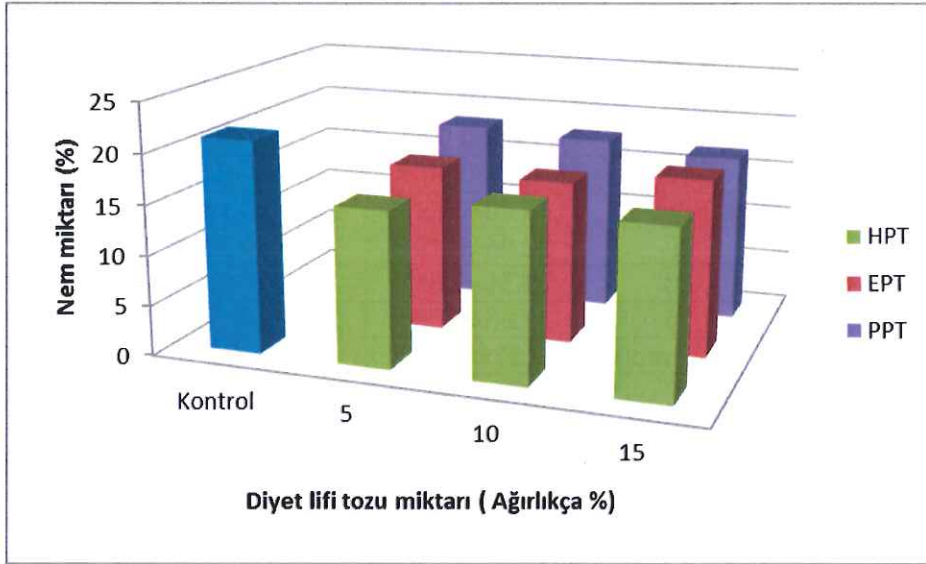
Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.3.6.1. Nem analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılmasıyla elde edilen glutensiz keklerin nem içerikleri arasındaki ilişki Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Glutensiz keklerin nem miktarları %15.54-21.21 arasında değişmektedir. En yüksek nem değeri hiçbir diyet lifi kaynağı kullanılmadan üretilen kontrol kekine ait olup % 21.21'dir.

DeneySEL verilere uygulanan varyans analizi Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kaynağı kullanılan glutensiz kekler ile kontrol keki arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde fark bulunmakta olup, diyet lifi kaynağı eklenmesiyle keklerin nem miktarları düşmüştür (p<0.05). Bu durumun pirinç unu nem içeriğinin (%10.55), pirinç unuyla yer değiştiren elma, havuç veya portakal posası tozunun nem içeriğinden (%1.91-2.97) yüksek olmasıyla ilişkilendirilebilir. Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılmasının nem

miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamaktadır ($p < 0.05$). Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi kaynaklarının katılmasıyla nem içerikleri arasındaki değişim incelendiğinde, yalnızca %5 oranında diyet lifi kaynağı kullanımında nem miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeydedir ($p < 0.05$).



Şekil 4.19 Glutensiz keklere ait nem içeriklerinin diyet lifi kaynağı ve kullanım oranıyla değişimi.

Sudha et al.(2007) tarafından yapılan bir çalışmada diyet lifi kaynağı olarak elma posası kullanılış ve kekin nem içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Kullanılan buğday ununun nem içeriği %11.4, elma posası tozunun nem içeriği ise %10.80'dir. %0 ve %25 oranında elma posası tozu kullanılarak hazırlanan keklerin nem içerikleri %20.90-21.80 arasında bulunmuştur. Elma posası tozu kullanımının kekin nem içeriğinde önemli bir fark yaratmadığı belirtilmiştir.

4.3.6.2. Kül analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılmasıyla elde edilen glutensiz keklerin kül miktarları %0.78-1.04 arasında değişmektedir (yaş temelinde). Havuç posası tozu kullanımı dışında diyet lifi kaynağı kullanımının glutensiz keklerin kül miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi

bulunmamaktadır ($p<0.05$). Havuç posası tozunun kullanım oranının artmasıyla kül miktarında istatistiksel olarak önemli düzeyde artış olduğu görülmektedir ($p<0.05$).

Kim et al. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada da kullanılan diyet lifi kaynağı oranı arttıkça keklerin kül miktarının arttığı belirtilmiştir. Bu çalışmada keklerin kül miktarları %1.41-2.17 arasında değişmektedir.

4.3.6.3. Toplam yağ analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılmasıyla elde edilen glutensiz toplam yağ miktarı %19.12-19.83 arasında değişmektedir (yaş temelde). Diyet lifi kaynağı kullanımının glutensiz keklerin toplam yağ miktarı üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisi bulunmamaktadır ($p<0.05$).

Yapılan çalışmalarda diyet lifi zenginleştirmesinin keklerin toplam yağ içeriklerine önemli bir etkisi olmadığı vurgulanmıştır. Sudha et al. (2007) keklerin toplam yağ içeriğini %19.3-20.5 arasında bulmuşlardır (kuru temelde). Kim et al. (2012) ise keklerin toplam yağ içeriğini %7.51-7.94 arasında değiştiğini belirtmişlerdir (yaş temelde). Elde edilen değerlerin farklı olması kek bileşimlerinde kullanılan yağ miktarlarının birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.6.4. Toplam protein analizi

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda kullanılmasıyla elde edilen glutensiz keklerin toplam protein içerikleri Çizelge 4.12'de verilmiştir. Glutensiz keklerin protein içerikleri %4.23-5.73 arasında değişmektedir. En yüksek protein içeriği hiçbir diyet lifi kaynağı kullanılmadan üretilen kontrol kekine ait olup %5.73'tür.

DeneySEL verilere uygulanan varyans analizi Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, diyet lifi kaynağı kullanılan glutensiz kekler ile kontrol kekinin protein içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli ölçüde fark bulunmakta olup, diyet lifi kaynağı eklenmesiyle keklerin protein miktarları düşmüştür ($p<0.05$). Pirinç ununun diyet lifi kaynağı ile yer değiştirmesi sonucunda kek içinde azalan

pirinç unu miktarına paralel olarak protein miktarında düşme yaşanmıştır. Benzer şekilde Gularte et al. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada pirinç unu yerine diyet lifi kullanımının glutensiz kekin protein içeriğini %6.02'den %5.4'e düşürdüğü belirtilmiştir. Glutensiz formülasyona aynı oranda farklı diyet lifi kaynaklarının katılmasıyla protein içerikleri arasındaki değişim incelendiğinde, portakal posası tozu kullanımında en düşük protein değerlerinin alındığı belirlenmiştir ($p<0.05$).

4.3.7. Duyusal analiz

Elma, havuç ve portakal posası tozlarının farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15) kullanıldığı glutensiz keklerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini araştırmak amacıyla duyusal analiz yapılmıştır. Böylece tüketicilerin diyet lifi kaynaklarını ve kullanım oranlarını karşılaştırmaları sağlanmıştır.

Kullanılan hedonik skalada "Çok Kötü" : 1, "Kötü" : 2, "Orta" : 3, "İyi" : 4 ve "Çok İyi" : 5 olarak puanlandırılmıştır ve elde edilen veriler Duncan testi ile %95 güven aralığında değerlendirilmiştir. Glutensiz kek örnekleri için yapılan duyusal analiz sonuçlarının ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Elde edilen varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, glutensiz kek örneklerinin renk değerlendirmesinde elma ve portakal posası tozlarının %0, 5, 10 ve 15 oranlarında kullanıldıkları kekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Ancak havuç posası tozunun %15 oranında kullanıldığı glutensiz kek diğer keklere göre istatistiksel olarak önemli ölçüde daha az beğenilmiştir. Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları karşılaştırıldığında, %10 oranında havuç ve portakal posası tozu kullanılan kekler %10 elma posası tozu kullanılan keke göre, kek rengi bakımından istatistiksel olarak daha çok beğenilmiştir ($p<0.05$). %15 oranında portakal posası tozu içeren kek ise %15 oranında elma ve havuç posası içeren keke istatistiksel olarak daha çok beğenilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.13 Farklı formülasyonlarda hazırlanan glutensiz keklere ait hedonik skala testi sonuçları. “Çok Kötü” : 1, “Kötü” : 2, “Orta” : 3, “İyi” : 4 ve “Çok İyi” : 5.

