

**KIZILÖTESİ-MİKRODALGA KOMBİNASYONLU FIRINDA  
PIŞİRİLMEK ÜZERE HAZIRLANAN YER BADEMİ UNU  
İÇEREN GLUTENSİZ BİSKÜVİ HAMURLARININ  
REOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE BİSKÜVİLERİN KALİTE  
ÖZELLİKLERİ**

**RHEOLOGICAL PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BISCUIT  
DOUGHS CONTAINING TIGER NUT FLOUR AND  
QUALITY PROPERTIES OF BISCUITS TO BE BAKED IN  
INFRARED-MICROWAVE COMBINATION OVEN**

**AZRA TUĞÇE ÇINAR**

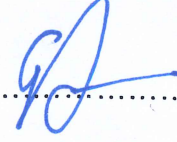
**Y. DOÇ. DR. ELİF YOLAÇANER**  
**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak hazırlanmıştır.

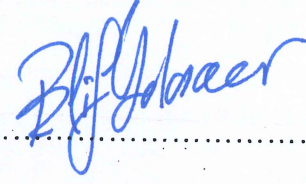
2018

Azra Tuğçe ÇINAR' ın hazırladığı 'Kızılötesi-Mikroalgla Kombinasyonlu Fırında Pişirilmek Üzere Hazırlanan Yer Bademi Unu İçeren Glutensiz Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri ve Bisküvilerin Kalite Özellikleri' adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI' nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

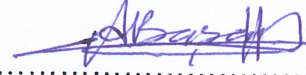
Prof. Dr. Servet Gülüm ŞUMNU  
Başkan



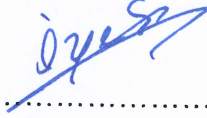
Y. Doç. Dr. Elif YOLAÇANER  
Danışman



Prof. Dr. Arzu BAŞMAN  
Üye



Doç. Dr. Özge ŞAKIYAN DEMİRKOL  
Üye



Y. Doç. Dr. Burçe ATAÇ MOGOL  
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- Tezimin/Raporumun ..... tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- Tezimin/Raporumun 30/03/2019 tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

05 / 02 / 2018

Azra Tuğçe ÇİNAR

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

05/02/2018

Azra Tuğçe ÇINAR

## ÖZET

# KIZILÖTESİ-MİKRODALGA KOMBİNASYONLU FIRINDA PIŞİRİLMEK ÜZERE HAZIRLANAN YER BADEMİ UNU İÇEREN GLUTENSİZ BİSKÜVİ HAMURLARININ REOLOJİK ÖZELLİKLERİ VE BİSKÜVİLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİ

**Azra Tuğçe ÇİNAR**

**Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı: Y. Doç. Dr. Elif YOLAÇANER**

**Ocak 2018, 114 sayfa**

Günümüzde, çölyak hastalığında en etkin tedavi yöntemi halen glutensiz diyet ile beslenmektir ve glutensiz gıda geliştirmede besleyici ve alternatif kaynakların kullanılması, araştırmalarda popüler bir konu olmaya devam etmektedir. Bu çalışmanın amacı, ülkemizde yaygın olarak tüketilmeyen ancak toplam besinsel lif ve bazı mineraller açısından zengin, gluten içermeyen yer bademi ununun glutensiz bisküvi üretiminde kullanılmasıdır. Farklı oranlarda yer bademi unu içeren bisküvi hamurlarının öncelikle reolojik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerin bazı fiziksel, kimyasal ve besinsel özellikleri belirlenmiş ve bazı kalite özellikleri açısından konvansiyonel fırında pişirilen bisküviler ile karşılaştırma yapılmıştır.

Gluten proteini içermeyen yer bademi unu (YBU) ve pirinç ununun (PU) belirli oranlarda (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50) karıştırılması ile elde edilen, ayrıca ksantan gam içeren bisküviler üzerinde çalışılmıştır. Bisküvi hamurlarında gerçekleştirilen dinamik salınım ölçümlerine göre, YBU oranı arttıkça hamurların depolama modülü ( $G'$ ), kayıp modülü ( $G''$ ) ve kompleks viskozite ( $\eta^*$ ) değerlerinin anlamlı olarak azaldığı belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca, yapılan sünme ve iyileşme analizleri sonucunda maksimum sünme uyumu değerinin ( $J_{max}$ ) formülasyona katılan YBU miktarındaki artışla birlikte artış gösterdiği belirlenmiştir.

Bisküviler, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilmiştir. Kızılötesi-mikrodalga yönteminin bisküvilerin kalitesi üzerindeki etkilerini belirlemek için farklı mikrodalga ve kızılötesi ısıtma güçleri ile farklı pişirme süreleri denenmiştir. En iyi pişirme şartları olarak, %70 üst ve alt halojen lamba gücü, %20 mikrodalga gücü ve 3,75 dakika pişirme süresi belirlenmiştir. Kızılötesi-mikrodalga pişirme ile karşılaştırmak için konvansiyonel pişirme, 130°C sıcaklık ve 17 dakika sürede gerçekleştirilmiştir.

Bisküvilerin pişme sonrasında ağırlık kaybı (%), genişlik (mm), kalınlık (mm), yayılma oranı, sertlik (N), renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ) gibi fiziksel ve tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Bisküvilerin toplam besinsel lif ve mineral tayininin (Ca, Mg ve K) yapılması ile besinsel değeri hakkında bilgi edinilmiştir. Ağırlık kaybı değeri genel olarak kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında konvansiyonel fırına göre fazla bulunmuştur. Ayrıca, her iki pişirme yönteminde de kontrol örneklerine göre YBU'lu bisküvilerde kalınlık ve genişlik artışının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Bisküvilere YBU eklenmesi ile toplam besinsel lif ve mineral içeriğinin artışı sağlanmış ve besleyici değeri yüksek bisküviler elde edilmiştir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme yönteminin konvansiyonel yöntemle alternatif olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu yöntemin pişme süresini konvansiyonel yöntemle göre % 78 oranında azalttığı ve konvansiyonel olarak pişirilen bisküvilere yakın kalite özellikleri gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yer bademi unu, glutensiz bisküvi, reoloji, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme

## **ABSTRACT**

# **RHEOLOGICAL PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BISCUIT DOUGHS CONTAINING TIGER NUT FLOUR AND QUALITY PROPERTIES OF BISCUITS TO BE BAKED IN INFRARED-MICROWAVE COMBINATION OVEN**

**Azra Tuğçe ÇİNAR**

**Master of Science, Department of Food Engineering**

**Supervisor: Y. Doç. Dr. Elif YOLAÇANER**

**January 2018, 114 pages**

Nowadays the most effective treatment of celiac disease is still the lifelong adherence to a gluten-free diet and also the use of nutritious and alternative sources to develop gluten-free food remains a popular topic in research. The aim of this study is to provide the use of gluten-free tiger nut flour which is not widely consumed in our country but rich in total dietary fiber and some minerals, for the production of gluten-free biscuits. The rheological properties of biscuit doughs containing tigernut flour at different ratios were investigated primarily. In addition, some physical, chemical and nutritional properties of biscuits baked in an infrared-microwave combination oven were determined and compared with conventionally baked biscuits in terms of quality characteristics.

The biscuits obtained by mixing gluten-free tiger nut flour (TNF) and rice flour (RF) in certain percentages (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50) and containing xanthan gum were studied. According to the dynamic oscillatory measurements it was determined that the elastic modulus ( $G'$ ), loss modulus ( $G''$ ) and complex viscosity ( $\eta^*$ ) values of the doughs were decreased significantly ( $p \leq 0.05$ ) when the TNF ratio was increased. Besides, as a result of creep and recovery

measurements, it was determined that the maximum creep compliance value ( $J_{max}$ ) were increased with the increase in the TNF ratio.

The biscuits were baked in infrared-microwave combination and conventional ovens. Different microwave and infrared heating powers and also baking times were tested to determine the effects of microwave and infrared heating on biscuit quality. Optimum baking conditions were 70% upper and lower halogen lamp powers, 20% microwave power and 3,75 minutes baking time. Conventional baking for comparing with infrared-microwave baking was performed at 130°C for 17 minutes.

The physical and textural properties of the biscuits such as weight loss (%), width (mm), thickness (mm), spread ratio, hardness (N) and color values ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ) were determined. The information about the nutritional value of the biscuits were obtained by performing total dietary fiber and mineral analyses (Ca, Mg and K). The weight loss value is generally found to be higher in the infrared-microwave combination oven than in the conventional oven. Furthermore, it was determined that the thickness and width increase in TNF biscuits were higher than control sample in both cooking methods. Addition of TNF to the biscuits increased the total dietary fiber and mineral content and resulted in high nutritious biscuits.

It was concluded that the infrared-microwave combination method can be used as an alternative to the conventional method. Moreover, it was observed that infrared-microwave combination method decreased the baking time by 78% and gave the similar quality values as the biscuits baked by conventional oven.

**Keywords:** Tiger nut flour, gluten-free biscuit, rheology, infrared-microwave combination baking



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, değerli öneri ve yönlendirmeleri ile her zaman yanımda olan değerli tez danışmanım **Y. Doç. Dr. Elif YOLAÇANER**'e,

Bilgi ve envanter ihtiyaçlarımda yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden çok değerli hocalarım **Prof. Dr. Hamit Köksel** ve **Prof.Dr. Arzu BAŞMAN**'a,

Deneysel çalışmalarımda tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım değerli uzmanlarımız **Yelda ZENCİR** ve **Selin HEYBELİ**'ye,

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde yapılan analizlerde bana laboratuvarlarının kapılarını açan değerli hocalarım **Prof. Dr. Servet Gülüm ŞUMNU**, **Prof. Dr. Serpil ŞAHİN** ve **Doç. Dr. Mecit Halil ÖZTOP**'a; ayrıca desteklerini esirgemeyen araştırma görevlileri **Eda BERK** ve **Emrah KIRTIL**'a,

Yüksek Lisans Tez çalışmam için yaptığım araştırmalarda gerekli maddi desteği sağlayan **Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi**'ne,

Çalışmamda kullandığım temel hammadde olan yer bademi yumrusu temini ile ilgili desteğini aldığım **Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü**'nden **Dr. Pınar ÇUBUKÇU**'ya ve yer bademinin ülkemize tanıtılması ve yetiştiriciliğinde ilk ve en önemli adımı atan ve tez çalışmamın her aşamasını ilgi ve heyecanla takip eden emekli Ziraat Yüksek Mühendisi **Ahmet Nedim NAZLICAN** ile onun değerli tez danışmanı merhum **Prof. Dr. Kamil İLİSULU** 'ya,

Bu zamana dek aldığım tüm kararlarda her zaman yanımda olan kıymetli ailem; babam **Hüseyin ÇİNAR**, annem **Nilüfer ÇİNAR** ve kardeşim **Mehmet Can ÇİNAR**'a,

sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Azra Tuğçe ÇİNAR

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 Çölyak Hastalığı .....	3
2.2 Glutenin Yapısı ve Önemi.....	5
2.3 Glutensiz Ürün Geliştirme.....	6
2.4 Bisküvi .....	8
2.4.1 Un .....	9
2.4.1.1 Pirinç Unu .....	10
2.4.1.2 Yer Bademi Unu.....	11
2.4.2 Yağ .....	13
2.4.3 Şeker.....	14
2.4.4 Kabartıcı Maddeler.....	15
2.5 Bisküvi Hamurunun Reolojik Özellikleri .....	15
2.6 Pişirme Yöntemleri .....	18
2.6.1 Konvansiyonel Pişirme.....	18
2.6.2 Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Pişirme .....	19
2.7 Bisküvilerin Kalite ve Tekstürel Özellikleri .....	23
2.8 Bisküvi Hamurunun Termal Özellikleri.....	26
3. MATERYAL VE METOT .....	28
3.1 Materyal.....	28
3.2 Kimyasallar ve Diğer Yardımcı Malzemeler .....	28
3.3 Yer Bademi Ununun Hazırlanması .....	28
3.4 Bisküvi Hamurunun Hazırlanışı .....	29
3.5 Pişirme Yöntemleri .....	30

3.5.1	Konvansiyonel (Geleneksel) Pişirme .....	30
3.5.2	Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Pişirme .....	30
3.6	Unların Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri .....	31
3.6.1	Nem Tayini.....	31
3.6.2	Protein Tayini .....	31
3.6.3	Yağ Tayini .....	31
3.6.4	Toplam Kül Tayini .....	31
3.6.5	Toplam Karbonhidrat Tayini .....	31
3.6.6	Toplam Nişasta Tayini.....	32
3.6.7	Toplam Besinsel Lif Tayini .....	32
3.6.8	Zedelenmiş Nişasta Tayini .....	33
3.6.9	Su ve Yağ Tutma Kapasitesi.....	33
3.6.10	Mineral Tayini.....	33
3.6.11	Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi .....	33
3.7	Bisküvi Hamurlarının Reolojik, Tekstürel ve Fiziksel Özellikleri.....	34
3.7.1	Hamurda pH ölçümü .....	34
3.7.2	Hamurlarda Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi .....	34
3.7.3	Hamurlarda Dinamik Salınım (Oscillatory) Ölçümleri .....	34
3.7.4	Hamurlarda Sünme ve İyileşme (Creep and Recovery) Ölçümleri.....	35
3.7.5	Hamur Tekstür Analizi.....	35
3.8	Bisküvilerin Bazı Fiziksel, Fonksiyonel ve Besinsel Özelliklerinin Belirlenmesi.....	36
3.8.1	Ağırlık Kaybı.....	36
3.8.2	Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri .....	36
3.8.3	Tekstür Analizi .....	37
3.8.4	Renk Analizi .....	37
3.8.5	Bisküvilerde Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi.....	37
3.8.6	Toplam Besinsel Lif Miktarı Tayini .....	38
3.8.7	Mineral Tayini.....	38
3.9	İstatistiksel Analizler .....	38
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1	Unların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri .....	39
4.1.1	Unların Kimyasal Özellikleri .....	39
4.1.2	Su ve Yağ Tutma Kapasiteleri.....	40

4.1.3	Unlarda Toplam Besinsel Lif .....	41
4.1.4	Unlarda Zedelenmiş Nişasta .....	42
4.1.5	Unlarda Mineral Madde Miktarı .....	42
4.1.6	Unların Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi .....	43
4.2	Bisküvi Hamurlarının Reolojik, Tekstürel ve Fiziksel Özellikleri .....	44
4.2.1	Bisküvi Hamurlarının pH Değerleri .....	44
4.2.2	Bisküvi Hamurlarında Dinamik Salınım Ölçümleri .....	45
4.2.3	Bisküvi Hamurlarında Sünme ve İyileşme Analizleri .....	50
4.2.4	Bisküvi Hamurlarının Tekstürel Yapısı .....	54
4.3	Farklı Oranlarda YBU İçeren Bisküvilerin Fiziksel, Fonksiyonel ve Besinsel Özellikleri .....	56
4.3.1	Bisküvilerde Ağırlık Kaybı .....	56
4.3.2	Bisküvilerin Boyut Özellikleri .....	59
4.3.3	Bisküvilerin Tekstürel Özellikleri .....	61
4.3.4	Bisküvilerde Renk Değişimi .....	63
4.3.5	Bisküvilerde Toplam Besinsel Lif Miktarı .....	67
4.3.6	Bisküvilerde Mineral Madde Miktarı .....	67
4.4	Bisküvi Hamurları ve Bisküvilerin Termal Özellikleri .....	68
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER .....	72
	KAYNAKLAR .....	75
	EKLER .....	89
	ÖZGEÇMİŞ .....	113