Duyusal değerler	Posa tozu miktarı (Ağırlıkça%)	Diyet lifi kaynağı		
		EPT	HPT	PPT
Renk	0 (Kontrol)	4.25±0.75 ^{aA}	4.25±0.75 ^{bA}	4.25±0.75 ^{aA}
	5	4.00±0.74 ^{aA}	4.08±0.99 ^{bA}	4.50±0.67 ^{aA}
	10	3.92±0.79 ^{aA}	4.08±0.67 ^{bAB}	4.58±0.51 ^{aB}
	15	3.67±0.78 ^{aA}	3.33±0.65 ^{aA}	4.58±0.51 ^{aB}
Doku	0 (Kontrol)	4.00±0.60 ^{bA}	4.00±0.60 ^{bA}	4.00±0.60 ^{abA}
	5	4.08±0.51 ^{bB}	3.17±0.58 ^{aA}	4.17±0.58 ^{bB}
	10	3.92±0.79 ^{bA}	3.33±0.78 ^{aA}	3.67±0.65 ^{abA}
	15	3.17±0.58 ^{aA}	3.17±0.72 ^{aA}	3.42±0.90 ^{aA}
Görünüş	0 (Kontrol)	4.17±0.72 ^{abA}	4.17±0.72 ^{aA}	4.17±0.72 ^{aA}
	5	4.33±0.49 ^{bAB}	4.00±0.60 ^{aA}	4.67±0.49 ^{aB}
	10	4.08±0.51 ^{abA}	4.00±0.60 ^{aA}	4.33±0.65 ^{aA}
	15	3.67±0.78 ^{aB}	3.58±0.79 ^{aA}	4.50±0.52 ^{aB}
Lezzet	0 (Kontrol)	4.25±0.75 ^{aA}	4.25±0.75 ^{bA}	4.25±0.75 ^{abA}
	5	4.17±0.72 ^{aB}	2.92±0.79 ^{aA}	4.50±0.52 ^{bB}
	10	3.83±0.72 ^{aB}	2.67±0.98 ^{aA}	4.25±0.62 ^{abB}
	15	3.67±0.78 ^{aB}	2.58±0.79 ^{aA}	3.83±0.58 ^{aB}
Genel beğeni	0 (Kontrol)	4.25±0.75 ^{bA}	4.25±0.75 ^{cA}	4.25±0.75 ^{aA}
	5	4.17±0.58 ^{bB}	3.50±0.52 ^{bA}	4.67±0.49 ^{aC}
	10	3.92±0.51 ^{abB}	3.17±0.72 ^{abA}	4.33±0.65 ^{aB}
	15	3.58±0.51 ^{aB}	2.83±0.83 ^{aA}	4.17±0.58 ^{aC}

Aynı sütunda farklı harfi (a, b, c, d) olan ortalamalar ile aynı satırda farklı harfi (A, B, C) olan ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Glutensiz kek örneklerinin doku değerlendirmesinde elma posası tozunun %0, 5 ve 10 oranlarında kullanıldıkları kekler arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ve %15 oranında elma posası tozu içeren kek diğerlerinden daha düşük beğeniye sahiptir ($p<0.05$). Havuç posası tozunun %5, 10, 15 oranlarında kullanıldığı glutensiz kekler dokuları bakımından kontrol kekine göre istatistiksel olarak daha az beğenilmiştir ($p<0.05$). Ancak kendi aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Portakal posası tozunun %5, 10, 15 oranlarında kullanıldığı kekler kendi aralarında ve kontrol keki ile aralarında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları karşılaştırıldığında, yalnızca %5 oranında diyet lifi kaynağı kullanımında istatistiksel açıdan önemli bir

fark bulunmaktadır ($p<0.05$). Kek dokusu bakımından %5 elma ve portakal kullanılan kekler %5 havuç kullanılan keke göre daha fazla beğenilmiştir.

Glutensiz kek örnekleri görünüş bakımından değerlendirildiğinde, elma posası tozunun %5 ve % 15 oranında kullanıldığı kekler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmakta olup kontrol keki ve %10 oranında elma posası tozu kullanılan keklerin diğer keklerle arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır ($p<0.05$). Havuç ve portakal posası tozu kullanılan keklerde ise diyet lifi kaynağı kullanımının ve kullanım oranının görünüş üzerine istatistiksel açıdan önemli bir etkisi bulunmamaktadır ($p<0.05$). Diyet lifi kaynağının %5 oranında eklenmesi durumunda portakal posası tozu kullanımı havuç posası tozuna göre istatistiksel açıdan daha yüksek bir beğeni elde etmiş, %15 oranında eklenmesi durumunda ise elma ve portakal posası tozları kullanımı havuç posası tozuna göre istatistiksel açıdan daha yüksek bir beğeni elde etmiştir ($p<0.05$).

Glutensiz kek örnekleri lezzet bakımından değerlendirildiğinde, elma ve portakal posası tozlarının kullanımı keklerin lezzetini istatistiksel olarak önemli ölçüde etkilememiş olup, havuç posası tozu kullanımı glutensiz kekin lezzetini istatistiksel olarak önemli düzeyde düşürmüştür ($p<0.05$). Diyet lifi kullanım oranlarının değişimi %5 ve %15 portakal lifi dışında kekler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark yaratmamıştır ($p<0.05$). Aynı oranda kullanılan farklı diyet lifi kaynakları karşılaştırıldığında ise %5, 10 ve 15 oranları için havuç posası tozu kullanılan kekler lezzet bakımından elma ve portakal posası tozu kullanılan keklere göre istatistiksel olarak daha az beğenilmiştir ($p<0.05$).

Glutensiz kek örnekleri genel beğeni bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek değerlerin portakal posası tozu kullanılan keklere ait olduğu görülmekle birlikte portakal posası tozu kullanım oranının genel beğeni üzerine istatistiksel olarak önemli ölçüde etkisi bulunmamaktadır ($p<0.05$). Elma posası tozunun %15, havuç posası tozununsa %5, 10, 15 oranlarında kullanımı kontrol kekine göre genel beğeniye istatistiksel olarak önemli ölçüde düşürmektedir ($p<0.05$). %5 ve %15 oranlarında portakal posası tozu kullanılan kekler, aynı oranlarda elma ve havuç posası tozu kullanılan keklere göre, %10 elma ve portakal posası tozu kullanılan

kekler ise aynı oranda havuç posası tozu kullanılan keke göre istatistiksel olarak önemli düzeyde daha çok beğenilmiştir ($p<0.05$).

Keklere ilave edilen farklı diyet lifi kaynaklarının ve bu kaynakların kullanım oranlarının keklerin renk, doku, lezzet, görünüş ve genel beğeni özellikleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

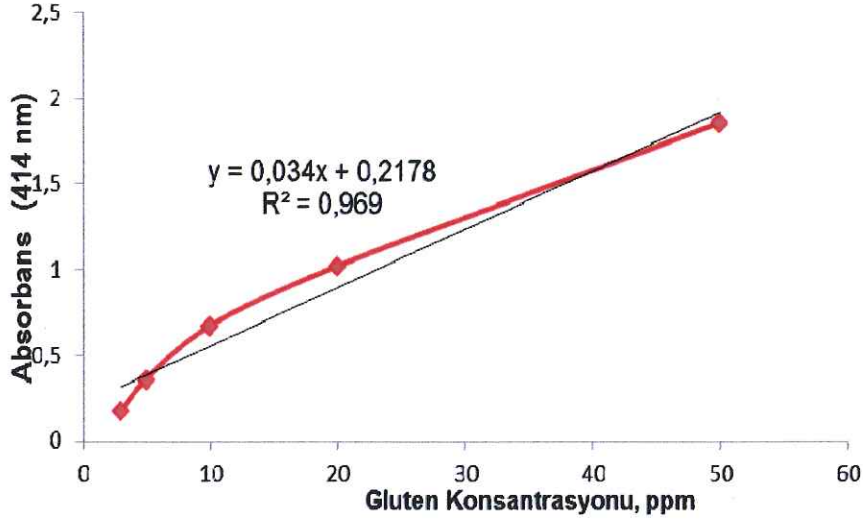
Yapılan duyuşal değerlendirme sonuçlarına göre panelistler tarafından genel anlamda en beğenilen kekler kontrol keki ile %5 oranında diyet lifi kaynağı içeren keklerdir. Bunların arasından en beğenileni ise %5 portakal posası tozu içeren glutensiz kek olmuştur. Tüketicinin en tercih etmediği kek ise %15 havuç posası içeren kektir. Bunun sebebinin ise havuçta hasat, taşıma ve depolama sırasında meydana gelen, eugenin, gazarin, falcarinol gibi istenmeyen acı tat bileşenlerinden kaynaklandığı düşünölmektedir (Czepa and Hoffmann, 2003).

Ayadi et al. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, diyet lifi kaynağı (*Opuntia ficus indica*) tozu kek hamuruna %5, 10, 15, 20 oranlarında ilave edilmiş ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda diyet lifi kaynağının %5 oranında kullanılmasıyla duyuşal değerlerde maksimum seviyeye ulaşılmış, artan oranlarda kullanılması toplam kabul edilebilirliği olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Yağı azaltılmış muffinlere şeftali diyet lifi ilavesinin fiziksel özelliklere ve kabul edilebilirliğe etkisinin incelendiği bir çalışmada bileşime %2, 3, 4, 5 ve 10 oranında şeftali lifi ilave edilmiştir. %0-4 arası diyet lifi ilavesinde duyuşal özelliklerde bir değişiklik olmadığı ancak daha yüksek oranlarda diyet lifi içeren muffinlerin tüketiciler tarafından kabul edilmediği belirtilmiştir (Grigelmo-Miguel et al., 2001).