## ŞEKİLLER

<b>Şekil 2.1</b> Çölyak hastalığında buz dağı modellemesi [11].....	4
<b>Şekil 2.2</b> Elektromanyetik spektrum.....	20
<b>Şekil 2.3</b> Tekstür profil analizi eğrisi [64].....	25
<b>Şekil 4.1</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının depolama modülü (G') değerlerinin frekansa göre değişimleri.....	46
<b>Şekil 4.2</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının kayıp modülü (G'') değerlerinin frekansa göre değişimleri.....	47
<b>Şekil 4.3</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının $\tan \delta$ değerlerinin frekans ile değişimi.....	48
<b>Şekil 4.4</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının kompleks viskozite değerlerinin ( $\eta^*$ ) frekans ile değişimi. ....	49
<b>Şekil 4.5</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının sünme uyumu ( $\text{Pa}^{-1}$ ) değerlerinin zaman (s) ile değişimi. ....	51
<b>Şekil 4.6</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırın ile pişirilen bisküvilerde ağırlık kaybı (%). ....	57
<b>Şekil 4.7</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde yayılma oranı değerleri. ....	61
<b>Şekil 4.8</b> Farklı oranlarda yer bademi unu içeren ve kızılötesi-mikrodalga fırın ve konvansiyonel fırın ile pişirilen bisküvilerde sertlik değeri (N).....	62
<b>Şekil 4.9</b> Farklı oranda YBU içeren, konvansiyonel fırında pişirilen bisküvi örnekleri.....	65
<b>Şekil 4.10</b> Kontrol ve %50 YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvi örnekleri. ....	65
<b>Şekil 4.11</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde $\Delta E$ değerleri. ....	66
<b>Şekil 4.12</b> Farklı oranlarda YBU içeren hamur ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküviler ile elde edilen nişasta jelatinizasyon derecesi (%). ....	70

## ÇİZELGELER

<b>Çizelge 2.1</b> Yer bademi yumrularının (Sarışeker ve Balyumru) kimyasal bileşimi (%) [49].....	12
<b>Çizelge 2.2</b> Yer bademi yumrularının mineral bileşimi (mg/100g un) [49].....	12
<b>Çizelge 3.1</b> Bisküvi formülasyonu.....	30
<b>Çizelge 4.1</b> Yer bademi unu ve pirinç ununun kimyasal kompozisyonu (Kuru madde bazında). ....	39
<b>Çizelge 4.2</b> Yer bademi unu ve pirinç ununun su ve yağ tutma kapasitesi değerleri (Kuru madde bazında).....	40
<b>Çizelge 4.3</b> Yer bademi unu ve pirinç ununda toplam besinsel lif miktarları (kuru madde bazında, %). ....	41
<b>Çizelge 4.4</b> Yer bademi unu ve Pirinç ununda zedelenmiş nişasta miktarı değerleri (kuru madde bazında). ....	42
<b>Çizelge 4.5</b> Yer bademi unu ve pirinç ununun mineral madde miktarları (ppm)...	43
<b>Çizelge 4.6</b> YBU ve PU'nun nişasta jelatinizasyon değerleri. ....	43
<b>Çizelge 4.7</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının pH değerleri.....	44
<b>Çizelge 4.8</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının 5 Hz frekansta $G'$ , $G''$ , $\eta^*$ ve $\tan \delta$ değerleri. ....	45
<b>Çizelge 4.9</b> Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının $J_{max}$ , $J_{min}$ , %R değerleri. ....	52
<b>Çizelge 4.10</b> Farklı yüzdelerde yer bademi unu içeren bisküvi hamurlarının tekstürel özellikleri. ....	54
<b>Çizelge 4.11</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde kalınlık ve genişlik değerleri (mm).....	59
<b>Çizelge 4.12</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde renk değerleri ( $CIE^*$ , $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) ve toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ).....	64
<b>Çizelge 4.13</b> Farklı oranlarda YBU içeren, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerde toplam besinsel lif miktarı (%). ....	67
<b>Çizelge 4.14</b> Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerin mineral değerleri (ppm). ....	68

<b>Çizelge 4.15</b> Farklı yüzdelerde YBU ile hazırlanan bisküvi hamurlarının jelatinizasyon değerleri. ....	69
<b>Çizelge 4.16</b> Farklı oranlarda YBU ile hazırlanan kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş bisküvilerin jelatinizasyon değerleri. ....	69

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\rho_b$	Yığın Yoğunluğu
$C_p$	Isıl Kapasite
$k_p$	Isıl İletkenlik
$D$	Nem Yayınım Değeri
$\lambda_v$	Buharlaştırma Gizli Isısı
$h_1$	Taşıyım ile Isı Aktarım Katsayısı
$h_m$	Nem Aktarım Katsayısı
$\epsilon$	Emisyon ve Absorbsiyon Sabiti
$T$	Sıcaklık
$t$	Zaman
$\alpha$	Termal Difüzyivite
$Q$	Isı
$E$	Elektrik Alan Şiddeti
$G'$	Depolama Modülü
$G''$	Kayıp Modülü
$\eta^*$	Kompleks Viskozite
$\sigma$	Sabit Gerilim
$\gamma$	Kayma Oranı

### Kısaltmalar

AACC	American Association of Cereal Chemists
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi
DTK	Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
FAO	Food and Agriculture Organization
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
TPA	Tekstür Profil Analizi
WHO	World Health Organization



# 1. GİRİŞ

Çölyak hastalığı buğday, arpa, çavdar, yulaf gibi tahıllarda bulunan gluten proteinine karşı duyarlılık olup, ince bağırsaklarda besin emilimine yardımcı villus yapılarının bozularak bağırsaklara hasar vermesi ile ortaya çıkan bir hastalıktır. Günlük tolere edilebilir alım miktarı kişilere göre farklılık göstermekle birlikte 10-50 mg'dan fazla olması pek çok çölyak hastası için tehlikeli bir miktardır [1]. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'nin (FDA) yaptığı tanımlamaya göre glutensiz ürün; yapısında doğal olarak gluten bulundurmayan veya glutenli bir tahıl içermeyen veya gluten içeren bir tahıl türevini yapısında bulundurmamayan üründür. Aynı zamanda FDA tarafından glutensiz ürün adı altında satılabilecek ürünlerin en fazla 20 ppm gluten içermesine izin verilmiştir.

Ülkemizde çölyak ile yaşamak buğday ağırlıklı beslenme alışkanlıklarından ve glutensiz özel diyetlere ulaşmanın ekonomik güçlükleri ve ürün çeşitliliğinin az olması gibi sebeplerden dolayı oldukça zordur. Uluslararası literatürde glutensiz ürün çeşitliliğini arttırmak amacı ile glutensiz ürün formülasyonları tahıllardan; pirinç, sorgum, mısır, baklagillerden; soya, nohut, bezelye ve yalancı-tahıllardan (pseudo-cereals); kinoa, amarant, kara buğday gibi hammaddelerin unları kullanılarak geliştirilmiştir [2], [3], [4]. Günümüzde halen çölyak hastalığına sahip bireyler için gluten içermeyen, besinsel değeri yüksek ve kolay ulaşılabilen, kaliteli gıda ürünü geliştirilmesi çalışmaları hızla devam etmektedir.

Bir yumru kök bitkisi olan yer bademi (*Cyperus esculentus*), farklı kültürlerin diyetlerinde çiğ olarak tüketilebilirken İspanya'da "Horchata De Chufas" adını verdikleri bir içecek olarak da tüketilir. Ayrıca yer bademi sütü, yağı ve unu ile yapılan fırıncılık ürünleri de farklı kültürlerin mutfaklarında yer bulmuştur. Ülkemizde yer bademinin ekim ve hasat çalışmalarını başlatan ilk isim Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'den emekli merhum Prof. Dr. Kamil İlisulu ve onun danışmanlığında bu konuda ilk yüksek lisans tez çalışmasını gerçekleştirmiş olan emekli ziraat yüksek mühendisi Ahmet Nedim Nazlıcan olmuştur. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yer bademinin sarı ve kahverengi türleri buradan emekli olan Ahmet Nedim Nazlıcan'ın çalışmaları sonucunda tescillenip sırasıyla sarı şeker ve bal yumru isimlerini almıştır [5].

Yer bademi; besinsel lif, yağ, nişasta, şeker ve proteince zengin bir içeriğine sahiptir. Bunun yanında yüksek oranda besinsel lif içeriği ve zeytin yağına benzerlik gösteren yağ asidi profili ile kolon kanseri, kalp damar hastalıkları, obezite, diyabet gibi hastalıkları önlemede etkilidir.

Ulusal ve uluslararası literatürde yer bademi ununun gluten içeren veya içermeyen çeşitli ürünlerde kullanılmış olduğu çalışmalara rastlanmış olsa da hidrokolloidler gibi farklı katkıları içeren ve pirinç unu-yer bademi unu karışımına sahip bisküvi ürünü üzerinde etkilerini ortaya koyan bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

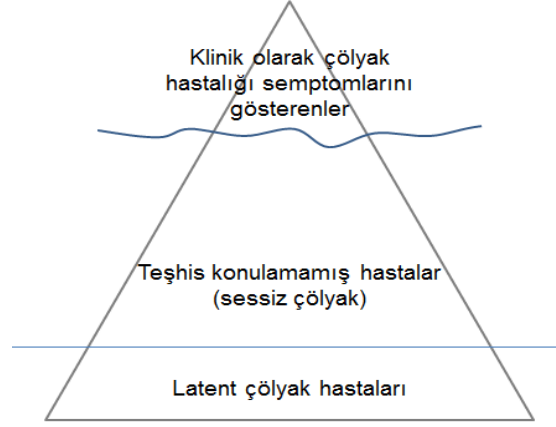
Bu çalışmada, çölyak hastalarının beslenmesinde kullanılması hedeflenen bir alternatif olan yer bademi unu ve pirinç ununda bazı kimyasal, fonksiyonel ve besinsel içerikler belirlenmiş ve bu unların farklı oranlarda (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50) karıştırılması ile hazırlanan bisküvi hamurlarının reolojik özellikleri araştırılmıştır. Bunun yanında kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda ile pişirilen bisküvilerin kalite özellikleri belirlenerek hem pişirme yönteminin hem de formülasyonda yer bademi unu oranının değişiminin bisküvi kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu yöntem ile pişirilen bisküvilerde bazı besinsel ve fonksiyonel özellikler incelenmiştir. Bu şekilde ülkemizde neredeyse kullanım alanı olmayan ancak besinsel değeri yüksek olan bir yumru kök bitkisi olan yer bademinin glutensiz ürünlerde alternatif olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Çölyak Hastalığı

Çölyak hastalığı, genetik olarak duyarlı bireylerde gluten proteini içeren buğday, arpa, çavdar gibi tahılların tüketilmesi ile ortaya çıkan ve yaygın olarak görülen gıda kaynaklı enteropatilerden biridir [6]. Gliadin ve glutenin kısımlarından oluşan gluten proteinleri, çölyaklı bireylerde mide ve bağırsaklarda bulunan pepsin, tripsin, kimotripsin gibi enzimlere karşı direnç gösterir ve parçalanamazlar. Oldukça büyük yapıda olan çölyak immunojeni peptitler, transelüler veya paraselüler yollarla bağ dokuya geçerler. Burada doku transglutaminaz enzimi (TG2) ile birleşir ve peptitler deaminasyona uğrar. Bu durum çölyak immunojenitesini artırır ve gluten peptitlerinin antijen sunan hücrelerde HLA DQ2 ve HLA DQ8' e bağlanması kolaylaşır. Bu durum CD4<sup>+</sup> T hücrelerinin çoğalmasına sebep olur ve immunolojik yanıt tetiklenir. Oluşan bu immun yanıt incebağırsakta villus atrofi, kript hipertrofi ve ince bağırsak epitelinin zarar görmesine sebep olur [7]. Çölyak hastalığında, glutenli ürün tüketimi ile ince bağırsak mukozasında oluşan hasar ve iltihaplanma sonucu demir, folat, kalsiyum, ve yağda eriyen vitaminler gibi çoğu besin maddesinin emiliminde yetersizlikler meydana gelir [8].

Dünya üzerinde çölyak hastalığının görülme sıklığı 1:100-1:200 arasında değişmektedir [9]. 2015 yılı Nisan ayında, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilgi Sistemi'nde kayıtlı olan 67683 çölyak hastası bulunmaktadır; ancak bu rakamın gerçek değeri yansıtmadığı ve toplam hasta sayısının ancak %10'unu temsil ettiği belirtilmiştir [10]. Çölyak hastalığı görülme sıklığını ifade etmede genellikle buz dağı modellenmesi kullanılır (Şekil 2.1). Çölyak semptomlarının görüldüğü ve teşhisin konulduğu hastalar buz dağı modelinin en üst kısmını oluştururken, bir alt tabakada çölyak semptomları gizli olan (sessiz çölyak hastalığı) ve tanı konulamamış, düz bağırsak mukozasına sahip bireyler yer alır. Buz dağı modelinin en alt tabakasında ise latent çölyak hastalığı olarak adlandırılan ve genlerinde çölyak hastalığı ile ilişkili HLA grubunu barındırdığı halde enteropatisi olmayan fakat hayatlarının herhangi bir evresinde glutene duyarlılığı gelişebilen hastalardan oluşur [11].



**Şekil 2.1** Çölyak hastalığında buz dağı modellemesi [11].

Çölyak hastalığında alternatif tedavi yöntemleri aranmakla birlikte günümüzde en etkin tedavi yöntemi tamamen glutenden arındırılmış diyet ile beslenmektir [12]. Glutensiz diyet ile beslenmenin yanında ek tedavi yöntemleri olarak bağırsak lümeninde toksik etki gösteren peptitlerin (gliadin) inaktivasyonunu sağlayan, gliadinin bağırsak mukozasına geçişini engelleyen, bağışıklık toleransını tetikleyen ve bağırsak dokudaki bağışıklık prosesini etkisizleştiren ilaçlar da geliştirilme aşamasındadır [7]. Pyle ve arkadaşlarının çölyak hastaları üzerinde yaptığı çalışmada [13], 2 haftalık glutenli diyet uygulaması ile yağ ve karbonhidrat malabsorpsiyonu gelişen hastalarda protil endopeptidaz ile muamele edilen glutenli diyet ile beslenme sonucu yağ ve karbonhidrat malabsorpsiyonu oluşmadığı görülmüştür.

Glutensiz diyetlerde, buğday, arpa, çavdar, tritikale ve yulaf unu veya bu ham maddelerin yan ürünleri ile hazırlanan gıdalar, içeriğinde buğday veya gluten türevi ürünler barındıran salata sosları, hazır çorbalar, peynir, krema gibi ürünler, gluteni tedavi aracı veya dolgu maddesi olarak kullanan eczacılık ürünleri kesinlikle bulunmamalıdır [14].

Türk Gıda Kodeksi'nin de kaynağı olan ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından oluşturulan Codex Alimentarius'a göre 'glutensiz ürün' tanımı, tahıl türevi olan ve tahıl türevi olmayan gıdalarda sırası ile en fazla 100 ppm ve 20 ppm gluten bulunan gıdaları temsil eder [15]. Bunun yanında, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Türk Standartları Enstitüsü (TSE)

tarafından belirlenen glutensiz ürünler için sınır gluten değeri de Codex Alimentarius ile aynı değerlerdedir [16].

Gıdalarda ve ham maddelerde gluten miktarını belirlemede AOAC 991.19 numaralı metot kullanılabilirken, düşük gluten konsantrasyonlarında dahi etkili olan gluten analiz kitleri de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir [17].

## 2.2 Glutenin Yapısı ve Önemi

Tahıl proteinlerinin %80'ini oluşturan gluten; buğday, arpa, yulaf ve çavdarda bulunan protein gruba verilen genel addır ve alkolde çözünebilir fraksiyon olan prolaminler (gliadin) ve alkolde çözünemeyen polimerik yapıdaki gluteninlerin bir araya gelmesi ile oluşur [18]. Bu iki yapı tanede hemen hemen eşit oranda bulunur. Gliadinler, moleküler ağırlıkları 28,000- 55,000 arasında değişen ve  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\omega$  olarak adlandırılan alt fraksiyonlara ayrılırlar. Bunlardan çölyak hastaları için en toksik olanı  $\alpha$ -gliadinlerdir [19], [20]. Çölyak hastalarında, bağışıklık sistemi üzerinde etkili olan prolamin kısmıdır ve buğdayda gliadin, çavdarda sekalin, arpada hordein, yulafta avenin olarak adlandırılır [19].

Unun su ile hidrasyonu ve karıştırılması işlemi gluten ağ yapısının oluşumu için oldukça önemlidir. Hidrasyon ve karıştırma ile sıkıca birbirlerine bağlı olan gliadin ve glutenin proteinleri ayrılır ve pişirme sırasında optimum hacim oluşumunda etkili olan viskoelastik ağ yapının oluşumu sağlanır [21]. Bu yapı, daha sonra ekmek yapımında fermantasyon ile oluşan gazı içinde hapsederek hamurun kabarması ve yapının pişme sonrası korunmasında etkilidir. Hamur yapısında prolaminler viskoz yapıyı ve uzayabilirliği sağlarken polimerik gluteninler ise elastik ve kohezif yapının oluşmasını sağlar [22]. Özellikle glutensiz ekmekte gluten ağ yapının oluşmaması, renk ve tekstür bozuklukları, tat ve aroma eksikliği, ekmeğin yeterince hacimli olmaması gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır.

Unlarda bulunan gluten özellikleri farklılık gösterebilir. Yüksek oranda protein içeren unlarda gluten, güçlü ve esnemeye karşı dirençli bir yapı oluşturarak daha iyi elastik özellik gösterirken düşük proteinli unlarda zayıf yapıda olan gluten daha esnek ve daha az elastik özelliğe sahiptir. Ekmek hamurunda güçlü yapıda gluten ağ oluşumu istenirken, bisküvi hamurunda zayıf gluten ağ oluşumu tercih edilir. Bu nedenle bisküvi yapımında kullanılacak unlarda protein değerinin %9'dan

düşük olması en iyi sonuçları verirken %9,5'in üzerinde protein değerine sahip unlarda bisküvi üretimi sürecinde bazı sorunlar oluşmaktadır [23].

### **2.3 Glutensiz Ürün Geliştirme**

Çölyak hastaları için çözüm yolu olan hayat boyu glutensiz diyet ile beslenmenin ekonomik, sosyal, duyuşal, besinsel açıdan pek çok zorluğa sebep olduğu bilinmektedir. Glutenin fırıncılık ürünlerinden uzaklaştırılması ile ürün kalitesi, aroması ve tekstürü üzerinde olumsuz etkiler oluşmaktadır [24]. Glutensiz ürünlerde oluşan bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için süt ürünleri, hidrokolloidler, glutensiz proteinler ve prebiyotikler alternatif olarak kullanılmıştır.

Bunun yanında son zamanlarda yapılan çalışmalarda, glutensiz diyetlerin karbonhidrat, yağ ve protein dengesinde bozukluklar olduğu ve gluten içeren benzer ürünlere kıyasla daha az oranda B vitaminleri, demir ve besinsel lif içerdđi tespit edilmiştir [25]. Buna ek olarak, glutensiz ürünlerin glutenli ürünlere oranla büyük kısmı doymuş yağlar olmak üzere iki kat daha fazla yağ içerdđi ve yine glutensiz pirinç unu ile yapılan ekmeklerin glisemik indeks değerinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir [26]. Glutensiz ürünlerin, gluten içeren eşdeğer ürünlere göre besinsel değerlerinin düşük olması ve ulaşılabilirliğinin zor olması gibi nedenlerle günümüzde glutensiz ürün geliştirmeye verilen önem artarak devam etmektedir.

Gluten, hamurda viskoelastik yapı oluşumunu sağladđı için glutensiz unlar pişmiş ürün kalitesini olumsuz etkileyen, şekil alması zor, sıvı hamur oluşumuna neden olur. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak için özellikle ekmek gibi güçlü gluten ağ yapı oluşumunun istendiği ürünlere viskoelastik yapı oluşumunu sağlamak ve pişmiş üründe beklenen kaliteye ulaşmak için hidrokolloidler, emülgatörler, besinsel lif gibi katkılar kullanılmaktadır. Hidrokolloidler, yapı içinde gluten benzeri görev üstlenmekle birlikte aynı zamanda tekstür düzenleme, nem kaybını önleme ve pek çok kalite özelliklerini geliştirme gibi rollere sahiptir [27]. Ayrıca hidrokolloidler glutensiz formülasyonlarda son ürün görünümünü ve tekstürünü geliştirmede kullanılan en önemli bileşenlerdendir ve makromoleküler protein ve polisakkarit yapıda olan gıdalarda yapı oluşumunu ve istikrarını sağlamada kullanılırlar [28], [29]. Mikrobiyel kaynaklar, bitkiler, hayvanlar, deniz yosunları gibi pek çok doğal kaynaktan elde edilebilirler [30].

Bisküvi ve kurabiye hamurlarında (short dough), ekmekte beklenenden farklı olarak güçlü bir gluten ağ yapısı oluşumu istenmez. Bisküvi formülasyonlarının yüksek oranda şeker, yağ ve düşük miktarda su içermesi gluten oluşumunun sınırlı kalmasında etkilidir. Bu nedenle, glutensiz bisküvi ve kurabiyelerde hamurun kıvam kazanması ve ürünün tekstürel özelliklerini iyileştirmek adına yalnızca düşük oranlarda hidrokolloidlerin, prejelatinize veya iyi jelleşme özelliğine sahip nişastaların kullanımı yeterlidir [30].

Öte yandan, bisküvi hamuru yapışkan bir yapıda olduğu için elastik ve ekmek hamuru gibi uzama yeteneğine sahip değildir. Bunun sebebi yapıda gluten oluşumunun az olmasıdır [31]. Aşırı gluten oluşumu bisküvilerde aşırı büzülme, çatlak oluşumu gibi şekil bozukluklarına neden olur. Pişmiş bisküvide tekstür oluşumu daha çok nişastanın jelatinasyonu ile ilişkilidir. Gluten gelişimi ise hamurdaki bağlayıcılığı sağlamak ve şekil vermek için gereklidir [31]. Bu amaçla, glutensiz bisküvi hamurlarının yapısına düşük oranda hidrokolloid katılarak gerekli olan viskoelastik yapı sağlanabilir [23]. Hamurda gluten yapısının sınırlı olması istendiğinden glutene karşı duyarlı bireylerin diyetlerinde bisküvi, besinsel eksiklikleri gidermek için kullanılabilir iyi bir alternatiftir [32].

Ülkemizde çölyak ile yaşamak buğday ağırlıklı beslenme alışkanlıklarından ve glutensiz özel diyetlere ulaşmanın ekonomik güçlükleri ve çeşit sayısının az olması gibi sebeplerden dolayı oldukça zordur. Glutensiz ürün çeşitliliğini arttırmak amacıyla glutensiz ürün formülasyonları tahıllardan; pirinç, sorgum, mısır, baklagillerden; soya, nohut, bezelye ve yalancı-tahıllardan; kinoa, amarant, kara buğday gibi hammaddelerin unları kullanılarak geliştirilmiştir [2],[3],[4]. Altındağ ve arkadaşlarının [33] kara buğday, mısır ve pirinç unu içeren bisküviler ile yaptığı çalışmada, kara buğday unundan yapılan bisküvilerde önemli bir kalite göstergesi olan yayılma oranının daha az olduğu görülmüştür. Karabuğdayda protein içeriğinin yüksek olması ve hamur sistemi içinde suyun bağlı kalarak viskoziteyi yükseltmesinden dolayı yayılma oranının azaldığı bildirilmiştir [34],[35].

50 yaş ve altında olan yetişkinlerde besinsel lif için günlük tavsiye edilen alım değeri (RDI) erkekler için 38 g, kadınlar için 25 g olarak, 50 yaş üstü erkek ve kadınlarda ise sırasıyla 30 ve 21 g olarak belirlenmiştir. Ancak tipik bir glutensiz

diyet, günlük tavsiye edilen 20-30 g besinsel lif ihtiyacını genellikle karşılayamamaktadır [36],[37].

Besinsel lif, bitkilerin yenilebilir kısımlarından arta kalan bölümlerden oluşan selüloz, hemiselüloz, pektin gibi polisakkaritler ve inülin, oligofruktoz gibi oligosakkaritlerdir. Besinsel lifler çözünebilir durumlarına göre çözünebilir ve çözünmez besinsel lifler olarak ikiye ayrılırlar. Çözünebilir besinsel lifler suyu bağlayarak jel yapının oluşmasını sağlarken; çözünmez besinsel lifler, ağırlığının yaklaşık 20 katı kadar su tutma özelliği ile hacim artışına sebep olur. Sağlık üzerinde daha etkili olan besinsel lif tipi, suyu tutarak bağırsakta fekal hacim artışını sağlayan ve bağırsak transit süresini kısaltarak kabızlığı önleyen çözünmez besinsel liflerdir. Kolon kanseri, kalp damar hastalıkları, obezite, diyabet gibi hastalıkları önlemede etkili olan besinsel lif miktarının düşük olması bu hastalıklara yakalanma riskini artırır [37].

## **2.4 Bisküvi**

Bisküviler, pek çok farklı formda bulunan, besinsel olarak zenginleştirilmeye uygun, uzun raf ömürlü ürünlerdir. Avrupa'nın yanı sıra bisküvinin Amerika, Asya, Orta Doğu, Afrika ve Avustralya kıtalarında tüketimi de oldukça fazladır ve artmaya devam etmektedir.

Bisküvi çeşitleri, içeriğine ve yapım aşamalarına göre, krakerler, sert tatlı ve yarı-tatlı bisküviler, kesme hamur bisküviler ve kurabiyeler olarak 4 ana gruba ayrılırlar. Krakerler, kırılğan, gözenekli yapı ve tuzlu tat ile karakterizedirler. Sert-tatlı bisküviler, düşük yağ ve şeker içerikli, güçlü bir hamur yapının olduğu ve nem oranının pişirme ile %12'den %1,5-3,0'e kadar düştüğü bisküvilerdir. Kesme hamur bisküvi çeşidi ise krakerler ve sert-tatlı bisküvilerden çok daha yüksek oranlarda şeker ve yağ içeriğine sahipken hamur nem içeriği oldukça düşüktür. Kurabiyeler de kesme hamur bisküvilerle benzer olarak fazla miktarda şeker ve yağ içerip; pişirme aşamalarında ise özellikle pişmenin ilk fazında yayılmanın oluşması için pişirme ortamında yüksek nem oranı gereklidir. Bisküvi hamuru büyük oranda un, şeker ve yağ içeriğine sahiptir ve oluşan ürün oldukça kırılğandır [38].



Bisküvi çeşitlerinin tümünde pişirme işlemi sırasında üç ana faz gözlemlenir. Bunlardan ilki, bisküvi yapısının ve tekstürünün geliştirilmesi, ikinci faz nem içeriğinde azalma ve üçüncü faz yüzeyde renk gelişimi olarak özetlenebilir. Bu üç ana faz pişirme işlemi süresince birbirleri ile çakışmakla beraber, yapı ve tekstürün geliştiği ilk faz pişirme sürecinin ilk yarısına kadar devam eder. İkinci faz olan nem içeriğindeki azalma büyük oranda pişirme işleminin ortasında en çok gözlemlenirken, renk oluşumu pişirmenin son safhalarında gerçekleşir.

Bisküvi üretiminde yüksek kalitede ürün elde etmek için önemli olan bazı özellikler vardır. Bunlar, tekstür (gevrek, gözenekli, ince gibi bisküvi çeşidine göre değişen), yoğunluk/hacim, ağızda bıraktığı his (kırırlık, yumuşaklık, pürüzsüzlük), tat gibi özelliklerdir. Bisküvinin kalite özellikleri, genişlik ve kalınlık, kırılma tekstürel yapı, yüzey çatlaklarının sığ ve dar yapıda olması ile belirlenmiştir ve bu parametreler, hamur formülasyonunda kullanılan hammadde özellikleri ve pişirme yönteminden doğrudan etkilenirler [39].

#### **2.4.1 Un**

Buğday unu neredeyse her türden bisküvinin temel bileşeni olarak kullanılabilir ve bisküvi yapısının oluşmasında önemli etkisi vardır. Buğdayda bulunan gluten proteinleri hamur şekillenme kapasitesini etkiler. Bununla birlikte, pişirme işlemi sırasında gaz kabarcıklarının yapı içinde tutulmasını sağlayarak son ürünün gözenekli yapı göstermesini ve yeme hissinin olumlu yönde gelişmesini sağlar.

Buğday öğütme işlemi, buğday danesinin fiziksel yapısına göre sert, orta sert ve yumuşak olarak yapılır. Sert türler daha yüksek oranda protein içerirler (%10-14) ve öğütme işleminde sert danenin parçalanması sırasında nişasta granülleri de hasar görerek artan yüzey alanı ile birlikte yüksek su tutma kapasitesine sahip unlar elde edilir. Yumuşak buğdaylarda ise protein oranı tipik olarak daha düşüktür (% 8-10) ve öğütme işlemi sırasında nişasta granülleri daha az hasar göreceği için daha düşük su tutma kapasitesine sahiptirler. Ortamda yeterince su bulunması halinde undaki proteinler ağırlığının 2 katına kadar, hasar görmemiş nişasta granülleri ağırlığının % 33'üne kadar ve zedelenmiş nişasta granülleri kendi ağırlıkları kadar suyu tutabilirler.

Unlarda partikül boyutu, öğütme şekline göre değişiklik göstermekle birlikte bisküvi yapımı aşamasında önemli yere sahiptir. Basitçe partikül boyutlarının küçülmesi ile artan yüzey alanı su tutma kapasitesinde artışa sebep olur ve bu durum bisküvi gibi düşük nem değerlerine kadar pişirilen ürünler için gereksiz enerji harcamaya sebep olan bir özelliktir. Fakat sert-tatlı bisküvi ve kesme hamur ile hazırlanan bisküviler için partikül boyutları farklı etkiler gösterebilir. Örneğin sert-tatlı hamurlarda daha küçük partiküller yüksek yoğunluğa ve pişme sırasında gelişimi engellemeye neden olurken, kesme hamurlarda kullanılan bu tip unlar daha düşük yoğunluğa ve pişme sırasında daha iyi gelişmeye neden olurlar.

Unun fırıncılık ürünlerindeki temel işlevi, içeriğinde bulunan protein miktarı ve kalitesi ile orantılı olarak gluten ağ yapısının oluşumunu ve hamurun viskoelastik yapı kazanmasını sağlamaktır. Fakat bisküvi hamurunda gluten ağ yapı oluşumunun sınırlı kalması istenir ve bisküvi yapımında kullanılacak gluten içeren unlardan protein miktarı düşük olan unlar tercih edilir. Undaki protein oranının %9'dan düşük olması en iyi sonuçları verirken; %9,5'in üzerindeki protein oranlarında bazı üretim sorunları ortaya çıkmaya başlar [23].

Bisküvi üretiminde pirinç unu kullanımı sıkça rastalanan bir durum olmamasına rağmen özellikle buğday unu ile birlikte kullanıldığında daha yumuşak bir tekstür oluşumu sağlamaktadır. Yer bademi unu, içeriğindeki yüksek besinsel lif miktarı, bazı minerallerce zengin olması ve esansiyel yağ asitlerini bulundurması gibi sebeplerle glutensiz ürün geliştirmede alternatif olarak kullanılabilir besinsel değeri yüksek bir hammaddedir.

Çölyak hastalarının diyetlerinde gerekli besinsel maddelerin alınmasını sağlamak amacı ile geliştirilen bisküvi formülasyonlarında daha önce yapılan çalışmalarda pirinç unu [40], mısır unu [40], karabuğday unu [40],[41], amarant unu [42] alfalfa (*Medicago sativa L.*) unu [43] sorgum unu [44] ile yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

#### **2.4.1.1 Pirinç Unu**

Pirinç unu, *Oryza sativa* bitkisinden elde edilen ve dünyada buğdaydan sonra en çok tüketilen gıda ürünlerinden biridir. Protein miktarı düşük olmakla birlikte oldukça iyi bir nişasta kaynağıdır [23].

Pirinç unu, yüksek besinsel içeriği, hipoalerjenik, renksiz ve hoş tat özellikleri ile bebek mamaları, pudingler ve gluten intoleransı olan hastalar için geliştirilen ürünlerde sıkça kullanılmıştır. Fakat pirinç ununun bu avantajlarının yanında, hidrofobik yapısı dolayısı ile çözünmemesi ve hamurda viskoelastik yapının oluşumunu engelleyerek sonuç olarak ürünlerde, sert tekstür, kısa raf ömrü, hızlı bayatlama gibi olumsuzlukların ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Diğer glutensiz unlarda olduğu gibi pirinç unu ile yapılan hamurlarda viskoelastik özelliği sağlamak için hidrokolloidler, gamlar, pektin, karboksimetil selüloz, hidroksipropil metil selüloz gibi yapı geliştirici katkıları kullanılarak güçlü hamur yapının oluşması sağlanır [45].