Bu tez çalışmasında tüketiciler tarafından en çok %5 oranında diyet lifi kaynağı içeren keklerin beğenildiği görölmüştür. Daha yüksek oranlarda diyet lifi kaynağı kullanıldığında ürünün kabul edilebilirliği azalmaktadır. Ancak portakal posası tozunun %10 ve 15 oranında kullanımının da tüketici kabulünü etkilemediği görölmektedir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde portakal posası tozu kullanılarak daha yüksek diyet lifi içeriğine sahip ve kabul edilebilirliği yüksek glutensiz kekler üretilebileceği anlaşılmaktadır.

4.3.8. Gluten analizi

Tez kapsamında üretilen kek örneklerinin gluten içeriklerinin belirlenmesi amacıyla farklı konsantrasyonlarda gluten içeren standartlar kullanılarak Şekil 4.20'de verilen absorbans eğrisi elde edilmiştir.



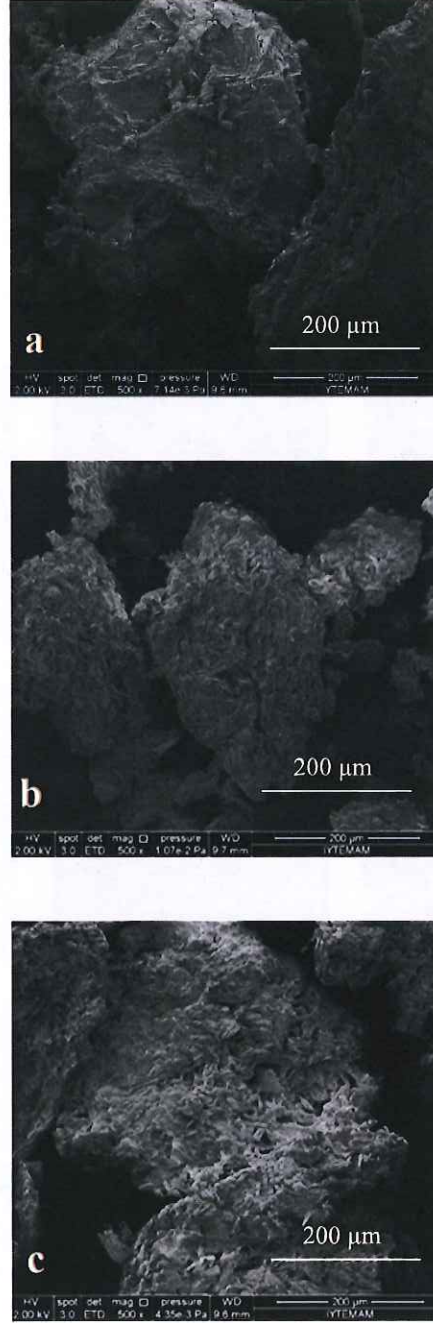
Şekil 4.20 Gluten analizi için elde edilen absorbans grafiği

Gerçekleştirilen gluten analizi sonucunda kek örneklerinin gluten içeriklerinin 3 ppm değerinin altında olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, kek üretiminde kullanılan bileşenlerin gluten içermediklerini ve üretim ve analizler sırasında gluten kontaminasyonunun olmadığını (veya kontaminasyonun 3 ppm den düşük olduğunu) göstermektedir.

4.4. Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM)

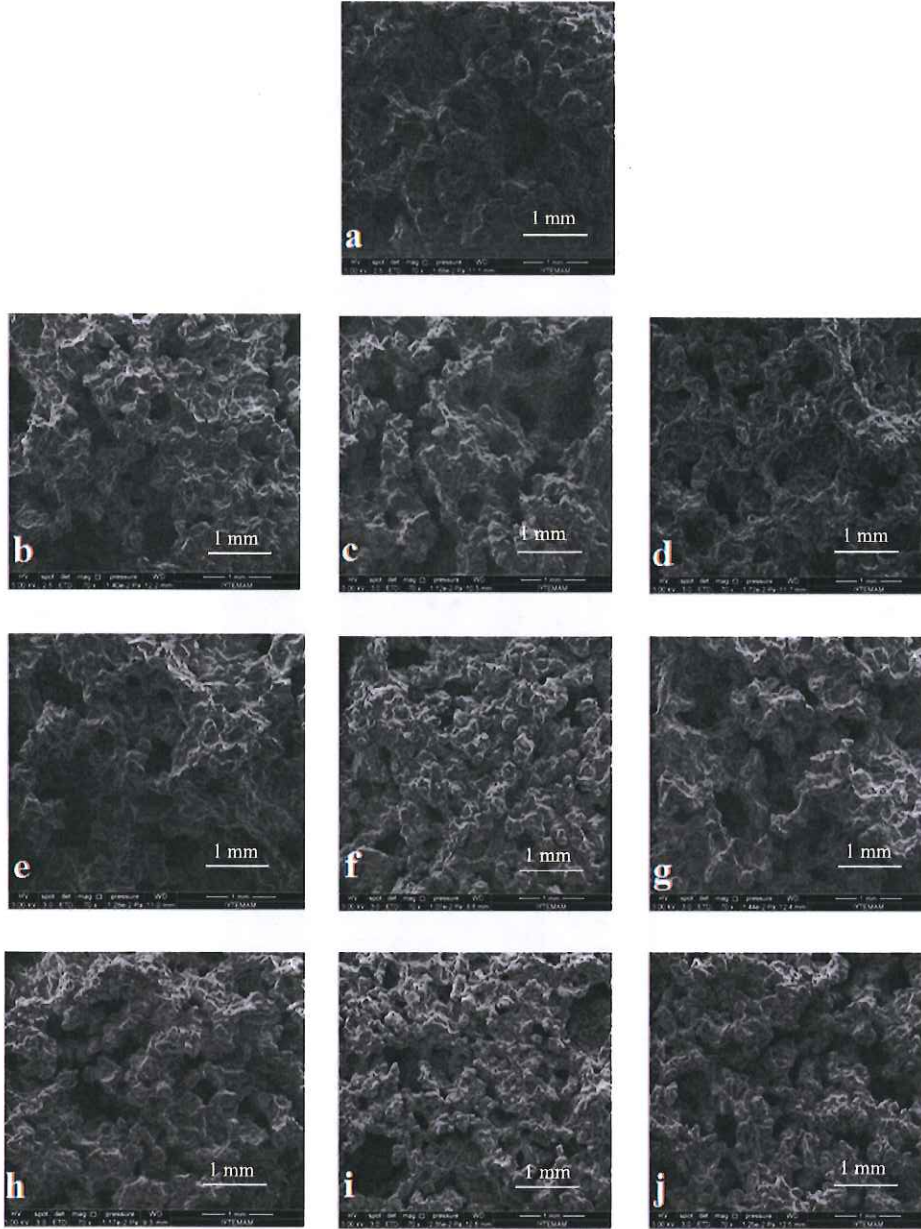
Taramalı elektron mikroskopisi (SEM) maddelerin makro ve mikro yapısının yüksek çözünürlükte görüntülenebilmesini sağlamaktadır. Elma, havuç ve portakal posası tozlarına ait x500 oranında büyütülmüş mikrograflar Şekil 4.21'de verilmiştir. PPT, (c) daha düzenli bir dağılıma sahip iken EPT (a) ve HPT (b) düzensiz partikül dağılımına sahiptir. Ayrıca bütün posa tozları pürüzsüz ve oval partiküllerden çok kaba ve pürüzlü partiküller içermektedir. Kaba ve düzensiz yapıya sahip materyallerin daha fazla su tutma yeteneğine sahip olup

formülasyondaki suyu daha kolay absorbladıkları bilinmektedir (Aguado, 2010). PPT'na ait mikrografların daha düzenli ve homojen yapıda olması bu toz ürünle hazırlanan glutensiz keklerin daha üstün kalite özelliklerine sahip olmasını destekler niteliktedir.