Turabi ve arkadaşlarının çalışmasında ksantan gam, guar gam, ksantan-guar gam karışımı, κ-karragenan, keçi boynuzu gamı kullanılarak hazırlanan keklerde makro ve mikro yapılar incelenmiş ve en yüksek kalitede glutensiz pirinç unu kekleri, ksantan gam ve ksantan-guar gam karışımı içeren formülasyonlardan elde edildiği bildirilmiştir [46].

Montes ve arkadaşlarının [47] yaptığı çalışmada ise yalnızca tapyoka unu içeren formülasyon ile yapılan bisküvilerde, yalnızca pirinç unu ile yapılan bisküvilere oranla yayılmanın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bisküvi formülasyonunda pirinç unu artışı ile nişasta jelatinizasyonu ve su tutulumunun artması ile ilişkili olarak daha fazla özgül hacim elde edildiği gözlemlenmiştir.

#### **2.4.1.2 Yer Bademi Unu**

Yer bademi (*Cyperus esculentus* L.), *Cyperaceae* familyasında bulunan ağırlıklı olarak Kuzey Nijerya ve orta kuşakta yetiştiriciliği yapılan, yağışlı ve ılıman iklimlere sahip bölgelerde kendiliğinden yetişebilen bir kök bitkisidir. Nijerya'da siyah, kahverengi ve sarı renkli olmak üzere üç farklı tür ekimi yapılan yer bademinin sarı türü; renk, boyut ve içeriğindeki doğal bileşenler nedeniyle daha çok tercih edilen türüdür.

Ülkemizde yer bademinin ekim ve hasat çalışmalarını başlatan ilk isim Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde görev yapmış olan Ahmet Nedim Nazlıcan'dır. Nazlıcan, 1984 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde

yaptığı yüksek lisans eğitimi sırasında yer bademinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine çalışmalar yapmıştır [48]. Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından yer bademinin sarı ve kahverengi türleri tescillenip sırasıyla Sarışeker ve Balyumru isimleri verilmiştir [5]. Oladale ve arkadaşlarının [49] yaptığı çalışmada sarı ve kahverengi yer bademi türlerinin besinsel içerikleri Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de görülmektedir.

**Çizelge 2.1** Yer bademi yumrularının (Sarışeker ve Balyumru) kimyasal bileşimi (%) [49].

<b>Bileşen</b>	<b>cv. Sarışeker (%)</b>	<b>cv. Balyumru (%)</b>
Nem	3.50	3.78
Yağ	32.13	35.43
Protein	7.15	9.70
Kül	3.97	4.25
Karbonhidrat	46.99	41.22
Ham Lif	6.26	5.62
Enerji Değeri (kJ)	1343	1511

**Çizelge 2.2** Yer bademi yumrularının mineral bileşimi (mg/100g un) [49].

<b>Mineral Çeşidi</b>	<b>cv. Sarışeker</b>	<b>cv. Balyumru</b>
Kalsiyum	155	140
Sodyum	245	235
Potasyum	216	255
Magnezyum	51,2	56,3
Mangan	33,2	38,41
Fosfor	121	121
Demir	0.65	0.80
Bakır	0.02	0.01

Ade-Omowaye ve arkadaşlarının [50] yaptığı çalışmada, yer bademi ununun doğal besinsel içeriği ve tedavi edici etkisi ile fırıncılık ürünlerinde iyi bir alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada, un analizleri de gerçekleştirilip; yer bademi unu oranının artırılması, orana bağlı olarak proteinde düşüşe, öte yandan besinsel lif miktarında önemli miktarda artışa neden olmuştur.

Yer bademi, yağ, nişasta, şeker ve proteince zengin bir enerji içeriğine sahiptir. Bunun yanında yer bademinin kolon kanseri, kalp damar hastalıkları, obezite, diyabet gibi hastalıkları önlemede etkili olan besinsel lif bakımından zengin olduğu bildirilmiştir [51].

Yer bademinin lipit içeriği ve yağ asidi profili zeytinyağına yüksek oranda benzerlik gösterdiğinden iyi kalite yağ kaynağı olarak kullanılabilir olduğu kanıtlanmıştır [52],[53]. Fakat zeytin yağının karakteristik tat ve kokusu yer bademi yağında oluşmadığından daha nötral bir tada sahiptir. Yer bademi ayrıca potasyum, fosfor ve kalsiyum mineralleri açısından zengin olmakla birlikte iyi bir vitamin C ve vitamin E kaynağıdır [54].

Yer bademi unu ile yapılan çalışmalarda yüksek besinsel değeri, pişme kalitesi ile glutensiz fırıncılık ürünlerinde kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir. Literatürde, yer bademi üzerine yapılmış çalışmalar bulunmasına rağmen farklı ürünlerde kullanımının ve besinsel zenginliğinin anlaşılması için araştırmaların geliştirilmesi gerekmektedir.

Aguilar ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [55] nohut unu ve yer bademi ununun, glutensiz ekmeklerde emülgatör ve yağ kullanımını azaltma üzerine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak yer bademi ununun lipit içeriği ve nohut ununun protein içeriği emülgatör ve yağ miktarının azaltılması ile ortaya çıkacak etkileri telafi ederek pişmiş ekmek karakteristik özelliklerinin olumsuz etkilenmesi önlenmiştir.

Oke ve arkadaşlarının çalışmasında buğday unu ve yer bademi ununun 0:100, 2:98, 4:96, 6:94, 8:92, 10:90,100:0 oranlarında karıştırılması ile elde edilen karışımlarda reolojik özellikler ve besinsel içerikler incelenmiştir. Karışımda yer bademi unu oranı artışı ile besinsel lif ve mineral miktarı artarken, yer bademi unu artışı ile düşen su tutma miktarı, karışım tolerans indeksi, yumuşaklık derecesi ve reolojik özellikleri belirgin şekilde etkilemiştir [56].

#### **2.4.2 Yağ**

Yağlar, bisküvi formülasyonlarında bulunan en önemli bileşenlerden olup hamur ile bisküvi yapısını, yeme kalitesini ve tadı doğrudan etkilerler. Bisküvilerde kullanılan yağlar çeşitlilik gösterebilirken bunlar margarin, hayvansal katı yağlar, bitkisel sıvı ve katı yağlardır. Bunun yanında, bisküvilerde kullanılan yağların genel bir adı olarak 'pastacılık yağı' terimi de kullanılabilir. Pastacılık yağı (shortening) adı "shortness" (gevreklik) kelimesinden türetilmiştir ve elastik yapıya sahip olması istenmeyen bisküvi gibi ürünlerde gluten oluşumu engellenerek ağızda erime hissi, gevreklik gibi tekstürel özellikleri sağlayan bir yapıya sahiptir [23],[57]. Pastacılık

yağları palm, pamuk, soya gibi bitkisel yağlardan hidrojenasyon ile elde edilen ve oda koşullarında katı halde bulunan yağlardır. Pastacılık yağları içeriğinde su bulundurmazlar ve bundan dolayı pişirme sırasında su çıkışı olmaz ve bu da bisküvi hamurunda istenmeyen gluten gelişiminin sınırlandırılmasına neden olur.

Ayrıca fırıncılık ürünlerinde kullanılan yağ, protein ve nişastanın sürekli yapısını bozar ve gluten partikülleri yağ ile kaplanarak güçlü gluten ağ yapısının oluşumu engellenir. Bu durum, ürünün gevrek bir yapı kazanmasını sağlar. Eğer formülasyonda yağ kullanılmazsa, gluten ve nişasta partikülleri birbirlerine bağlanılarak sert ve oldukça dayanıklı bir yapı oluşmasına neden olurlar [57].

Karıştırma işlemi sırasında yağ, un partiküllerinin etrafını kaplayarak suyun un ile temasını sınırlar. Böylece gluten oluşumu sınırlı tutulmuş olur ki bisküvi hamurunda gereğinden fazla gluten oluşumu, istenmeyen derecede sert ve uzayabilme yeteneğinde olmasına sebep olur. Bu, ekme gibi ürünlerde istenen bir durum olmasına rağmen, pişmiş bisküvide sert ve çiğnemesi zor bir yapı oluşmasına neden olmaktadır [23].

### **2.4.3 Şeker**

Şekerler tüm bisküvi tiplerinde önemli bir yere sahiptir. Bisküvilerde tatlılığı sağlamak dışında, yapıyı ve tadı değiştirme ve güçlendirme gibi özellikleri vardır. Bisküvi formülasyonlarında bulunan şeker, formülasyona eklenen su miktarıyla bağlantılı olarak tamamen veya kısmi olarak çözünmektedir. Pişirme işlemi sonrasında, yeniden kristalize olmakta veya amorf katı yapı oluşumu gözlenmektedir ve bu durum pişmiş bisküvi tekstürü üzerinde oldukça etkilidir. Formülasyondaki şeker miktarı ve şeker kristallerinin boyutları hamurun yayılma oranı ve pişmiş bisküvinin sertliği, görüntüsü ve gevrekliğini etkiler. Bisküvi yapımında genel olarak pudra şekeri, invert şeker, glikoz şurubu, melas ve malt şurubu gibi irmik, pudra ve şurup şeklinde kullanılır [58]. Ayrıca, şekerler su aktivite ( $a_w$ ) değeri ve kimyasal yapılarına göre farklı oranlarda olmak üzere, nişasta içindeki kristalin bölgenin stabilize olması ve suyun şeker molekülleri tarafından immobilize edilmesi ile nişasta jelatinizasyon sıcaklığının daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesine neden olur [59], [60]. Bu durum hamurun fırın içinde daha uzun süre kabarmasına olanak sağlamaktadır. Maltoz dışında tüm

monosakkaritler disakkaritlere oranla nişasta jelatinizasyonu üzerinde daha az etkilidir [61].

#### **2.4.4 Kabartıcı Maddeler**

Kabartıcı maddeler, inorganik yapıda olan, hamura tek veya değişik kombinasyonlarla eklenebilen ve hamur içinde karbondioksit salınımı ile hamurun kabarmasına ve tekstür oluşumuna neden olan maddelerdir. Genellikle bisküvilerde kabartıcı maddeler olarak sodyum bikarbonat ve amonyum bikarbonat kullanılmaktadır [39].

Sodyum bikarbonat, gıda ürünleri için yeterince yüksek saflıkta olması, toksik olmaması, tadı fazla etkilememesi ve ulaşım kolaylığından dolayı en çok tercih edilenlerden biridir [39]. Ortamda nem varlığı ile bileşenin içindeki herhangi bir asit kaynağı ile tepkimeye girerek karbondioksit salınımına sebep olur. Eğer ortamda yeterince asit kaynağı yoksa bir kısım sodyum bikarbonat sodyum karbonat olarak üründe kalır [23].

Amonyum bikarbonat, yalnızca %5 veya daha az nem değerlerine kadar pişirilecek olan ürünlerde kullanılabilir. Eğer daha yüksek seviyede nem içeren ürünlerde kullanılırsa amonyak pişmiş ürün içinde tutulur ve tadı olumsuz şekilde etkiler. Kurabiye ve bisküvi gibi düşük nemli ürünlerde ise bu durum oluşmaz [39]. Amonyum bikarbonatın ayrışması fırın içinde pişme sırasında, özellikle 60°C'de hızlıdır [23].

#### **2.5 Bisküvi Hamurunun Reolojik Özellikleri**

Reoloji, gerilimin katı ve sıvı materyaller üzerinde neden olduğu deformasyon ve akışkanlık özelliklerini araştıran ve belirleyen bir bilim dalıdır. Materyallerde oluşan bu deformasyon ve akışkanlık özellikleri uygulanan gerilimin şiddetine, süresine ve materyalin viskozitesine bağlı olarak değişmektedir.

Maddelerin reolojik özellikleri kimya mühendisliği, eczacılık, malzeme bilimi, inşaat mühendisliği gibi alanlarda önemli yere sahiptir. Gıda teknolojisinde, reolojik özellikler üretim aşamasında izlenecek yolun tasarımı, son ürünün tekstürel ve duyuşal özellikleri konusunda yorum yapabilmeyi sağlamaktadır.

Hamurlarda yapılan reolojik çalışmalar ile elde edilen bilgiler, formülasyon geliştirme, ürünün üretim sürecinin gelişimi, optimizasyonu ve kontrolünün sağlanması ile son ürün kalitesi hakkında fikir sahibi olmada kullanılmaktadır [62]. Genel olarak reolojik yöntemler, materyale uygulanan germe tekniğine (sıkıştırma-compression, uzatma-extension, kayma-shear, bükme-torsion) ve uygulanan deformasyonun göreceli büyüklüğüne göre sınıflandırılmaktadır. Hamur reolojik ölçümlerinde kullanılan teknikler ise genel olarak tanımlayıcı ampirik teknikler ve temel reolojik teknikler olarak ikiye ayrılmaktadır. Tanımlayıcı ampirik teknikler, temel reolojik tekniklere göre uygulaması daha kolay, düşük maliyetli ve eğitimli teknik elemana ihtiyaç duyulmayan yöntemlerdir. Tanımlayıcı ampirik tekniklerde penetrometre, konsistometre, amilograf, farinograf, miksograf, ekstensograf, alveograf, çeşitli akış viskozimetreleri ve fermantasyon kayıt cihazları ile ölçümler yapılmaktadır. Bu yöntemler ile konsistans, sertlik, tekstür, viskozite gibi tahıl ürünlerinde kalite ve performansı etkileyen parametreler hakkında geniş bilgiler elde edilebildiği halde örnek geometrisinin değişken olması ve tam olarak tanımlanamaması, gerilim ile gerinim durumlarının kontrol edilememesi, düzgün dağılımlı olmayan karmaşık bir yapıda olması ve bunlardan dolayı kesme, kesme hızı, modülüs ve viskozite gibi reolojik verilerin elde edilememesi gibi eksiklikleri vardır [63]. Tahıl ürünlerinde kullanılan bir diğer yöntem olan temel reolojik tekniklerde en yaygın kullanılan test teknikleri düşük deformasyonlu salınım testleri (oscillatory testing), sünme ve iyileşme ölçümleri (creep and recovery), genişleme (extensional) ölçümleri, gerilim gevşemesi (stress relaxation) ve basit yapışkanlık, penetrasyon ve tekstür analizleri gibi diğer yüksek deformasyonlu testlerdir.

Bisküvi hamuru, pek çok gıdada olduğu gibi viskoelastik bir yapıdadır ve reolojik ölçümlerinde en çok yararlanılan yöntemler dinamik salınım ölçümleri, sünme ve iyileşme ölçümleridir.

Dinamik salınım ölçümlerinde depolama ( $G'$ ) ve kayıp ( $G''$ ) modülüs değerleri gibi reolojik özellikler zamanla sinüzoidal salınımlı gerilim veya gerinim uygulaması ile ölçülmektedir. Genellikle sinüzoidal salınımlı gerinim (strain) uygulaması, materyale belli miktarda gerilim (stress) aktarılıp, materyal üzerine iletilen bu gerilimin ölçülmesine dayanır. Sünme ve iyileşme ölçümlerinin sünme aşamasında gerilim sabit tutularak bu gerilim altında oluşan deformasyon ölçülür. İyileşme



bölümünde ise uygulanan sabit gerilim kaldırılır ve materyalde bir miktar eski duruma dönme eğilimi oluşur [64].

Hadnadev ve arkadaşları, bisküvi hamuru reolojik özelliklerinin pişmiş ürünün kalitesi üzerinde etkili olduğunu, sert ve yapışkan olmayan hamurlardan sert ve ince bisküviler elde edilirken, yumuşak ve yapışkan hamurlardan yumuşak ve kalın bisküviler elde edileceğini bildirmişlerdir [65].