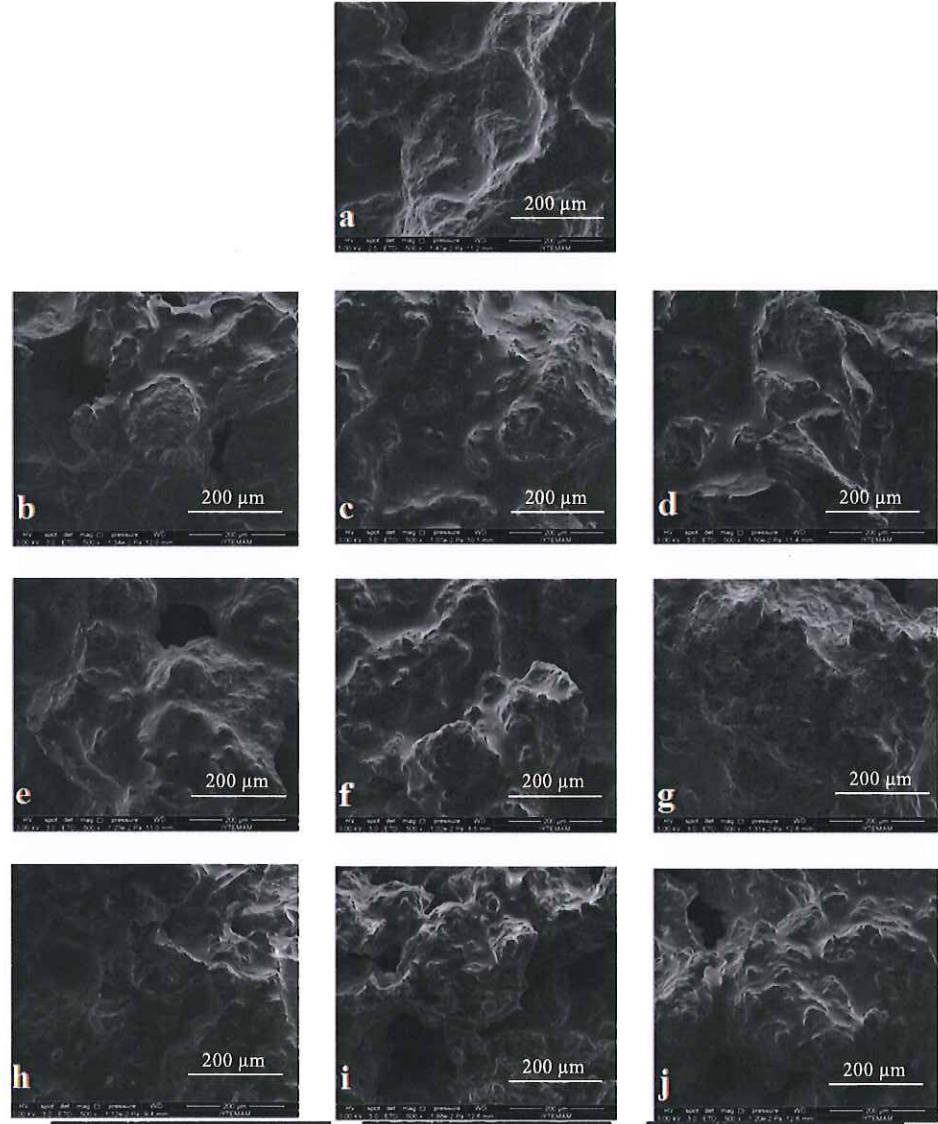
Şekil 4.21 Elma, havuç ve portakal posası tozlarına ait SEM mikrografları (a, EPT; b, HPT; c, PPT örneklerinin x500 oranında büyütülmüş halidir).

Glutensiz keklerde yapılan SEM analizi kek içinin makro ve mikro yapısı hakkında bilgi vermektedir. Farklı oranlarda elma, havuç ve portakal posası tozu kullanılarak üretilen glutensiz kekler ve bunların hiçbirinin kullanılmadığı kontrol kekinin makro yapısını gösteren kek içinin x70 ve x500 oranında büyütülmesiyle elde edilen SEM mikrografları sırasıyla Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'de verilmiştir.



Şekil 4.22 Glutensiz kek örneklerine ait SEM mikrografları (a, kontrol; b,c ve d sırasıyla %5 EPT, HPT, PPT; e, f ve g sırasıyla %10 EPT, HPT, PPT; h, i ve j sırasıyla %15 EPT, HPT, PPT içeren glutensiz kek içlerinin x70 oranında büyütülmüş halidir.)

Şekil 4.22’de verilen SEM mikrograflarında kontrol keki ile posa tozu kullanılarak hazırlanan kekler arasında fazla bir fark görülmemekle birlikte keklerin porozitesinin posa tozu kullanım oranının artmasıyla birlikte azaldığını gösterir niteliktedir. %10 ve %15 oranında lif kaynağı içeren keklerle ait mikrografların daha sıkı veya yoğun yapıda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.23 Gluteniz kek örneklerine ait SEM mikrografları (a, kontrol; b,c ve d sırasıyla %5 EPT, HPT, PPT; e, f ve g sırasıyla %10 EPT, HPT, PPT; h, i ve j sırasıyla %15 EPT, HPT, PPT içeren gluteniz kek içlerinin x500 oranında büyütülmüş halidir.

Şekil 4.23’de verilen ve kek örneklerinin x500 oranında büyütülmesiyle elde edilen mikrograflar incelendiğinde ise %15 HPT eklenerek üretilen kekin kaba ve sıkı bir partikül yapısına sahip olduğu EPT ve PPT ile hazırlanan keklere ait görüntülerin ise daha pürüzsüz yapıya sahip olduğu görülmektedir. Bu örnekler ait görüntüleri kıyaslamak güç olmakla birlikte %5 PPT ile hazırlanan kekin en iyi görünüme sahip olduğu ve kontrol keki ile benzerlik gösterdiği söylenebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elma, havuç ve portakal posalarından elde edilmiş yüksek diyet lifi içeriğine sahip toz ürünlerin glutensiz keke farklı oranlarda eklenmesinin hamur reolojisi ve kek kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmada elde edilen başlıca sonuçlar, aşağıda maddeler halinde sunulmuştur:

1. Elma, havuç ve portakal posaları kurutulup öğütülmesiyle yüksek diyet lifi içeriğine sahip (sırasıyla kuru temelde %64.84, 83.91, 82.22) elma posası tozu (EPT), havuç posası tozu (HPT) ve portakal posası tozu (PPT) üretilmiştir.
2. Kontrol keki hamuru ve posa tozları kullanılarak hazırlanan kek hamurlarının tümünün kayma kuvvetiyle incelen (psödoplastik) özellik gösterdiği tespit edilmiştir.
3. Doğrusal viskoelastik bölgede elde edilen mekanik spektrumlarında ise elastik modülüs viskoz modülünden büyük olup tüm kek hamurları yumuşak jel özelliğine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.
4. Elde edilen akış davranışı ve viskoelastik davranış verileri en iyi şekilde Üssel modele uyum gösterdiği saptanmıştır.
5. Posa tozlarının artan oranlarda kullanımıyla görünür viskozite, elastik modülüs (G') ve viskoz modülüs (G'') değerinin de arttığı belirlenmiştir.
6. Posa tozlarının artan oranlarda kullanımının %5 PPT kullanılarak hazırlanan kek hamuru dışındaki kek hamurlarında özgül ağırlığı arttırdığı tespit edilmiştir.
7. Posa tozlarının artan oranlarda kullanımının kek hacminin düşmesine, sertlik değerinin ise artmasına neden olduğu belirlenmiştir. Ancak %5 PPT kullanılarak hazırlanan kek kontrol kekine eşdeğer hacim indeksi, özgül hacim, porozite ve sertlik değerine sahiptir.
8. Kek kabuğu ve kek içinde gerçekleştirilen renk analizleri posa tozu kullanımıyla kek kabuğunda L^* (parlaklık) değerinin azaldığını, kek içinde ise EPT kullanıldığında azalan L^* değerinin HPT ve PPT kullanıldığında artış gösterdiği tespit edilmiştir.
9. Diyet lifi kaynağı kullanımıyla keklerin kül içeriklerinde artış, nem ve protein içeriklerinde ise azalma meydana geldiği saptanmıştır.

10. Kek örneklerinin duyuşal özellikleri renk, doku, görünüş, lezzet ve genel beğeni bakımından değerlendirilmiş, %5 oranında PPT kullanılarak hazırlanan kek örneklerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiğı tespit edilmiştir.