Inglett ve arkadaşları, esansiyel aminoasitler ve minerallerce zengin olan amarant unu ve kolesterol düşürme etkisiyle bilinen  $\beta$ -glukan içeriği yüksek yulaf unu içeren bisküvilerde besinsel içerik ve fiziksel özelliklerin geliştirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, hamurlarda reolojik analizler ve bisküvilerde boyut analizleri ile tekstürel analizler yapmışlardır. Reolojik analizlerde, tüm formülasyonların her iki modülüs değerinde de ( $G'$  ve  $G''$ ) artan frekans ile artış gösterdiği ve depolama modülüs değerlerinin ( $G'$ ) kayıp modülüs ( $G''$ ) değerlerinden yüksek olduğu yani hamurun daha çok elastik özellik gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca, kontrol grubu olarak kullanılan ve tamamen buğday unu kullanılarak hazırlanan bisküvi hamurlarında  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin her ikisi de amarant/yulaf ve yalnızca amarant içeren formülasyonlardan düşük bulunmuştur [66].

Petrovic ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [67] ise buğday unu ile hazırlanan bisküvilerde belirli oranlarda (%5, 10 ve 15) ve değişken partikül boyutlarında (<150, 150–1,000, 800–2,000  $\mu\text{m}$ ) katılan yağsız buğday rüşeyminin ve farklı hamur nem içeriğinin (%20, %22 ve %24) hamur reolojisi ve tekstürüne olan etkisi incelenmiştir. Reolojik analizlerden salınım ölçümleri ve sünme-iyileşme ölçümleri yapılmıştır. Buğday rüşeyminde artan partikül boyutunun artması ile hamurda deformasyon uyumunun azaldığı, depolama ve kayıp modülüs değerlerinin en çok hamur nemindeki değişimden etkilendiği ve buğday rüşeyminin %5, %10 ve %15 oranında eklenmesinin bisküvi hamurunun reolojik ve tekstürel özelliklerini etkilemediği bildirilmiştir.

Aguilar ve arkadaşları [68], mısır unu ile birlikte kullandıkları yer bademi sütü, yer bademi unu, yer bademi yan ürünleri ve soya unu ile hazırlanan ekmek hamurlarında yaptıkları reolojik çalışmada tüm formülasyonlarda, depolama ( $G'$ ) modülüs değerini, kayıp ( $G''$ ) modülüs değerinden yüksek bulmuşlardır. Bunun

yanında yer bademi sütü ve yer bademi yan ürünleri ile hazırlanan hamurlarda G' değeri, yer bademi unu ve soya unu ile hazırlanan hamurlara göre daha yüksek çıkmıştır ve bu durum yer bademi sütü ile yer bademi yan ürünlerinin % un ağırlığı içinde daha yüksek oranda besinsel lif içermesi ve besinsel lif partikül boyutlarının küçüklüğü ile ilişkilendirilmiştir.

Turabi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [69] farklı hidrokolloidler (ksantan gam, guar gam, keçiyoynuzu gamı,  $\kappa$ -karragenan, hidroksi propil metil selüloz (HPMC), ksantan-guar karışımı ve ksantan- $\kappa$ -karagenan karışımı) ile hazırlanan pirinç unu içeren keklerin reolojik özellikleri incelenmiştir ve kontrol grubu olarak gam ve emülgatör bulunmayan hamur kullanılmıştır. Ksantan ve ksantan-guar gam karışımı içeren hamurlarda görünür viskozite değeri en yüksek bulunurken HPMC'li hamurlarda en düşük değer bulunmuştur. Ayrıca emülgatör kullanılmayan kekler içinde en yüksek özgül hacim değeri yalnızca ksantan gam içeren hamurlarla sağlanmıştır.

## **2.6 Pişirme Yöntemleri**

Pişirme, fırın içinde oluşan eş zamanlı kütle ve ısı aktarımı ile ürün içinde nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, suyun buharlaşması, kabartıcı bileşenlerden karbondioksit salınımı, kabuk oluşumu ve kahverengileşme reaksiyonu gibi bazı kimyasal, biyokimyasal ve fiziksel değişimlere sebep olan karmaşık bir uygulamadır [70],[71].

Bisküvi hamurları, pişirilme esnasında birçok değişime uğramaktadır. Bunlar içinde, boyut, tekstür, nem kaybı, renk ve tat gelişimi en önemli olanlardır. Pişirme üç faza ayrılabilir. Bunlardan ilki hamurun genişlemesi ve nem kaybı fazıdır. Bu iki parametredeki değişim maksimum seviyede olduğu zaman hamurda renk oluşumunun başladığı ikinci faza geçilir. Üçüncü fazda ise nem kaybı hızı azalır, yüzey rengi gelişimi yüksek oranda artar ve bisküvi inceler.

### **2.6.1 Konvansiyonel Pişirme**

Konvansiyonel pişirme yönteminde ısı, ısıtıcı ortamdan taşınım yolu ile ve fırın yüzeylerinden ışıma ile gıda yüzeyine aktarılır ve gıda yüzeyinden de iletim yolu ile gıda merkezine taşınır. Aynı zamanda, gıda içinde bulunan nem yüzeye doğru

difüzyon ile hareket etmektedir. Gıda içerisinde oluşan sıcaklık ve nem dağılımı şu eşitliklerle ifade edilebilir [70]:

$$\text{Sıcaklık Dağılımı} \quad \rho_b C_{pb} \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla(k_p \nabla T) + \rho_1 \lambda_v \frac{\partial C}{\partial t} \quad (1)$$

$$\text{Nem Dağılımı} \quad \frac{\partial C}{\partial t} = \nabla(D \nabla C) + \alpha_1 (\nabla T) \quad (2)$$

$$k_p \nabla T \cdot n = h_1 (T_a - T_s) \quad (3)$$

$$\text{Sınır Koşulları} \quad D \nabla C \cdot n = h_m (C_a - C_s) \quad (4)$$

$$k_p \nabla T \cdot n = \epsilon \sigma (T_{kw}^4 - T_{ks}^4) \quad (5)$$

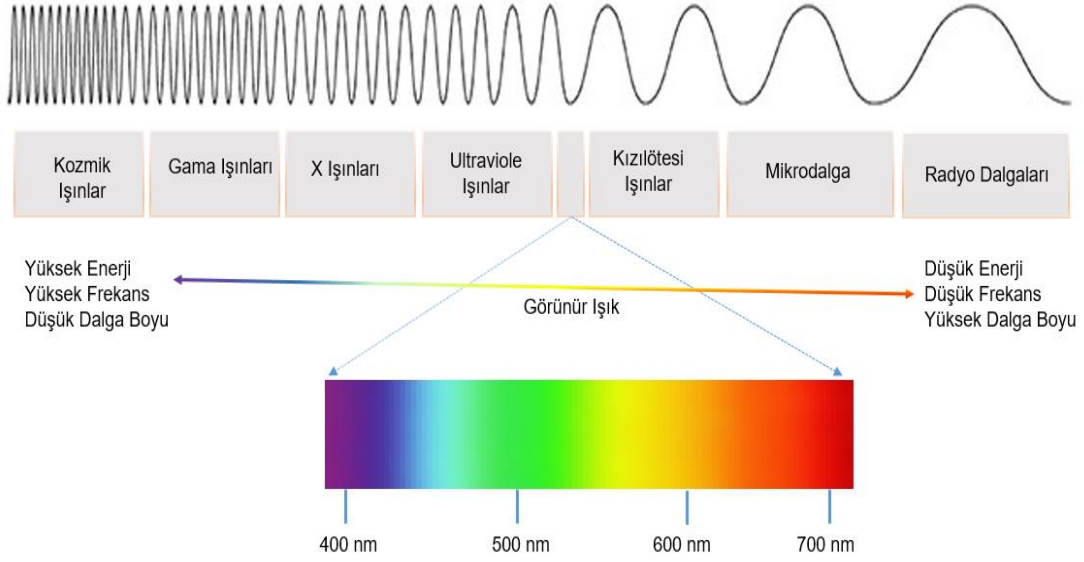
Piştirme sürecinde sıcaklık (t) ve nem dağılımını (c) ifade edebilmek için zaman ve nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak ürünün yığın (bulk) yoğunluğu ( $\rho_b$ ), ısı kapasitesi ( $C_{pb}$ ), ısı iletkenliği ( $k_p$ ), nem yayılım değerlerinin (D) bilinmesi gerekir. Ayrıca, buharlaşma gizli ısı ( $\lambda_v$ ), taşınım ile ısı ( $h_1$ ) ve nem aktarım katsayılarının ( $h_m$ ) bilinmesi de önemlidir [70]. Fırınlama işleminde radyasyonla ısı transferi de önemli düzeyde görülür ve bu durum hesaplamalara ürün, fırın yüzeyi ve hava/buhar karışımının emisyon ve absorpsiyon sabitlerinin ( $\epsilon$ ) de katılması gerektiği anlamına gelir. Eşitlik 1' in sağ tarafında bulunan ikinci terim nem kaybı ile gizli ısı kaybını açıklarken Eşitlik 2 termal gradyan nedeniyle oluşan nem transferini açıklamaktadır [70].

Uygulanan ısı işlemin miktarı ve derecesi, fırın içinin nemlilik oranı ve ısı işlem uygulama süresi piştirme işlemi sırasında önemli olan ve pişmiş ürün kalitesini doğrudan etkileyen parametrelerdir [72].

### 2.6.2 Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Piştirme

Mikrodalga, frekans değeri 300 MHz ile 300 GHz arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumda düşük

frekanslardaki radyofrekans ile yüksek frekanslardaki kızılötesi ve görünür ışık frekansları arasında bulunur ve iyonize olmayan radyasyon aralığındadırlar [73].



**Şekil 2.2** Elektromanyetik spektrum.

Mikrodalga ile pişirme yönteminde, mikrodalgaların yüklü parçacıklar ve polar moleküllerle etkileşimi ile gıda içinde ısı oluşumu gerçekleşip, oluşan bu ısı iletim yolu ile gıdada sıcaklığın artmasını sağlamaktadır. Mikrodalga fırın içerisinde ortam sıcaklığı artmaz ve gıda pişme sırasında bu ortam ile temas halinde kalmaktadır.

Mikrodalga pişirme sırasında ısı üretiminin çok hızlı olmasından dolayı pişirme işlemi kısa sürer ve bu durum, nişasta jelatinizasyonu, nişastanın enzimlerle dönüştürülmesi, hamurun genişlemesi, kabuk yapının oluşması, yüzey kahverengileşmesi gibi pişme reaksiyonlarının tamamlanamamasına sebep olabilir. Mikrodalga fırınlarda pişirme işleminde enerji denkliği aşağıdaki şekilde verilir;

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T + \frac{Q}{\rho C_p} \quad (6)$$

T sıcaklık, t zaman,  $\alpha$  termal difüzyivite,  $C_p$  gıdanın özgül ısı,  $\rho$  yoğunluk ve  $Q$  birim hacim başına üretilen ısı olarak tanımlanır.  $Q$  ile elektrik alan şiddeti ( $E$ ) arasındaki ilişki, Maxwell'in elektromanyetik dalga eşitliğinden türetilmiştir [74];

$$Q = 2\pi\epsilon_0\epsilon''fE^2 \quad (7)$$

$\epsilon_0$  boş alanın dielektrik sabiti,  $\epsilon''$  gıdanın dielektrik kayıp faktörü,  $f$  fırının frekansı ve  $E$  ise elektrik alan yoğunluğunun kök ortalama karesini (rms) temsil eder.

Mikrodalga ısıtmanın konvansiyonel yöntemine göre pek çok avantajları bulunmaktadır. Bunlar, son ürünün besinsel değerinin daha iyi korunması, pişirme süresinin daha kısa olması ve enerji tasarrufu sağlaması, mikrodalga fırın ekipmanlarının daha az yer kaplaması gibi avantajlardır.

Mikrodalga ve konvansiyonel pişirme yöntemleri arasındaki en önemli farklılık konvansiyonel fırınlarda yüzeyde kahverengileşme sağlanabilirken mikrodalga fırınlarda ortam sıcaklığı ve dolayısı ile gıda yüzey sıcaklığının artmamasından dolayı pek çok tat ve renk yapılarının oluşumunda etkili Maillard reaksiyonunun oluşumunun engellenmesidir. Ayrıca mikrodalga ile pişirme süresinin konvansiyonel yöntemine göre oldukça kısa olması aroma gelişimini kısıtlamaktadır. Bunun yanında, mikrodalga enerjisi ile konvansiyonel yöntemine göre farklı derecelerde ve oranlarda oluşan buharlaşma ile farklı tat ve aroma oluşumları gözlemlenebilir [75].

Mikrodalga ile pişirme yönteminde ortaya çıkan kabuk yapısı oluşumu ve kahverengileşme ile ilgili sorunları ortadan kaldırmak için mikrodalga fırınların farklı pişirme yöntemleriyle kombinasyonundan faydalanılmıştır. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirme yöntemi, mikrodalga'nın yüzey rengi ve Maillard reaksiyonu oluşumu üzerindeki yetersizlikleri ve kızılötesi sistemlerde işlemin uzun sürmesi gibi dezavantajları ortadan kaldıran ve gıda teknolojisinde geleneksel pişirme sistemine alternatif bir uygulama olmaktadır.

Kızılötesi ışınım, genel olarak güneşin ısıtma etkisi olup elektromanyetik spektrumunda 0.76  $\mu\text{m}$  ile 1000  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığında bulunmaktadır ve görünür ışık ile radyo dalgaları arasında yer almaktadır. Kızılötesi ışınım kaynağı yüksek sıcaklık değerlerine sahiptir. Bu değer 500-3000°C arasında değişir ve bu durum kızılötesi ısıtmada taşınım ile ısı aktarımı olmasına neden olmaktadır [20].

Şumnu ve arkadaşlarının [76] yaptığı çalışmada mikrodalga, kızılötesi ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme yöntemleri, geleneksel pişirme yöntemi karşılaştırılmış ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirilen keklerin yüzey renkleri ve sertlik değerlerinin geleneksel yöntemle aynı olduğu fakat kek hacminin geleneksel yöntem ile pişirilen keklerden %23 daha az olduğu ve su kaybetme miktarının %50 daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Turabi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [46], glutensiz pirinç unu keklerinde konvansiyonel ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmenin keklerin mikro ve makro yapıları üzerindeki etkileri araştırılmış ve kızılötesi-mikrodalga fırın ile pişirilen keklerde gözenek alanı fraksiyon değeri daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, kızılötesi-mikrodalga fırında keklerin hızlı bir şekilde sıcaklıklarının artması ve kek içinde artan nem basıncı ile daha gözenekli ve zayıf kekler elde edilmesi ile açıklanmıştır.

Keskin ve arkadaşlarının [77] farklı fırın tipleri ile ekmek pişirme üzerine yaptıkları çalışmada, halojen lamba gücü ve mikrodalga gücü arttıkça ağırlık kaybının arttığı, yalnızca halojen lamba gücünün artırılması ekmek hacmini azaltırken, sertliğini etkilemediği, sertliğin mikrodalga gücünün artmasıyla arttığı belirlenmiştir. Demirkesen ve arkadaşlarının [78] çalışmasında farklı oranlarda kullanılan kestane unu ve pirinç unundan yapılan ksantan-guar gam karışımli ve emülgatör eklenmiş glutensiz ekmeklerin kızılötesi-mikrodalga fırınlarda pişirilmesi ile oluşan gözenek yapıları incelenmiştir. Kestane unu ile yapılan ekmeklerde daha büyük gözeneklerin oluşumu görülürken pirinç unu ile yapılan ekmeklerde daha küçük gözeneklerin oluşumu görülmüştür. Ayrıca kestane unu oranı azaltıldıkça daha düzgün dağılımlı bir yapı oluştuğu bildirilmiştir.

Demirkesen ve arkadaşlarının [79] yaptığı bir başka çalışmada ise farklı oranlarda kullanılan yer bademi ve pirinç unu ekmeklerinin kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve geleneksel fırınlarda pişirilmesi ile değişen bazı kalite parametreleri incelenmiş ve yer bademi ununun belirli oranda eklenmesinin ekmek kalitesini önemli derecede arttırdığı ve geleneksel fırında pişirilen 10/90 oranında yer bademi unu/pirinç unu ile hazırlanan ekmeklerin, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen 20/80 yer bademi unu/pirinç unlu ekmekler ile aynı sertlik, hacim ve renk değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Keskin ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [80], kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerin kalite özellikleri konvansiyonel yöntem ile karşılaştırılmıştır. Bisküvilerde yayılma oranı, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında geleneksel fırına göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ayrıca her iki fırında pişirilen bisküviler sertlik ve renk değerlerine göre kıyaslandıklarında kızılötesi-mikrodalga fırında %70 halojen lamba gücü ve %20 mikrodalga gücü kullanılarak pişirilen bisküviler, konvansiyonel yöntemle benzer sonuçlar vermiştir.

## **2.7 Bisküvilerin Kalite ve Tekstürel Özellikleri**

Bisküvi kalitesi, kullanılan hammaddelerin kalitesi, hamur hazırlama süreci, pişirme yöntemi gibi pek çok faktörden etkilenebilmektedir. Bisküvi hamurunun büyük bir kısmını oluşturan içeriklerden un protein kalitesi ve protein miktarı ile, şeker partikül boyutu, yağ ise plastikleşme özelliği ve katı yağ indeksi ile bisküvi kalitesi üzerinde etkin rol oynamaktadır. Hamur, ekme, bisküvi gibi ürünlerinde ara bir ürün olarak yapısı ile son ürün kalitesini ve hamurun işlenebilirliğini doğrudan etkiler ve bu yüzden reolojik tanımlamalar oluşacak ürünün kalite değerlendirmesinde önemli yere sahiptir. Hamur viskozite değerinin bisküvi kalitesini etkilediği bildirilmiştir [23]. Literatürde bisküvi kalitesi değerlendirmeleri, bisküvilerde yapılan renk ve boyut analizleri (kalınlık, çap), yayılma oranı ve tekstür analizleri ile belirlenmiştir.

Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı'nın (ISO) yaptığı tanımlamaya göre tekstür, bir ürünün ilk ısırıktan yutma anına kadar tüm mekanik (sertlik, iç yapışkanlık, viskozite, elastikiyet, dış yapışkanlık), geometrik (boyut, şekil, partikül yerleşimi) ve yüzey özelliklerinin (ürün yüzeyinde bulunan nem ve/veya yağdan kaynaklı ağızda oluşan his) devinim ve tensel duyu reseptörleri ile görsel ve işitsel reseptörler tarafından algılanabilir olmasıdır [80].

Gıda ürünlerinde, sertlik, dış yapışkanlık, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, kırılma gibi tekstürel özelliklerin belirlenmesinde duyu ve enstrümantal yöntemler kullanılabilir.

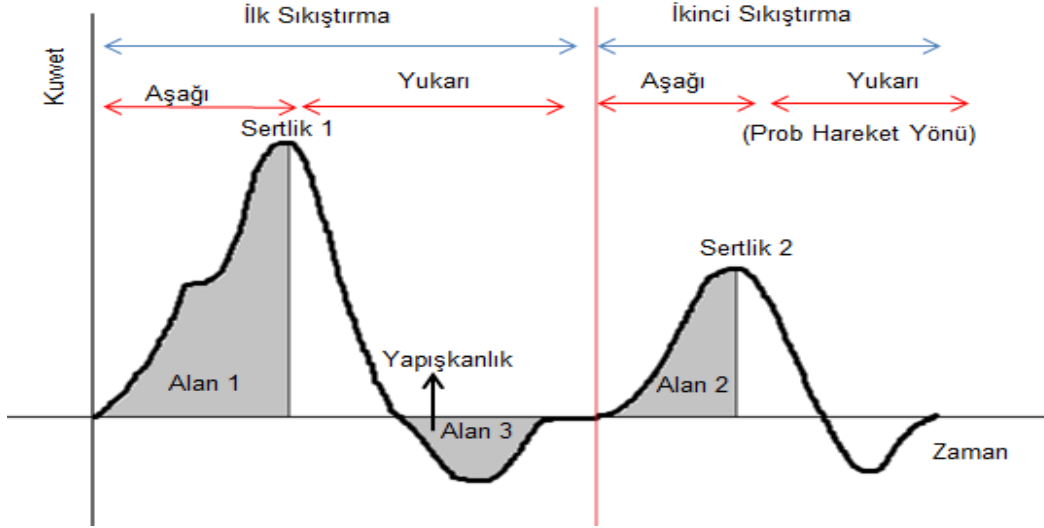
Duyusal yöntemlerde, ölçümler eğitilmiş panelistler ile uygun panel ortamlarında yapılır ve yöntem öncelikli olarak dokunma duyusuna dayalı olmaktadır. Bunun

yanında görme ve işitme de toplam tekstür profili değerlendirmesinde önemli yere sahiptir. Duyusal yöntemin enstrümantal yöntemle göre eğitilmiş panelistler gerektirmesi, alınan sonuçların tekrarlanabilirliğinin düşük olması ve maliyetinin yüksek olması gibi dezavantajları bulunmaktadır.

Enstrümantal yöntemler, zaman, maliyet ve tekrarlanabilirlik açısından avantajlar sağlamaktadır. Bu yöntemler çeşitli gıda maddeleri için değişiklik gösterebilirken tekstür profil analizi yöntemi sıkça kullanılan yöntemlerden biridir. Tekstür profil analizi (TPA) yönteminde genellikle yaklaşık 1 cm<sup>3</sup> olan bir ısırık boyutundaki (bite-size) gıda maddesi iki kez belirli bir kuvvet ile yaklaşık olarak orijinal uzunluğunun %80'ine sıkıştırılarak ağızda çiğneme olayı taklit edilir ve kırılma, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik, elastiklik, sakızımsılık, sertlik gibi duyusal özellikler belirlenir [64]. Tekstür profil analizi cihazları ile yapılan testlerde zamana karşı uygulanan güç grafiklerinde oluşan pozitif ve negatif yönlü dalgalanmaların her biri belirli bir tekstürel özelliği temsil eder.

Kuvvetin ilk kez uygulaması (ilk sıkıştırma) ile oluşan pozitif yönlü pik bölgesindeki ilk kırılma kuvveti gıda maddesinin kırılma kuvvetini, oluşan ilk bölgenin pik yüksekliği ise sertliğini temsil eder (Şekil 2.3). Bunun yanında, iç yapışkanlık ikinci sıkıştırma ile oluşan pozitif alanın ilk sıkıştırma ile oluşan pozitif alana oranı ile ifade edilir ( $\text{Alan } 2 / \text{Alan } 1$ ). Dış yapışkanlık, gıda maddesi içerisine giren probun dışarı çıkabilmesi için yapılan işi temsil eder ve ilk sıkıştırma ile oluşan negatif yönlü pik ile ölçülür. Elastiklik, ilk sıkıştırma bitip ikinci sıkıştırma başladığı ana kadar geçen sürede gıdanın eski boyuna gelme durumu ile ifade edilir. Diğer iki parametreden biri olan sakızımsılık, iç yapışkanlık ile sertlik değerlerinin çarpımı ile, çiğnenebilirlik ise sakızımsılık ve elastiklik değerlerinin çarpımı ile elde edilmektedir.





**Şekil 2.3** Tekstür profil analizi eğrisi [64].

Sarabhi ve arkadaşları, amarant unu, nohut unu ve mısır nişastasının farklı oranlarda kullanıldığı bisküvi hamurlarında, bisküvi kalitesinin yüksek oranda yayılma faktörü ve depolama modülüs değeri,  $G'$  arasında negatif; bisküvi yoğunluğu,  $\tan \delta$  ve kayıp modülüs değeri,  $G''$  arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmiştir [65].

Bisküvi yapımında çok sert veya çok yumuşak hamur pişmiş üründe beklenen kalitenin oluşmasına engel olmaktadır. Sertlik, bisküvilerde istenmeyen bir özellik olmakla birlikte, kırılgnalık veya esneklik aşırı seviyelerde olmadıkça istenen karakteristik özelliklerdendir [81].

Chauhan ve ark. yaptığı çalışmada [82], ham ve çimlendirilmiş glutensiz amarant unu ile hazırlanan bisküvilerde sertlik değerlerinin kontrol grup olarak kullanılan buğday unlu bisküvilere göre düşük olduğu belirlenmiştir [42]. Amarant unu ile yapılan bir başka çalışmada ise, bisküvi formülasyonunda amarant unu miktarı arttıkça sertliğin azaldığı bildirilmiştir.

Zahra ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise [83], farklı oranlarda yer bademi unu ve mısır unu ile yapılan bisküvilerde tekstürel özellikler incelenmiş ve formülasyonda yer bademi unu miktarı artışı ile sertlik değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun yanında, formülasyonlar arasında teknolojik açıdan en iyi kalite özelliklerine sahip olan bisküvilerin %20 yer bademi unu içerenler olduğu bildirilmiştir.

## 2.8 Bisküvi Hamurunun Termal Özellikleri

Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK), materyalin ısı kapasitesinin ( $C_p$ ) sıcaklık ile değişimini belirleyen bir termal analiz yöntemidir. Kütlesi bilinen bir numunenin ısıtılması veya soğutulması sırasında ısı akışındaki değişimin etkisi ile oluşan ısı kapasitesindeki değişimler izlenir. DTK ile termal analizler, gıda, tarım, ilaç, polimer gibi değişik alanlarda kullanılabilir. Hamur gibi nişastalı yapıya sahip olan gıdalarda ürün kalitesini etkileyen en önemli termal özellikler nişasta jelatinizasyon entalpisi ve retrogradasyondur [84].

Villemejeane ve arkadaşlarının çalışmasında protein ve besinsel lif ile zenginleştirilen bisküvilerde proteoliz ve amiloliz özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. DTK ile yapılan analizler sonucunda protein veya besinsel lif ile zenginleştirilmiş bisküvilerde, zenginleştirme yapılmamış kontrol bisküvilere oranla daha yüksek jelatinizasyon başlangıç ( $T_o$ ) ve pik ( $T_p$ ) sıcaklıkları belirlenmiştir.  $T_o$  ve  $T_p$  değerleri en yüksek protein ve besinsel lif ile zenginleştirilmiş bisküvilerde, en düşük kontrol grupta bulunmuştur [85].

Ndife ve arkadaşlarının çalışmasında [86] ise buğday, mısır ve pirinç nişastalarının su ile 1.0:1.0, 1.0:1.5, 1.0:2.0 (ağırlık/ağırlık) oranlarında hazırlanan dispersiyonların mikrodalga fırında 15-30 saniye ısıtılması ile nişasta jelatinizasyon dereceleri DTK kullanılarak ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. 15 ile 25 saniye aralığındaki mikrodalga ısıtmalarında mısır nişastası jelatinizasyon hızının buğday ve pirince göre anlamlı olarak düşük olduğu bildirilmiştir. Fakat 25 saniyeden fazla süren ısıtmalarda nişasta türleri arasında jelatinizasyon hızları önemli farklılık göstermemiştir.

Özkoç ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [87] konvansiyonel, mikrodalga ve kızılötesi-mikrodalga fırınlarda pişirilen ekmeklerde bayatlama sırasında meydana gelen fizikokimyasal değişimler izlenmiştir. DTK ile yapılan termal analizlerde pişirmede kullanılan fırın tipinin ekmek bayatlama hızını etkilediği bildirilmiştir. Mikrodalga ile pişirilen ekmeklerde bayatlama hızı en yüksek iken, konvansiyonel fırın ile pişirilen ekmeklerde bayatlama hızı en düşük bulunmuştur. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonunun mikrodalga ile ortaya çıkan hızlı bayatlama problemini engellemek için kullanılabileceği bildirilmiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada ise kek hamurlarında yüksek fruktozlu mısır şurubunun (HFCS) nişasta jelatinizasyonu üzerine etkileri incelenmiş ve sukroz yerine HFCS eklenmesi ile nişasta jelatinizasyonu başlangıç sıcaklığında artış görüldüğü bildirilmiştir [88].

Laguna ve arkadaşlarının çalışmasında, buğday unu ve dirençli nişasta (100:0, 40:60) ile zenginleştirilmiş bisküvi hamurları ve konvansiyonel olarak pişirilmif bisküvilerin termal özellikleri incelenmiştir. Tüm rnekler 70°C civarında endotermik pik göstermiş olup bisküvi hamurlarında oluşan pikler karşılığı olan pişmiş bisküvilere göre daha düşük sıcaklıklarda görülmüştür. Bisküvi hamurları ve karşılığı olan bisküvilerin jelatinizasyon sıcaklığında görülen bu düşüşün pişirme işlemi sırasında oluşan ısı ve nem muamelelerinden kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir [89].

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

Bisküvi formülasyonlarında kullanılan pirinç unu Selva Gıda San. A.Ş.'den (Konya, Türkiye) temin edilmiştir. Yer bademi yumruları (*Cyperus esculentus*, cv. Balyumru ve Sarışeker, 2016), Çukurova Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü'nden (Adana, Türkiye) temin edilmiş ve öğütüldükten sonra 0,5 mm çaplı elekler ile elenmesi ile un haline getirilmiştir. Sofra tuzu, amonyum bikarbonat ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ), sodyum bikarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ), pudra şekeri (Dr. Oetker, İzmir, Türkiye), yağsız süt tozu (Pınar A.Ş., İzmir, Türkiye) ve bitkisel margarin (Unipro, İstanbul, Türkiye) yerel marketlerden tedarik edilmiştir. Yüksek fruktozlu mısır şurubu (HFCS), Cargill (Bursa, Türkiye), ksantan gamı ise Sigma Aldrich (Steinheim, Almanya) tarafından tedarik edilmiştir.

#### 3.2 Kimyasallar ve Diğer Yardımcı Malzemeler

Toplam besinsel lif tayininde, toplam besinsel lif test kiti (TDF 100A, Sigma Aldrich, Steinheim, Almanya), etanol (Merck, Almanya), sodyum fosfat dibazik (Sigma Aldrich, Almanya), sodyum fosfat monobazik (Sigma Aldrich, Almanya), sodyum hidroksit (Merck, Almanya), hidroklorik asit (Merck, Almanya), petrol eter (Sigma Aldrich, Almanya), aseton (Merck, Almanya), zedelenmiş nişasasta tayininde; sülfirik asit (Merck, Almanya), Whatman filtre kağıdı (İngiltere), mineral tayininde ise; nitrik asit (%65) ve kalsiyum, potasyum, magnezyum standartları (Chem Lab, Belçika) kullanılmıştır.

#### 3.3 Yer Bademi Ununun Hazırlanması

Yer bademi yumruları, musluk suyu ile yıkandıktan sonra oda koşullarında kurumaya bırakılmış tamamen kurduklarında ise laboratuvar tipi değirmende öğütülmüş (Foss Tecator, 1095 Knifetec, Hogan, İsveç) ardından 0,5 mm delik aralıklarına sahip elek kullanılarak elenmiştir. Kullanım anına dek +4°C'de, buzdolabında muhafaza edilmiştir.

Unlarda ve bisküvilerde yapılan toplam besinsel lif ve mineral analizlerinde yağ oranının fazla olması sonuçlarda sapmalara sebep olacağından yağ ayırma işlemi uygulanmıştır. Yağ ayırma işlemi, Yalçın'ın [90] kullandığı yöntemde bazı

değişiklikler yapılarak uygulanmıştır. 7,5 g örnek üzerine 15 ml petrol eteri eklendikten sonra 5 dakika vortekslenmiş ve ardından 0°C sıcaklıkta 4500 rpm hızda 5 dakika süresince santrifüjlenmiştir. Kalan sıvı kısım uzaklaştırılmış ve tekrar petrol eter eklenerek işlemler renksiz sıvı elde edene kadar tekrarlanmıştır.

### **3.4 Bisküvi Hamurunun Hazırlanışı**

Bisküvi hamurları, AACC 10-54.01 [91] numaralı yöntemde yapılan bazı değişiklikler ile uygulanmış olup formülasyon içeriği Çizelge 3.1'de verilmiştir. Formülasyonlar, 40 g un baz alınarak hazırlanmış olup yer bademi ununun (YBU) etkisini incelemek için farklı yer bademi unu oranları (%10, %20, %30, %40, %50) ve sadece pirinç unu (PU) ile hazırlanan (kontrol grubu) formülasyonlar kullanılmıştır. Ayrıca yer bademi ununda oldukça fazla olan yağ içeriğinden dolayı formülasyonda yağ oranı azaltılmıştır ve glutenin sağladığı viskoelastik yapıyı sağlaması için formülasyona hidrokolloid (ksantan gam) eklenmiştir.