Yapılan tez çalışmasında portakal posası tozu kullanılarak daha yüksek lif içeriğine sahip yüksek kalite ve duyuşal özellikte glutensiz kek üretilebileceğı tespit edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda formülasyonların yeniden düzenlenmesi ya da kaliteyi geliştirebilecek yeni bileşenlerin formülasyonlara ilave edilmesi yoluyla kalite kaybına neden olmadan lif içeriğinin arttırılması yönünde araştırmalar yapılabilir. Bu formülasyonlar üzerine bir optimizasyon çalışması yapılarak en uygun kombinasyonlar belirlenebilir. Literatürde meyve sebze liflerinin fırın ürünlerinde kullanımını üzerine yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, farklı meyve sebze liflerinin diyet lifi kaynağı olarak kullanım potansiyellerinin yapılacak yeni çalışmalarla ortaya konması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- AACC**, 1996, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Method 32-05, 44-19, 9th ed., St. Paul, Minesota.
- AACC**, 2000, Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, Method 10-91, 10th ed., St. Paul, Minnesota.
- AOAC**, 1991, Official Methods for Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Method 991.19, Arlington, VA.
- AOAC**, 2000, Official Methods for Analysis, 17th ed., Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA.
- Ajila, C. M., Leelavathi, K. and Prasada Rao, U. J. S.**, 2008, Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder, *Journal of Cereal Science*, 48: 319-326p.
- Al-Sayed Hanan, M. A. and Ahmed, A. R.**, 2013, Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake, *Annals of Agricultural Science*, 58(1): 83-95p.
- Anderson, J. W., Baird, P., Davis, Jr R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V. and Williams, C. L.**, 2009, Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews* 67(4): 188-205p.
- Andersson, H., Öhgren, C., Johansson, D., Kniola, M. and Stading, M.**, 2011, Extensional flow, viscoelasticity and baking performance of gluten-free zein-starch doughs supplemented with hydrocolloids, *Food Hydrocolloids*, 25(6): 1587-1595p.
- Angioloni, A. and Collar, C.**, 2009, Small and large deformation viscoelastic behaviour of selected fibre blends with gelling properties, *Food Hydrocolloids* 23: 742-748p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Angioloni, A. and Collar, C.**, 2011, Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads, *LWT – Food Science and Technology*, 44: 747-758p.
- Anton, A. A., Lukow, O. M., Fulcher, R. G. and Arntfield, S. D.**, 2009, Shelf stability and sensory properties of flour tortillas fortified with pinto bean (*Phaseolus vulgaris L.*) flour: effects of hydrocolloid addition. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 23-29p.
- Arendt, E. K., O'Brien, C. M., Schober, T., Gormley, T. R., and Gallagher, E.**, 2002, Development of gluten-free cereal products, *Farm and Food*, 12: 21-27p
- Ayadi, M. A., Abdelmaksoud, W., Ennouri, M. and Attia, H.**, 2009, Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: Effect on dough characteristics and cake making, *Industrial Crops and Products*, 30: 40-47p.
- Bach Knudsen, K. E.**, 2001, The nutritional significance of “dietary fibre” analysis, *Animal Feed Science and Technology*, 90: 3-20p.
- Baik, O. D., Marcotte, M. and Castaigne, F.**, 2000, Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens Part II. evaluation of quality parameters, *Food Research International*, 33: 599-607p.
- Baixaulli, R., Sanz, T., Salvador, A. and Fiszman, S. M.**, 2008, Muffins with resistant starch: Baking performance in relation to the rheological properties of the batter, *Journal of Cereal Science*, 47: 502-509p.
- Bchir, B., Rabetafika, H. N., Paquot, M. and Blecker, C.**, 2013, Effect of pear, apple and date fibres from cooked fruit by-products on dough performance and bread quality, *Food Bioprocess Technology*, 7(4): 1114-1127p.
- Bennion, E. B. and Bamford, G. S. T.**, 1997, *The Technology of Cake Making*, Blackie Academic and Professional, London, UK, 413p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş. and Herken, E. N.,** 2007, Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies, *Journal of Food Engineering*, 78: 86-89p.
- Blanco, C. A., Ronda, F., Perez, B. and Pando, V.,** 2011, Improving gluten-free bread quality by enrichment with acidic food additives, *Food Chemistry*, 127: 1204-1209p.
- Borchani, C., Massoudi, M., Besbes, S., Attia, H., Deroanne, C. and Blecker, C.,** 2011, Effect of date flesh fiber concentrate addition on dough performance and bread quality, *Journal of Texture Studies*, 42: 300-308p.
- Breckon, D. N., Garrison, S. J. and Gee, D. L.,** 2008, A gluten-free flour mix is a successful substitute with the addition of xanthan gum in a yellow cake, *Journal of the American Dietetic Association*, 103(9): 207p.
- Brownlee, I. A.,** 2011, The physiological roles of dietary fibre, *Food Hydrocolloids*, 25: 238-250p.
- Casterline, J. L. and Ku, Y.,** 1993, Binding of zinc to apple fiber, wheat bran, and fiber components, *Journal of Food Science*, 58(2): 365-368p.
- Catassi, C., Fabiani, E., Iacono, G., D'Agate, C., Francavilla, R., Biagi, F., Volta, U., Accomando, S., Picarelli, A., De Vitis, I., Pianelli, G., Gesuita, R., Carle, F., Mandolesi, A., Bearzi, I. and Fasano, A.,** 2007, A prospective, double-blind, placebo-controlled trial to establish a safe gluten threshold for patients with celiac disease, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85: 160-166p.
- Chantaro, P., Devahastin, S. and Chiewchan, N.,** 2008, Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels, *LWT - Food Science and Technology*, 41: 1987-1994p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chesterton, A. K. S., Meza, B. E., Moggridge, G. D., Sadd, P. A. and Wilson, D. I.**, 2011, Rheological characterisation of cake batters generated by planetary mixing: elastic versus viscous effects, *Journal of Food Engineering*, 105: 332-342p.
- Chong, C., Emenaker, N., Indorato, D., Jones, J. M., Franlmann, C., Magnuson, L., Meddles, J. A. and Pahl, A.**, 2002, Position of the american dietetic association: health implications of dietary fiber. *Journal of American Dietetic Association*, 102(7): 993-1000p.
- Cielitira, P. J., Ellis, H. J. and Lundin, K. E. A.**, 2005, Gluten-free diet – what is toxic?, *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 19:3, 359-371p.
- Cloke, J. D., Davis, E.A. and Gordon, J.**, 1984, Volume measurements calculated by several methods using crass-sectional tracings of cake, *Cereal Chemistry*, 61 (4): 375-377p.
- Codex Alimentarius Commission**, 2008, Codex standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, 118-1979p.
- Corsetti, A. and Settanni, L.**, 2007, Lactobacilli in sourdough fermentation, *Food Research International*, 40: 539-558p.
- Crockett, R., Ie, P. and Vodovotz Y.**, 2011, Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread, *Food Chemistry*, 129: 84-91p.
- Czepa, A. and Hofmann, T.**, 2003, Structural and sensory characterization of compounds contributing to the bitter off-taste of carrots (*Daucus carota* L.) and carrot puree, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 3865-3873p.
- Çelik, İ., Yılmaz, Y., Işık, F. and Üstün, Ö.**, 2007, Effect of soapwort extract on physical and sensory properties of sponge cakes and rheological properties of sponge cake batters, *Food Chemistry*, 101: 907-911p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin S.,** 2010, Rheological properties of gluten-free bread formulations, *Journal of Food Engineering*, 96: 295-303p.
- Denery- Papini, S., Nicolas, Y. and Popineau, Y.,** 1999, Efficiency and limitations of immunochemical assays for the testing of gluten-free foods, *Journal of Cereal Science*, 30: 121–131p.
- Dizlek, H., Özer, M.S. ve Gül, H.,** 2008, Keklerin yapısal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan ölçütler, Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum.
- Dülger, D. and Şahan, Y.,** 2011, Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 147-157p.
- Eim, V. S., Simal, S., Rossello, C. and Femenia, A.,** 2008, Effects of addition of carrot dietary fibre on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada), *Meat Science*, 80: 173-182p.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. and Attia, H.,** 2011, Dietary fibre and fibre-rich by products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review, *Food Chemistry*, 124: 411-421p.
- Ergün, K.,** 2012, Dondurularak kurutulmuş kivi püresi tozu kullanılarak hazırlanan keklerde pişirme yöntemi ve formülasyonun kalite kriterlerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 100s.
- FAO,** 2003, Food energy – Methods of analysis and conversion factors, *Food and Nutrition*, Rome, Italy/Washington DC. USA, 77p.
- Farrell, R. Y., and Kelly, C. P.,** 2001. Celiac sprue. *The American Journal of Gastroenterology*, 96(12): 3237-3246p.
- FDA,** 2007, Approximate pH of foods and food products, 21 CFR 114.90., Washington DC.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Fernandez-Gines, J. M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., and Perez-Alvarez, J. A.**, 2003, Effects of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber, *Journal of Food Science*, 68(2): 710-715p.
- Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estevez, A. M., Chiffelle, I. and Asenjo, F.**, 2005, Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment, *Food Chemistry* 91: 395- 401p.
- Gallagher, E., Gormley, T. R. and Arendt E. K.**, 2004, Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products, *Trends in Food Science and Technology*, 15: 143-152p.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı**, 2012, Türk gıda kodeksi gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalar tebliği, Tebliğ No: 2012/4.
- Gobbetti, M., Rizzello, C. G., Cagno, R. and Angelis, M.**, 2007, Sourdough lactobacilli and celiac disease, *Food Microbiology*, 24: 187-196p.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K. and Delcour, J. A.**, 2005, Wheat flour constituents: how they impact bread quality and how to impact their functionality, *Trends in Food Science & Technology* 16: 12-30p.
- Gomez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A. and Apestegua, A.**, 2003, Effect of dietary fiber on dough rheology and bread quality, *European Food Research and Technology*, 216: 51-56p.
- Gomez, M., Manchon, L., Oiette, B., Ruiz, E. and Caballero, P. A.**, 2010, Adequacy of wholegrain non-wheat flours for layer cake elaboration, *LWT – Food Science and Technology*, 43: 507-513p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gorinstein, S., Zachwieja, Z., Folta, M., Barton, H., Piotrowicz, J., Zember, M., Weisz, M., Trakhtenberg, S. and Martin-Belloso, O., 2001,** Comparative content of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 952-957p.
- Grehn, S., Fridell, K., Lilliecreutz, M. and Hallert, C., 2001,** Dietary habits of Swedish adult coeliac patients treated by a gluten-free diet for 10 years, *Scandinavian Journal of Nutrition/Naringsforskning*, 45: 178-182p.
- Grigelmo-Miguel, N. and Martin-Belloso, O., 1999a,** Characterization of dietary fiber from orange juice extraction, *Food Research International*, 52 (5): 355-361p.
- Grigelmo-Miguel, N., Gorinstein, S. and Martin-Belloso, O., 1999b,** Characterisation of peach dietary fibre concentrate as a food ingredient, *Food Chemistry*, 65: 175-181p.
- Grigelmo-Miguel, N. Carreras-Boladeras, E. and Martin-Belloso, O., 2001,** Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins, *Food Science and Technology International*, 7: 425p.
- Guillon, F. and Champ, M., 2000,** Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology, *Food Research International*, 33: 233-245p.
- Gujral, H. S., Haros, M. and Rosell, C. M., 2004,** Improving the texture and delaying staling in rice flour chapati with hydrocolloids and α -amylase, *Journal of Food Engineering*, 65: 89-94p.
- Gularte, M. A., Hera, E., Gomez, M. and Rosell, C. M., 2012a,** Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties, *Food Science and Technology*, 48: 209-214p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gularte, M. A., Gomez, M. and Rosell, C. M.,** 2012b, Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes, *Food Bioprocess Technology*, 5(8): 3142-3150p.
- Gül, H.,** 2007, Mısır ve buğday kepeğinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 232s.
- Harris, P. J. and Ferguson, L. R.,** 1999, Dietary fibres may protect or enhance carcinogenesis, *Mutation Research*, 443: 95-110p.
- Huang, J. C., Knight, S., and Goad, C.,** 2001, Model prediction for sensory attributes of non-gluten pasta, *Journal of Food Quality*, 24: 495-511p.
- Hüttner, E. K. and Arendt, E. K.,** 2010, Recent advanced in gluten-free baking and the current status of oats, *Trends in Food Science and Technology*, 21: 303-312p.