Hamurun hazırlanmasında, ilk olarak pudra şekeri, sodyum bikarbonat, tuz, yağsız süt tozu ve bitkisel margarin, tezgah tipi mikser kullanılarak (Kitchen Aid, 5K45SS, ELKGROVE Village, ABD) krema kıvamı oluşumuna kadar toplam 3 dakika, 1 dakika aralıklarla 135 rpm hızında karıştırılmıştır. Daha sonra, önceden hazırlanmış amonyum bikarbonat, su ve yüksek fruktoz mısır şurubu (HFCS) karışımı, mikserdeki karışım üstüne eklenerek toplam 1 dakika süresince 15 saniye aralıklarla 135 rpm hızında karıştırılmıştır. Son olarak farklı oranlarda hazırlanmış unlar ve ksantan gam, karışımın üstüne eklenmiş ve 10 saniye aralıklarla toplam 30 saniye, 95 rpm hızında homojen bir karışım elde edene kadar karıştırılmıştır. Bisküviler, kalınlıkları 3 mm ve çapları 60 mm olacak şekilde daire olarak şekillendirilmiştir.

**Çizelge 3.1** Bisküvi formülasyonu.

<b>Bileşenler</b>	<b>Miktar</b>
Un (g)	40.0
Yağ (g)	8.0
Pudra Şekeri (g)	16.8
Mısır Şurubu (g)	0.6
Yağsız Süt Tozu (g)	0.4
Su (ml)	8.8
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> (g)	0.2
NaHCO <sub>3</sub> (g)	0.4
NaCl (g)	0.4
Ksantan gam (g)	0.5

### **3.5 Pişirme Yöntemleri**

#### **3.5.1 Konvansiyonel (Geleneksel) Pişirme**

Gerçekleştirilen ön denemeler ile bisküvi hamurları 200, 150 ve 130 °C sıcaklıklarda sırasıyla 7, 12 ve 17 dakika süresince pişirilmiştir. 200 ve 150 °C sıcaklıklarda yapılan denemelerde kontrol grubunda (% 100 PU) şekil/kalite bozuklukları oluşmuş; bu nedenle pişirme şartları 130°C sıcaklıkta 17 dakika süre ile ev tipi fırında (Arçelik A.Ş., İstanbul, Türkiye) yapılmıştır. Tek seferde 12 bisküvi pişirilmiştir.

#### **3.5.2 Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Pişirme**

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında (Advantium™, General Electric, Louisville, KY, ABD), mikrodalga ısıtma sistemi ile beraber yakın-kızılötesi ısıtma sağlayan iki adet üstte ve bir adet altta olmak üzere 3 adet her biri 1500 W güce sahip halojen lambalar bulunmaktadır.

Farklı halojen lamba ve mikrodalga güçleri kullanılarak yapılan ön denemeler sonucunda kontrol grubu ve farklı oranlarda YBU içeren formülasyonların pişirme kaliteleri dikkate alınarak değerlendirmeler yapılmış ve en uygun pişirme koşullarının % 20 mikrodalga gücü, % 70 alt halojen lamba gücü ve % 70 üst halojen lamba gücü olduğu belirlenmiştir. Pişirme süresi ise 3.75 dakika olarak belirlenmiştir. Yapılan IMPI-2L testi sonuçlarına göre fırının mikrodalga gücü 706 W olarak bulunmuştur [92].

Pişirme, tek seferde iki adet bisküvi hamuru ile yapılmış ve işlem sırasında fırının 4 köşesine, pişirme sırasında aşırı nem kaybını önlemek için her birinde 400 ml su bulunan 4 adet cam beher yerleştirilmiştir [93].

### **3.6 Unların Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri**

#### **3.6.1 Nem Tayini**

Unlarda nem tayini, AACC Metot No 44.01'a göre numunlere etüvde 105°C sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar bekletilmiş ve ilk tartım ağırlığı ile son tartım ağırlığı arasındaki fark ile belirlenmiştir [91]. Sonuçlar, dört tekrar üzerinden ortalama değer alınarak yüzde olarak ifade edilmiştir.

#### **3.6.2 Protein Tayini**

Unlarda ham protein tayininde, AACC Metot No 46.12 Kjeldahl yöntemi uygulanmıştır [91]. Hesaplamalarda sabit çarpan olarak yer bademi unu için 6,25 [94] pirinç unu için 5.95 [95] sabit değerleri kullanılmıştır. Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer alınarak yüzde olarak ifade edilmiştir.

#### **3.6.3 Yağ Tayini**

Unlarda yapılan ham yağ tayininde AACC Metot No 30.25 Soxhlet yöntemi kullanılmıştır ve çözücü madde olarak petrol eteri kullanılmıştır [91]. Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer alınarak yüzde olarak ifade edilmiştir.

#### **3.6.4 Toplam Kül Tayini**

Unlarda toplam kül miktarı tayini, AACC Metot No 08.01'e göre yapılmıştır [91]. Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer alınarak yüzde olarak ifade edilmiştir.

#### **3.6.5 Toplam Karbonhidrat Tayini**

Unların toplam karbonhidrat miktarları, nem, ham protein, ham yağ, toplam kül miktarlarının tayininden sonra, her bir un için bu değerlerin toplamının 100'den çıkarılması ile elde edilmiştir. Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer alınarak yüzde olarak ifade edilmiştir.

### 3.6.6 Toplam Nişasta Tayini

Unlarda, toplam nişasta tayini, nişastanın optikçe aktif olma özelliğinden faydalanılan standart polarimetrik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Polarimetrik yöntemde suda çözünmeyen nişasta, % 25'lik (w/w) hidroklorik asit yardımı ile çözüldürüldükten sonra Carrez I ve Carrez II çözeltileri ile ayrıştırılmış ve kaba süzme kağıdından süzöldükten sonra polarimetrede kör örneğe karşı okutmaları yapılmıştır. Polarimetrede okunan değer yer bademi unu için 10.87, pirinç unu için 10.76 faktörü ile çarpılmıştır.

### 3.6.7 Toplam Besinsel Lif Tayini

Un örneklerindeki toplam besinsel lif tayini, toplam besinsel lif test kiti, (TDF 100A, Sigma-Aldrich, Steinheim, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde ilk olarak, yağı uzaklaştırılmış ve kuru olan numuneler  $\alpha$ -amilaz enzimi ile muamele edilmiş ve daha sonra numunedeki protein ve nişasta kalıntılarını uzaklaştırmak için proteaz ve amiloglikosidaz enzimleri ile parçalanmıştır. Numune içindeki çözünebilir besinsel lifleri çöktürmek için etanol eklenmiş ve oluşan kalıntı, gooch krozelerden vakum pompa yardımı ile filtre edilmiştir. Gooch krozelerde toplanan kalıntılar kurutulduktan sonra aynı numune için hazırlanan iki farklı kalıntıdan biri ile kül, diğeri ile protein analizleri yapılmıştır. Krozede toplanan kalıntı ağırlığı, protein miktarı ve kül miktarı arasındaki bağıntıdan toplam besinsel lif miktarı Eşitlik 8' e göre yüzde olarak hesaplanmıştır. Analizler iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{ Toplam Besinsel lif} = [R_{\text{numune}} - P_{\text{numune}} - A_{\text{numune}} - B]/S] \times 100 \quad (8)$$

P = Ortalama Protein Ağırlığı (mg)

W<sub>3</sub> = Kül + Celite + Kroze Ağırlığı

R = Ortalama Kalıntı Ağırlığı (mg)

W<sub>2</sub> = Kalıntı + Celite + Kroze Ağırlığı

S = Ortalama Numune Ağırlığı (mg)

W<sub>1</sub> = Celite + Kroze Ağırlığı

A = Ortalama Kül Ağırlığı (mg)

Kalıntı Ağırlığı = W<sub>2</sub>-W<sub>1</sub>

Kül Ağırlığı = W<sub>3</sub>-W<sub>1</sub>

B = R<sub>kör</sub> - P<sub>kör</sub> - A<sub>kör</sub>



### **3.6.8 Zedelenmiş Nişasta Tayini**

Unlarda zedelenmiş nişasta miktarının belirlenmesinde, yöntem olarak, zedelenmiş nişastaların küf kaynaklı yüksek saflıkta  $\alpha$ -amilaz enzimi ile parçalanması ve reaksiyon ürünlerinin maltoz-glikoz analiz kitleri yardımı ile belirlenmesine dayanan yöntem kullanılmıştır. Analizler, zedelenmiş nişasta test kiti (Megazyme International Ireland Ltd., İrlanda) kullanılarak yapılmıştır. Dört tekrarlı olarak çalışılmış ve ortalama değerler yüzde olarak ifade edilmiştir.

### **3.6.9 Su ve Yağ Tutma Kapasitesi**

Su ve yağ tutma kapasiteleri Chinma ve arkadaşlarının [96] uyguladığı yöntemde bazı değişiklikler yapılarak belirlenmiştir. 1 gram un numunesi üzerine 20 ml saf su veya bitkisel yağ eklenmiş ve 3 dakika boyunca vorteks ile karıştırılmıştır. Numuneler oda koşullarında 30 dakika bekletildikten sonra 500 g hızında ve 4°C sıcaklıkta 1 saat süresince santrifüjlenmiştir. Emilmeden kalan su veya yağ miktarı mezür ile ölçülmüş ve başlangıç miktarı ile emilmeden kalan miktar arasındaki farktan su ve yağ tutma miktarları ml/g birimi ile üç tekrarın ortalaması olarak hesaplanmıştır.

### **3.6.10 Mineral Tayini**

Unlarda yapılan mineral tayininde, yer bademi unu içeriğindeki yüksek yağ oranından dolayı verilerde sapmaya sebep olabileceğinden öncelikle yağ ayırma işlemi yapılmıştır. İlk aşama olan yakma işleminde kül oranlarına bakılarak pirinç ununda 1 g, yer bademi ununda 2 g numune alınarak 650°C'deki kül fırınında 5 saat yakılmışlardır. Oluşan küller derişik nitrik asit ile çözüldürüldükten sonra deiyonize su ile kalsiyum analizleri için 100 ml'ye ve potasyum ve magnezyum analizleri için 5000 ml'ye seyreltilmiştir. Örneklerin mineral miktarları, referans standartlara (kalsiyum, potasyum, magnezyum) karşılık olarak Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) (Thermo Fisher Scientific, iCE3000, USA) kullanılarak belirlenmiştir. İki tekrarlı olarak çalışılmış ve sonuçlar ortalama değer olarak ppm düzeyinde verilmiştir.

### **3.6.11 Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi**

Nişasta jelatinizasyon entalpisi ölçümleri Demirkese ve arkadaşlarının çalışmasında bazı değişiklikler uygulanarak yapılmıştır [79]. 4 mg un numunesi

hermetik olarak kapatılan alüminyum kaplara tartılıp üzerlerine 3 katı kadar saf su eklenmiştir ve 24 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Nişasta jelatinizasyon entalpi değerleri TA Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC Q20, TA Instrument, USA), ile ölçülmüştür ve numune sıcaklıkları 10 °C/dak. artışla 25°C'den 130°C'ye çıkarılmıştır. Başlangıç ( $T_{\text{başlangıç}}$ , °C), pik ( $T_{\text{pik}}$ , °C), bitiş ( $T_{\text{bitiş}}$ , °C) sıcaklıkları ve nişasta jelatinizasyon entalpisi ( $\Delta H$ , g/numune) değerleri kaydedilmiştir.. Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer olarak verilmiştir.

### **3.7 Bisküvi Hamurlarının Reolojik, Tekstürel ve Fiziksel Özellikleri**

#### **3.7.1 Hamurda pH ölçümü**

Kontrol ve farklı oranlarda yer bademi unu içeren bisküvi hamurlarının pH değerleri, kapalı uçlu pH-metre kullanılarak ölçülmüştür. Üç tekrarlı olarak çalışılmış, sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir.

#### **3.7.2 Hamurlarda Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi**

Hamurlarda nişasta jelatinizasyon entalpisi ölçümleri Demirkesen ve arkadaşlarının çalışmasında bazı değişiklikler uygulanarak yapılmıştır [79]. Farklı oranlarda (% 0, 10, 20, 30, 40, 50) YBU kullanılarak hazırlanan bisküvi hamuru numuneleri -80°C buzdolabında dondurulduktan sonra liyofilizatör ile kurutma işlemi yapılmıştır. Kurutulan hamurların nişasta jelatinizasyon entalpisi analizleri, bölüm 3.6.11'de açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Başlangıç ( $T_{\text{başlangıç}}$ , °C), pik ( $T_{\text{pik}}$ , °C), bitiş ( $T_{\text{bitiş}}$ , °C) sıcaklık değerleri ve jelatinizasyon entalpisi ( $\Delta H$ , g/numune) değerleri kaydedilmiştir. Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer olarak verilmiştir.

#### **3.7.3 Hamurlarda Dinamik Salınım (Oscillatory) Ölçümleri**

Reolojik ölçümler, paralel plakalı reometre ile (Malvern, Kinexus Lab +, UK) Mert ve arkadaşlarının çalışmaları referans alınarak gerçekleştirilmiştir [97]. Yaklaşık 2 g bisküvi hamuru örneği, 3 mm aralığında ve 20 mm çapındaki plakalar arasında ölçüm pozisyonuna getirildikten sonra levhalar arasından taşan hamur ölçüm öncesi dinlendirme aşamasında ve ölçüm sırasında oluşabilecek nem kaybını önlemek için spatül yardımı ile alınmış ve koruyucu kapak kapatılıp 10 dakika boyunca dinlenmeye bırakılmıştır. Tüm ölçümler 25°C' de yapılmıştır. Dinamik salınım ölçümleri yapılmadan önce, kontrol bisküvi hamuru ve farklı oranlarda yer

bademi unu içeren bisküvi hamuru örneklerinde doğrusal viskoelastik bölgeyi belirlemek için 1 Hz frekansta ve % 0,1 ile % 100 gerinim aralığında ölçümler yapılmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak dinamik salınım ölçümleri, her bir hamur formülasyonun doğrusal bölge içinde olduğu % 0,5 gerinim değeri kullanılarak yapılmıştır.

Dinamik salınım ölçümleri, 10 Hz ile 0,1 Hz aralığında sabit % 0,5 gerinim değerinde yapılmıştır. Sonuç olarak, depolama modülü (G') ve kayıp modülü (G''), kompleks viskozite ve  $\tan \delta$  değerleri belirlenmiştir. Her bir formülasyon için dinamik salınım ölçümleri iki tekrarlı olarak çalışılmış ve sonuçlar ortalama değerler ile belirtilmiştir.