- Kahlon, T. S., Chow, F. I., Hoefler, J. L. and Betschart, A. A.,** 2001, Effect of wheat bran fiber and bran particle size on fat and fiber digestibility and gastrointestinal tract measurements in the rat, *Cereal Chemistry*, 78(4): 481-484p.
- Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H. S., Lim, E. J., Imm, J. Y. and Suh, H. J.,** 2012, Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*, *LWT – Food Science and Technology*, 47: 478-484p.
- Kim, Y., and Yokoyama, W. H.,** 2010, Physical and sensory properties of all-barley and all-oat breads with additional hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) b-glucan, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 741-746p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Köksel, H. F., Sumnu, G., Sahin, S. and Basman, A.,** 2008, The effects of xanthan gum on pasting properties of starch in gluten-free cakes baked in microwave-infrared combination oven, CIGR - International Conference of Agricultural Engineering, Brazil.
- Köksel, H. F.,** 2009, Effects of Xanthan and Guar Gums on Quality and Staling of Gluten Free Cakes Baked in Microwave-Infrared Combination Oven, Master of Science Thesis, METU Science Pure and Applied Science, 146p.
- Ktenioundaki, A. and Gallagher, E.,** 2012, Recent advances in the development of high-fibre baked products, *Trends in Food Science and Technology*, 28: 4-14p.
- Larrauri, J. A.,** 1999, New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruits by-products. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 3-8p.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papegeorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G.,** 2007, Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations, *Journal of Food Engineering*, 79: 1033-1047p.
- Lebesi, D. M. and Tzia, C.,** 2011, Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes, *Food Bioprocess Technology*, 4: 710-722p.
- Lebesi, D. M., Tzia, C.,** 2012, Use of endoxylanase treated cereal brans for development of dietary fiber enriched cakes, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 13: 207-214p.
- Levent, H. and Bilgiçli, N.,** 2011, Effect of gluten-free flours on physical properties of cakes, *Journal of Food Science and Engineering*, 1: 354-360p.
- Levi, F., Pasche, C., Lucchini, F., La Vecchia, C.,** 2001, Dietary fibre and risk of colorectal cancer, *European Journal of Cancer*, 37: 2091-2096p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Logan, A. C.**, 2006, Dietary fiber, mood, and behavior, *Nutrition*, 22: 213-214p.
- Lu, T. M., Lee, C. C., Mau, J. L. and Lin, S. D.**, 2010, Quatity and antioxidant property of green tea sponge cake, *Food Chemistry*, 119: 1090-1095p.
- Mahendran, T.**, 2010, Physico-chemical properties and sensory characteristics of dehydrated guava concentrate: Effect of drying method and maltodextrin concentration, *Tropical Agricultural Research and Extension*, 13(2).
- Marco, C. and Rosell, C. M.**, 2008, Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours, *Journal of Food Engineering*, 88: 94-103p.
- Marconi, E. and Careca, M.**, 2001, Pasta from nontraditional raw materials, *Cereal Foods World*, 46: 522-530p.
- Matos, M. E., Sanz, T. and Rosell, C. M.**, 2014, Establishing the function of proteins on rheological and quality properties of rice based gluten free muffins, *Food Hydrocolloids*, 35: 150-158p.
- Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M. A. and 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 Research International*, 42: 963-975p.
- Masoodi, F. A., Sharma, B. and Chauhan, G. S.**, 2002, Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes, *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 121-128p.
- McKee, L. H. and Latner, T. A.**, 2000, Underutilized sources of dietary fiber: a review, *Plant Food Human Nutrition*, 55: 285-304
- Moreira, R., Chenlo, F. and Torres, M. D.**, 2011, Effect of sodium chloride, sucrose and chestnut starch on rheological properties of chestnut flour doughs, *Food Hydrocolloids*, 25: 1041-1050p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nawirska, A. and Kwasniewska, M.**, 2005, Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste, *Food Chemistry* 91: 221–225p.
- Niba, L.**, 2012, Progress in fiber-enriched foods, *Food Technology-Chicago*, 11: 36-43p.
- Niewinski, M. M.**, 2008, Advances in celiac disease and gluten-free diet, *Journal of American Dietetic Association*, 108: 661-672p.
- Nunes, M. H. B., Moore, M. M., Ryan, L. A. M. and Arendt, E. K.**, 2009, Impact of emulsifiers on the quality and rheological properties of gluten-free breads and batters, *European Food Research and Technology*, 228: 633-642p.
- Oexova, L., Dovicovicova, L., Svec, M., Siekel P. and Kuchta, T.**, 2006, Detection of gluten-containing cereals in flours and “gluten-free” bakery products by polymerase chain reaction, *Food Control*, 17: 234-237p.
- Oliete, B., Perez, G. T., Gomez, M., Ribotta, P. D., Moiraghi, M. and Leon, A. E.** 2010, Use of wheat, triticale and rye flours in layer cake production, *International Journal of Food Science & Technology*, 45: 697–706p.
- Padalino, L., Mastromatteo, M., Lecce, L., Cozzolino, F. and Del Nobile, M. A.**, 2013, Manufacture and characterization of gluten-free spaghetti enriched with vegetable flour, *Journal of Cereal Science*, 57: 333-342p.
- Peraaho, M., Kaukinen, K., Paasikivi, K., Sievanen, H., Lohiniemi, S., Makiş, M. and Collin, P.**, 2003, Wheat-starch-based gluten-free products in the treatment of newly detected coeliac disease: prospective and randomized study, *Aliment Pharmacol Ther*, 17: 587-594p.
- Peressini, D., Pin, M. and Sensidoni, A.**, 2011, Rheology and breadmaking performance rice-buckwheat batters supplemented with hydrocolloids, *Food Hydrocolloids*, 25: 340-349p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Prakash, S., Jha, S. K. and Datta, N.,** 2004, Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers, *Journal of Food Engineering*, 62: 305-313p.
- Preichardt, L. D., Vendruscolo, C. T., Gularte, M. A. and Moreira, A. S.,** 2011, The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients, *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 2591-2597p.
- Pylar, E. J.,** 1988, *Baking Science And Technology*, Sosland Publishing Company, Kansas, ABD, 1323p.
- Rahaie, S., Gharibzahedi, S. M. T., Razavi, S. H. and Jafari, S. M.,** 2012, Recent developments on new formulations based on nutrient-dense ingredients for the production of healthy-functional bread: a review, *Journal of Food Science and Technology*, 51(11): 2896-2906p.
- Ranjbar, S., Movahhed, S., Nematti, N. and Sokotifar, R.,** 2012, Evaluation of the effect of carboxy methyl cellulose on sensory properties of gluten-free cake, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 4(19): 3819-3821p.
- Roberfoid, M.,** 1993, Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 33: 103-148p.
- Rodriguez, R., Jimenez, A., Fernandez-Balanos, J., Guillen, R. and Heredia, A.,** 2006, Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 17: 3-15p.
- Ronda, F., Gomez, M., Caballero, P. A., Oliete, B. and Blanco, C. A.,** 2009, Improvement of quality of gluten-free layer cakes, *Food Science and Technology International*, 15: 193p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ronda, F., Oliete, B., Gomez, M., Caballero, P. A. and Pando, V., 2011,** Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources, *Journal of Food Engineering*, 102: 272-277p.
- Rosell, C. M., Santos, E. and Collar, C., 2006,** Mixing properties of fibre-enriched wheat bread doughs: a response surface methodology study, *European Food Research and Technology*, 223: 333-340p.
- Rupasinghe, H. P. V., Wang, L., Huber, G. M. and Pitts, N. L., 2008,** Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder, *Food Chemistry*, 107: 1217-1224p.
- Rupasinghe, H. P. V., Wang, L., Pitts, N. L. and Astatkie, T., 2009,** Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder, *Journal of Food Quality*, 32: 685-694p.
- Sabanis, D., Lebesi, D. and Tzia, C., 2009,** Effect of dietary fibre enrichment on selected properties of gluten-free bread, *LWT - Food Science and Technology*, 42: 1380-1389p.
- Sahi, S. S. and Alava, J. M., 2003,** Functionality of emulsifiers in sponge cake production, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1419-1429p.
- Sahin, S., 2008,** Cake batter rheology, 99-120, *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods*, Sumnu, S. G. and Sahin, S. (Eds.), CRC Press, 304s.
- Sahin, S. and Sumnu, S. G., 2006,** *Physical Properties of Foods*, Springer, Ankara, Turkey, 251p.
- Sakiyan, O., Sumnu, G., Sahin, S. and Bayram, G., 2004,** Influence of fat content and emulsifier type on the rheological properties of cake batter, *European Food Research and Technology*, 219: 635-638p
- Saldamh, İ., 2007,** Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 119-123s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Singh, M., Liu, S. X. and Vaughn, S. F.**, 2012, Effect of corn bran as dietary fiber addition on baking and sensory quality, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1: 348-352p.
- Song, K. W., Kim, Y. S. and Chang, G. S.**, 2006, Rheology of concentrated xanthan gum solution: Steady shear flow behaviour, *Fibers and Polymers*, 7(2): 129-138p.
- Stepniak, D. and Koning, F.**, 2006, Celiac disease-Sandwiched between innate and adaptive immunity, *Human Immunology* 67: 460-468p.
- Sudha, M. L., Baskaran, V. and Leelavathi, K.**, 2007, Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making, *Food Chemistry*, 104: 686-692p.
- Sugai, E., Nachman, F., Vaquez, H., Gonzales, A., Andrenacci, P., Czech, A., Niveloni, S., Mazure, R., Smecuol, E., Cabanne, A., Maurino, E. And Bai, J. C.**, 2010, Dynamics of celiac disease-specific serology after initiation of a gluten-free diet and use in the assessment of compliance with treatment, *Digestive and Liver Disease*, 42, 352-358p.
- Sumnu, G., Koksel, F., Sahin, S., Basman, A. and Meda, V.**, 2010, The effects of xanthan and guar gums on staling of gluten-free rice cakes baked in different ovens, *International Journal of Food Science and Technology*, 45: 87-93p.
- Thebaudin, J. Y., Lefebvre, A. C., Harrington, M. and Bourgeois, C.**, 1997, Dietary fibres: Nutritional and technological interest, *Trends in Food Science and Technology*, 8: 41-48p.
- Thompson, T.**, 2000, Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet, *Journal of the American Dietetic Association*, Nov.100 (11).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Thompson, J., Manore, M.**, 2005, Fiber, nutrition; an applied approach, *Publishing at Benjamin Cummings*, 1302 Sansome, St., San Francisco, p: 123-139p.
- Tseng, A. and Zhao, Y.**, 2013, Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing, *Food Chemistry*, 138: 356-365p.
- Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S.**, 2008a, Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend, *Food Hydrocolloids*, 22: 305-312p.
- Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S.**, 2008b, Optimization of baking of rice cakes in infrared-microwave combination oven by response surface methodology, *Food Bioprocess Technology*, 1: 64-73p.
- Turabi, E., Sumnu, G. and Sahin, S.**, 2010, Quantitative analyses of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens, *Food Hydrocolloids*, 24: 755-762p.
- Türksoy, S. ve Özkaya, B.**, 2006, Gluten ve çölyak hastalığı, Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu.
- Uylaşer, V. ve Başoğlu, F.**, 2004, Gıda Analizlerine Giriş Uygulama Kılavuzu, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama Kılavuzu No: 9, Bursa, 119s.
- Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J. and Li, J.**, 2002, Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking, *Food Chemistry* 77: 35-40p.
- Villanueva-Suarez, M. J., Redondo-Cuenca, A., Rodriguez-Sevilla, M. D., De Las Waldron, K. W. Parker, M. L. and Smith, A. C.**, 2003, Plant cell walls and food quality, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(4): 128-146p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, N., Bhirud, P. R., Sosulski, F. W., and Tyler, R. T.,** 1999, Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion, *Journal of Food Science*, 64: 671–678p.
- Wieser, H.,** 2007, Chemistry of gluten proteins, *Food Microbiology*, 24: 115-119p.
- Witczak, M., Korus, J., Ziobro, R. and Juszczak, L.,** 2010, The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread, *Journal of Food Engineering*, 96: 258-265p.
- Wolfe, K. E. and Liu, R. H.,** 2003, Apples peels as value-added food ingredient, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1676-1683p.
- Zhang, D. and Hamauzu, Y.,** 2004, Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots, *Food Agriculture and Environment*, 2: 95-100p.

EKLER

Ek 1 Duyusal Değerlendirme Formu

Ek 2 Doku Profil Analizi Grafik Örneği

Ek 3 Elma, Havuç ve Portakal Posası Tozlarına Ait Görseller

Ek 4 Pişirilen Kek Örneğine Ait Görseller

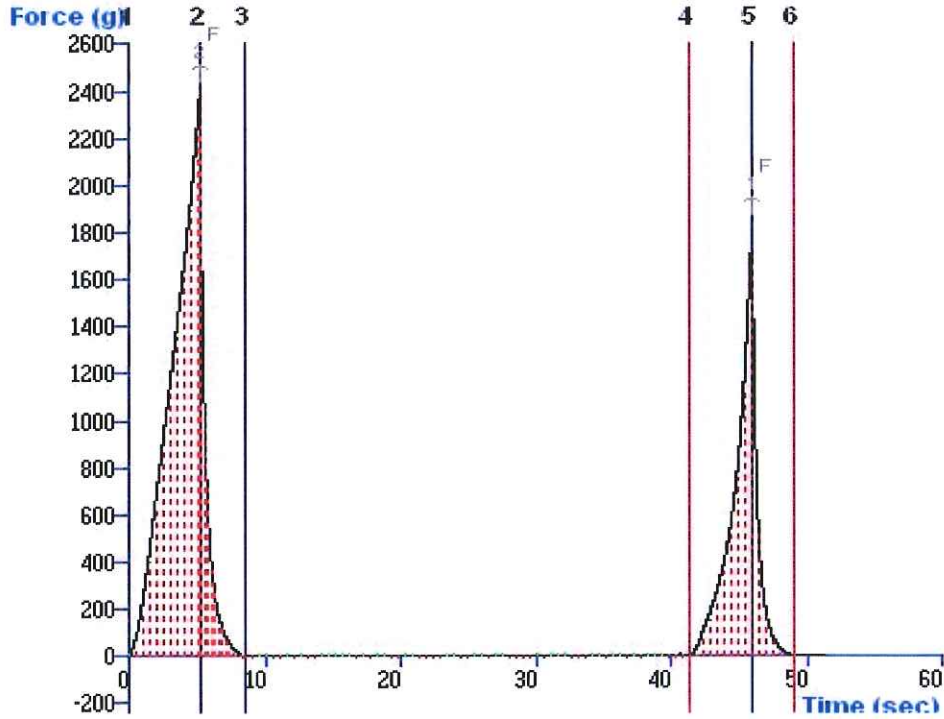
Ek 5 Kek Hamuru Reolojisi Üssel Modelle Açıklanmasına İlişkin Duncan Çoklu Test Sonuçları

Ek 6 Kek Hamuru Reolojisinin Casson Modelle Açıklanmasına İlişkin Duncan Çoklu Test Sonuçları

Ek 1 Duyusal Değerlendirme Formu

HEDONİK SKALA TESTİ					
Panelistin Adı Soyadı:					
Tarih:/...../.....			Saat:		
Ürün: Kek					
Açıklama: size verilen kodlanmış örnekleri kalite kriterleri açısından ayrı ayrı 5 puan üzerinden değerlendiriniz.					
1 = Çok Kötü	2 = Kötü	3 = Orta	4 = İyi	5 = Çok İyi	
Kalite Karakterleri	Örnek				
	524	389	168	651	275
Renk					
Doku					
Görünüş					
Lezzet					
Genel Beğeni					

Ek 2 Doku Profil Analizi Grafik Örneği



%15 oranında elma posası tozu içeren keke ait Doku Profil Analizi grafiği

Ek 3 Elma, Havuç ve Portakal Posası Tozlarına Ait Görseller



Elma posası tozu (EPT)

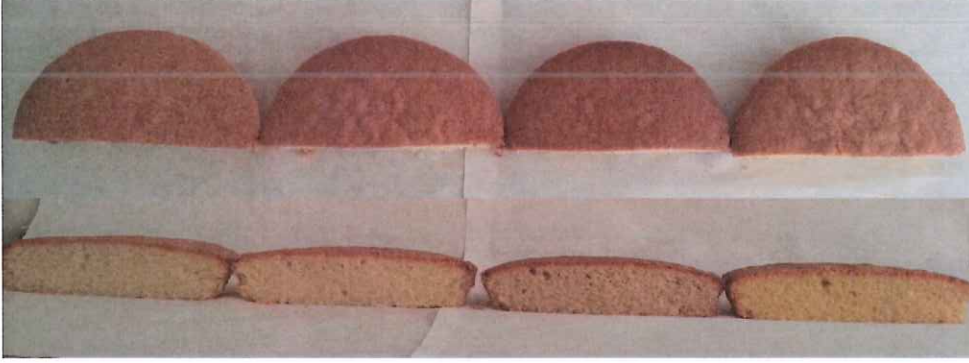


Havuç posası tozu (HPT)

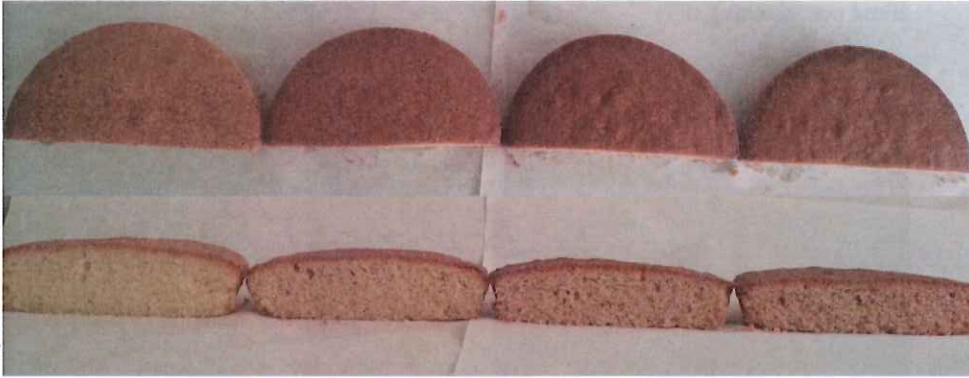


Portakal posası tozu (PPT)

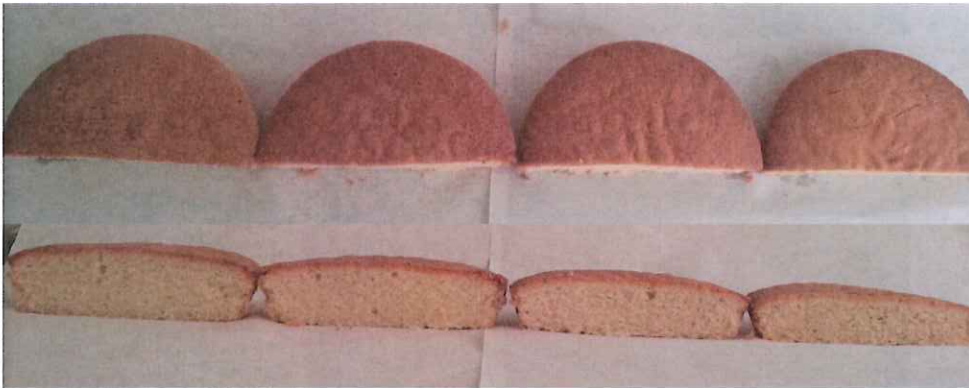
Ek 4 Pişirilen Kek Örneklerine Ait Görseller



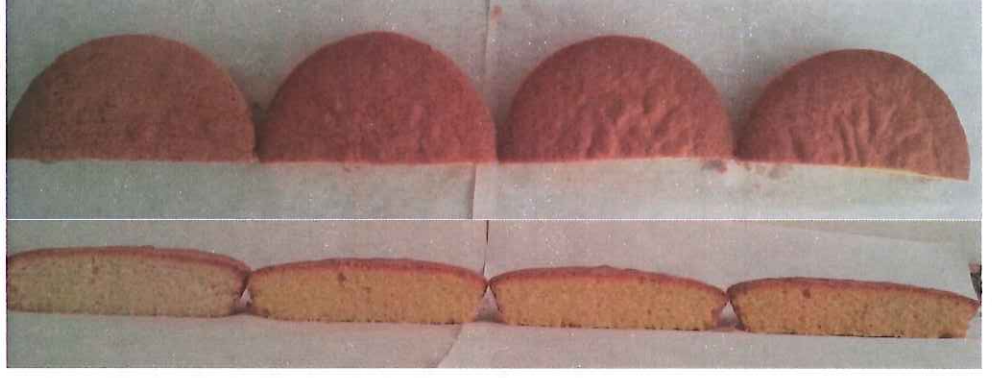
Soldan sağa doğru sırasıyla diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol keki (KK), %5 EPT içeren kek, %5 HPT içeren kek ve %5 PPT içeren keke ait üst yüzey ve dikey kesit görselleri



Soldan sağa doğru sırasıyla diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol keki (KK), %5 EPT içeren kek, %10 EPT içeren kek ve %15 EPT içeren keke ait üst yüzey ve dikey kesit görselleri



Soldan sağa doğru sırasıyla diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol keki (KK), %5 HPT içeren kek, %10 HPT içeren kek ve %15 HPT içeren keke ait üst yüzey ve dikey kesit görselleri



Soldan sağa doğru sırasıyla diyet lifi kaynağı içermeyen kontrol keki (KK), %5 PPT içeren kek, %10 PPT içeren kek ve %15 PPT içeren keke ait üst yüzey ve dikey kesit görselleri

Ek 5 Kek Hamuru Reolojisinin Üssel Modelle Açıklanmasına İlişkin Duncan Çoklu Test Sonuçları

Lif kaynağı	Kullanım oranı (%)	Akış Davranışı			Viskoelastik Davranış					
		K (Pa.s ⁿ)	n	G'_{oi} (Pa)	a	G''_{oi} (Pa)	b	$\tan(\delta)_{oi}$	c	
-	0	53.14±0.38 ^{aA}	0.47±0.01 ^{bA}	287.80±10.75 ^{aA}	0.21±0.01 ^{aA}	137.15±7.28 ^{aA}	0.34±0.01 ^{aA}	0.45±0.00 ^{aA}	0.16±0.01 ^{cA}	
	5	65.56±4.06 ^{aA}	0.41±0.00 ^{aA}	240.35±3.61 ^{aA}	0.28±0.01 ^{bcA}	149.55±1.63 ^{aA}	0.37±0.01 ^{aA}	0.61±0.00 ^{bA}	0.10±0.01 ^{bA}	
	10	88.77±2.77 ^{bA}	0.46±0.01 ^{bB}	353.60±86.83 ^{aA}	0.30±0.03 ^{cA}	237.90±33.80 ^{aA}	0.37±0.03 ^{aA}	0.67±0.07 ^{bB}	0.08±0.00 ^{aAB}	
EPT	15	176.10±13.01 ^{cA}	0.40±0.00 ^{aB}	1100.25±211.78 ^{bA}	0.24±0.02 ^{abA}	658.25±172.32 ^{bA}	0.31±0.04 ^{aA}	0.57±0.05 ^{abA}	0.10±0.00 ^{bB}	
	5	97.31±9.32 ^{abB}	0.48±0.02 ^{bB}	1074.25±150.97 ^{aB}	0.37±0.04 ^{cB}	555.10±51.90 ^{aB}	0.47±0.00 ^{cB}	0.51±0.12 ^{aA}	0.12±0.04 ^{abA}	
	10	214.55±16.90 ^{bB}	0.36±0.01 ^{aA}	6125.00±907.92 ^{aB}	0.29±0.02 ^{bA}	2861.50±181.73 ^{aC}	0.36±0.01 ^{bA}	0.47±0.04 ^{aA}	0.06±0.01 ^{aA}	
HPT	15	436.35±99.77 ^{cB}	0.38±0.01 ^{aAB}	21705.00±5550.78 ^{bB}	0.25±0.01 ^{abA}	7789.00±2145.36 ^{bB}	0.32±0.02 ^{cA}	0.36±0.01 ^{aA}	0.07±0.00 ^{aAB}	
	5	81.53±4.84 ^{abAB}	0.49±0.02 ^{bB}	1053.00±35.36 ^{abB}	0.34±0.03 ^{bAB}	508.10±126.15 ^{bB}	0.46±0.02 ^{bB}	0.49±0.10 ^{aA}	0.11±0.04 ^{abA}	
	10	121.05±30.63 ^{bA}	0.45±0.04 ^{bB}	2033.50±214.25 ^{abA}	0.34±0.02 ^{bA}	1050.60±216.94 ^{ab}	0.45±0.02 ^{bB}	0.41±0.02 ^{aA}	0.11±0.02 ^{abB}	
PPT	15	222.25±27.37 ^{cA}	0.37±0.00 ^{aA}	10720.50±6858.23 ^{bAB}	0.34±0.07 ^{bA}	4663.50±1716.15 ^{bAB}	0.40±0.04 ^{abA}	0.48±0.15 ^{aA}	0.06±0.02 ^{aA}	

ÖZGEÇMİŞ

T.C. vatandaşı olup 1990 yılında İzmir’de doğmuştur. Liseyi Gazimir (Yabancı Dil Ağırlıklı) Lisesi’nde tamamlamıştır. 2008 – 2012 yılları arasında lisans eğitimini Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde bölüm ikincisi olarak tamamlamış ve 2012 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Teknolojisi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Ocak, 2015’ten bu yana İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya Metalurji Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