#### **3.7.4 Hamurlarda Sünme ve İyileşme (Creep and Recovery) Ölçümleri**

Sünme ve iyileşme ölçümleri de paralel plakalı reometre ile (Malvern, Kinexus Lab +, UK) Laguna ve arkadaşlarının çalışması referans alınarak gerçekleştirilmiştir [89]. Yaklaşık 2 g bisküvi hamuru örneği, 3 mm aralığında ve 20 mm çapındaki plakalar arasında ölçüm pozisyonuna getirildikten sonra levhalar arasından taşan hamur ölçüm öncesi dinlendirme aşamasında ve ölçüm sırasında oluşabilecek nem kaybını önlemek için spatül yardımı ile alınmış ve koruyucu kapak kapatılıp 10 dakika boyunca dinlenmeye bırakılmıştır. Tüm ölçümler 25°C'de yapılmıştır. Yapılan ön-deneme çalışmalarında bisküvi hamurunun sabit viskoz akış özelliği gösterdiği ölçüm parametreleri, toplam 1200 s ölçüm süresi (sürünme 600 s, geri kazanım 600 s) ve 30 Pa gerilim uygulaması olarak belirlenmiştir. Ölçümler, iki tekrarlı olarak yapılmıştır ve sonuçlar uygulanan birim gerilim ile oluşan sünme uyumu (creep compliance, Pa<sup>-1</sup>) üzerinden verilmiştir. Bu deformasyon aşağıdaki Eşitlik 9 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$J(t) = \frac{\gamma(t)}{\sigma_0} \quad (9)$$

#### **3.7.5 Hamur Tekstür Analizi**

Tekstür analizleri, Manohar ve arkadaşlarının çalışması [98] referans alınarak tekstür Analiz Cihazı (TA.XT Plus, Stable Micro System, İngiltere) ile yapılmıştır ve ölçümlerde 2 mm çapında silindir uç kullanılmıştır. Hamur parçaları 10 mm kalınlığında 4 mm çapında silindir olarak şekillendirilmiştir. Ölçümler 10 N yük

hücresi kullanılarak yapılmıştır. Silindir uç hamur yüzeyinden 10 mm uzaklıkta sabitlenmiş ve 2 mm/s test hızı ile hamur yüksekliğinin % 50'sine kadar içeriye nüfuz etmesi sağlanmıştır. Hamurlarda sertlik, esneklik, iç yapışkanlık ve konsistans değerleri ölçülmüştür. Ölçümler beş tekrar olarak gerçekleştirilip; sonuçlar ortalama değerler olarak verilmiştir.

### **3.8 Bisküvilerin Bazı Fiziksel, Fonksiyonel ve Besinsel Özelliklerinin Belirlenmesi**

Bisküvilerde, ağırlık kaybı, çap, kalınlık, yayılma oranı, tekstür analizi, üst renk gibi kalite parametreleri, konvansiyonel ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyon yöntemleriyle pişirilen örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Pişirme yöntemi ve yer bademi unu oranının, bu kalite parametreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Toplam besinsel lif miktarı ve mineral tayinleri yalnızca kızılötesi-mikrodalga kombinasyonu ile pişirilen bisküvilerde gerçekleştirilmiştir.

#### **3.8.1 Ağırlık Kaybı**

Konvansiyonel ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyon yöntemleriyle pişirilen farklı oranlarda yer bademi unu içeren bisküvilerin pişme öncesi ve sonrası ağırlık kaybı değerlerine bakılarak değişen yer bademi unu oranı ile farklı iki pişirme yönteminin etkisi belirlenmiştir. Ölçümler altı tekrar olarak yapıldı; sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir.

$$\text{Ağırlık Kaybı (\%)} = (W_{\text{hamur}} - W_{\text{bisküvi}}) / W_{\text{hamur}} \quad (10)$$

$W_{\text{hamur}}$ : Hamur ağırlığı (g)

$W_{\text{bisküvi}}$ : Bisküvi ağırlığı (g)

#### **3.8.2 Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri**

Bisküvilerde fiziksel özellikler Manohar ve arkadaşlarının çalışması referans alınarak yapılmıştır [99]. Bisküvi kalınlıklarında 4 adet bisküvinin üst üste konulması ile ölçümler alınmıştır. Yapılan 3 ölçüm ortalamasının 4'e bölünmesi ile bisküvi kalınlık değeri mm olarak elde edilmiştir.

Bisküvi çapı ölçümü, 4 adet bisküvinin yan yana aralarında boşluk kalmayacak şekilde sıralanarak kumpas ile yapılmıştır. Daha sonra bisküviler 90° açı ile

döndürülerek ikinci bir ölçüm alınmıştır. Yapılan 2 ölçüm ortalamasının 4'e bölünmesi ile bisküvi çapı değeri mm olarak elde edilmiştir.

Yayıma oranı, bisküvi genişliğinin (G) bisküvi kalınlığına (K) oranı olarak hesaplanmıştır. Ölçümler üç tekrar olarak yapılmıştır ve sonuçlar ortalama değer olarak verilmiştir.

### 3.8.3 Tekstür Analizi

Konvansiyonel ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyon yöntemleriyle pişirilen bisküvilerde tekstür analizleri Tekstür Analiz Cihazı (TAPlus, Llyod Instruments, UK) ile Keskin ve arkadaşlarının çalışması referans alınarak yapılmıştır [80]. Ölçümlerde 3 dayanaklı eğme aparatı (three-point bending jig) kullanılmıştır. Prob alt tablası 30 cm aralıklı olarak ayarlanmıştır ve prob hareket mesafesi 20 cm, prob test hızı 2 mm/s olarak belirlenmiştir. Bisküvilerde sertlik ölçümleri dört tekrarlı olarak yapılmıştır ve sonuçlar N cinsinden ortalama olarak verilmiştir.

### 3.8.4 Renk Analizi

Renk analizi Minolta CR-10 renk analiz cihazı (Osaka, Japan) kullanılarak bisküvi numunelerinin üst yüzeylerinden farklı iki noktadan alınan ölçümlerle yapılmıştır. Renk analizlerinde referans olarak baryum klorür (BaCl<sub>2</sub>) kullanılmıştır. CIE\*, L\*,a\*,b\* renk skalası kullanılmıştır. Renk skalasında a\*; -100 (yeşil)'den +100 (kırmızı)'ya, b\*; -100 (mavi)'den +100 (sarı)'ya ve L\*; 0 (siyah)'tan 100 (beyaz)'a doğru olan değişimi ifade eder. Renk analizleri, dört paralel olarak çalışılmıştır ve sonuçlar ortalama değerler olarak verilmiştir.

$$\Delta E = [(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2]^{1/2} \quad (11)$$

### 3.8.5 Bisküvilerde Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi

Farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30, %40, %50) YBU kullanılarak hazırlanan ve kızılötesi-mikrodalga fırında pişirilen bisküvi örnekleri öğütüldükten sonra hermetik olarak kapatılan alüminyum kaplara 4 mg tartılıp üzerlerine 3 katı kadar saf su eklenmiştir ve 24 saat dinlenmeye bırakılmıştır. Bisküvilerde nişasta jelatinizasyon entalpisi analizleri bölüm 3.6.11'de unlar için açıklandığı şekilde gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer olarak verilmiştir.

### **3.8.6 Toplam Besinsel Lif Miktarı Tayini**

Farklı yer bademi unu oranlarının bisküvilerin toplam besinsel lif miktarına olan etkisini belirlemek için analizler toplam besinsel lif test kiti (TDF100A, Sigma Aldrich, Almanya) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar iki tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

### **3.8.7 Mineral Tayini**

Tüm bisküvi formülasyonlarında yapılan mineral tayininde bisküvilerde öncelikle yağ ayırma işlemi yapılmıştır. İlk aşama olan yakma işleminde 2 g numune tartılmış ve 650°C'deki kül fırınında 5 saat yakılmıştır. Oluşan küller derişik nitrik asit ile çözüldürüldükten sonra deiyonize su ile kalsiyum analizleri için 100 ml'ye; potasyum ve magnezyum analizleri için 5000 ml'ye seyreltilmiştir. Bisküvi örneklerinin mineral miktarları, referans standartlara (kalsiyum, potasyum, magnezyum) karşılık olarak Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi (AAS) (Thermo Fisher Scientific, iCE3000, USA) kullanılarak belirlenmiştir. İki tekrarlı olarak çalışılmış ve sonuçlar ortalama değer olarak ppm düzeyinde verilmiştir.

### **3.9 İstatistiksel Analizler**

Yapılan analizlerin verilerinin birbirlerinden anlamlı olarak ( $p \leq 0.05$ ) farklı olup olmadığının anlaşılması açısından MINITAB (Minitab 18, State Collage, Pennsylvania, USA) istatistik programı kullanılarak tek yönlü ve çift yönlü ANOVA analizleri yapılmıştır. Anlamlı farklılıklar belirlendiğinde ayrıca Tukey çoklu karşılaştırma testleri de gerçekleştirilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Unların Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri

#### 4.1.1 Unların Kimyasal Özellikleri

Yer bademi unu (YBU) ve pirinç ununda (PU) gerçekleştirilen kimyasal analizlere göre unların içerdiği nem, protein, yağ, toplam karbonhidrat, toplam nişasta ve kül değerleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.

YBU'da ham yağ ve toplam kül değerleri PU'ya göre yüksek bulunmuştur. PU'da ise nem, protein, toplam nişasta ve toplam karbonhidrat değerlerinin YBU'dan olarak yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.1** Yer bademi unu ve pirinç ununun kimyasal kompozisyonu (Kuru madde bazında).

Kimyasal Özellik (%)	Un Tipi	
	YBU	PU
Nem	6.90 ± 0.018	10.56 ± 0.086
Protein	5.29 ± 0.035	8.66 ± 0.103
Yağ	28.12 ± 0.033	0.78 ± 0.013
Toplam Karbonhidrat	63.71 ± 0.077	89.87 ± 0.069
Toplam Nişasta	26.62 ± 0.233	88.51 ± 0.139
Kül	2.88 ± 0.024	0.68 ± 0.019

Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir.

YBU: Yer bademi unu

PU: Pirinç unu

YBU ve PU yağ değerleri kuru madde bazında sırası ile % 28.12 ve % 0.78 olarak bulunmuştur. Yer bademi ve yan ürünleri genellikle yağ asidi profili ile diğer glutensiz ürünler arasından ayrılırlar. Coşkuner ve arkadaşlarının [100] yaptığı çalışmada yer bademi lipit profilinin zeytinyağı ve fındık yağı profili ile benzer olduğu belirtilmiştir. Ayrıca yağ, kayganlaştırıcı etkisi sayesinde hamurun plastisitesi ve dolayısıyla yoğrulabilirliği üzerinde etkilidir [101]. Kül miktarı YBU'da (% 2.88) PU'ya (% 0.68) göre daha yüksek bulunmuştur. Kül miktarı mineral madde yoğunluğu ile orantılıdır ve YBU kıyasla başta kalsiyum, fosfor ve potasyum olmak üzere minerallerce zengindir [49]. Protein ve nişasta değerleri sırasıyla YBU için % 5.29, % 26.62 ve PU için % 8.66, % 88.51 olarak

bulunmuştur. Unda bulunan protein ve nişasta miktarı ekmek, kek, bisküvi gibi ürünlerde hamur viskozitesi ve ürün kalitesi üzerinde doğrudan etkisi olan parametrelerdir. Genel olarak, yüksek proteinli unlarla hazırlanan bisküvilerde su tutmanın yüksek olması ile birlikte hamur viskozitesi artış göstermekte ve bu durum pişme sırasında hamurun yayılmasına engel olarak bisküvilerde önemli bir kalite kriteri olan yayılma oranının düşmesine sebep olmaktadır [43].

Karbonhidrat içeriği toplam bileşim (%100) üzerinden karbonhidrat olmayan bileşenlerin yüzdelerinin (protein, nem, kül ve yağ) çıkarılması ile elde edilmiştir ve PU'da YBU'ya göre yüksek bulunmuştur. Yapılan bir diğer çalışmada yer bademi ununda protein miktarı, yağ, kül ve toplam karbohidrat miktarları sırası ile % 4.89, % 31.15, % 3.75 ve % 54.36 olarak bulunmuştur [102].

#### 4.1.2 Su ve Yağ Tutma Kapasiteleri

YBU ve PU' da yapılan analizlerde su tutma (STK) ( $\text{ml}_{\text{su}}/\text{g}_{\text{kuru numune}}$ ) ve yağ tutma kapasitesi (YTK) ( $\text{ml}_{\text{yağ}}/\text{g}_{\text{kuru numune}}$ ) değerleri kuru madde bazında Çizelge 4.2'de verilmiştir. STK ve YTK değerlerinin her ikisi de YBU'da, PU'dan yüksek bulunmuştur. STK, unun içeriğinde bulunan besinsel lif miktarına, kimyasal ve fiziksel yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir [103]. YBU'da güçlü su bağlama yeteneğine sahip besinsel lif oranının yüksek değerlikte ve nem değerinin düşük değerlikte olması STK değerinin PU'ya göre fazla olmasına sebep olabilmektedir [104], [105]. Bu durum YBU'nun nem oranı bisküviye göre oldukça fazla olan ekmek gibi ürünlerde kullanımının uygun olacağını da göstermektedir.

**Çizelge 4.2** Yer bademi unu ve pirinç ununun su ve yağ tutma kapasitesi değerleri (Kuru madde bazında).

Un Tipi	STK ( $\text{ml}_{\text{su}}/\text{g}_{\text{kuru numune}}$ )	YTK ( $\text{ml}_{\text{yağ}}/\text{g}_{\text{kuru numune}}$ )
YBU	2.15 ± 0.005	1.75 ± 0.275
PU	1.68 ± 0.007	1.16 ± 0.287

Sonuçlar üç tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir.

STK: Su tutma kapasitesi

YTK: Yağ tutma kapasitesi

Aynı şekilde YTK değeri, YBU'da PU'ya göre daha yüksek bulunmuştur. YTK, unun kimyasal yapısından etkilendiği gibi çözünmeyen besinsel lif miktarı ile de doğrudan ilişkilidir. Herhangi bir formüle çözünmeyen besinsel lif eklenmesi,



ortamda bulunan yağın absorbe edilmesini olumlu yönde etkiler ve ölçülen bu miktar, yağ tutma kapasitesi ile ifade edilmektedir [106].

Sanchez-Zapata ve arkadaşları [51], yer bademi lifi ile yaptıkları çalışmada yüksek oranda toplam besinsel lif miktarı içerdiğini (59.71g/100g) ve bu miktarın %99.8'inin çözünmeyen lifler olduğunu bildirmişlerdir. Yine YBU'da besinsel lif miktarının fazla olması yağ tutma kapasitesini de olumlu yönde etkilemektedir. YTK değerinin YBU' da yüksek olması, YBU ile hazırlanan ürünlerde daha iyi tat oluşumu ve ağız hissi sağlama gibi etkilere neden olmaktadır. Oladele ve arkadaşlarının çalışmasında iki farklı yer bademi türünde (sarı ve kahverengi) su tutma kapasiteleri 1.37 ve 1.26 ml/g, yağ tutma kapasiteleri ise 1.07 ve 1.13 ml/g olarak belirlenmiştir [49].

#### 4.1.3 Unlarda Toplam Besinsel Lif

Besinsel lifler, glutensiz ürünlerde eksikliğine sıkça rastlanan, sağlık üzerinde ise pek çok olumlu etkisi olan yapılardır. Yeterli miktarda besinsel lif tüketimini sağlayan bireylerde koroner kalp hastalıkları, hipertansiyon, şeker hastalığı, obezite ve belirli gastrointestinal hastalıkların görülme riskinin diğer bireylere göre az olduğu bildirilmiştir. Ayrıca besinsel lifler kan basıncını ve kolesterol düzeyini düşürücü etkiye sahiptir [107]. Üretim teknolojisi açısından besinsel liflerin, yüksek su ve yağ tutma kapasiteleri, jel yapı oluşturma potansiyelleri, hamur yapıya yağın sağladığı bazı avantajları sağlayabilme özelliği ile ürün tekstürünü geliştirme, duyu özellikleri iyileştirme ve raf ömrünü uzatma gibi pek çok avantajı bulunmaktadır [37], [108].

Unlarda yapılan toplam besinsel lif tayini sonucunda YBU ve PU için değerler sırasıyla kuru madde bazında %22.44 ve %4.62 olarak bulunmuştur. Sonuçlar Çizelge 4.3'te standart sapmaları ile gösterilmektedir.

**Çizelge 4.3** Yer bademi unu ve pirinç ununda toplam besinsel lif miktarları (kuru madde bazında, %).

Un Tipi	Toplam Besinsel Lif (%)
YBU	22.44 ± 0.066
PU	4.62 ± 0.188

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir.  
YBU: Yer bademi unu, PU: Pirinç unu

#### 4.1.4 Unlarda Zedelenmiş Nişasta

Zedelenmiş nişasta miktarı, unun elde edildiği ham maddenin sertliği ve öğütülme şekline bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Lamberts ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada [109], kahverengi pirinçlerde öğütme derecesine bağlı olarak toplam nişasta ve zedelenmiş nişasta miktarlarındaki değişim izlenmiş ve öğütme derecesindeki artış ile her iki değer de arttığı bildirilmiştir. YBU ve PU'da yapılan analizler sonucunda zedelenmiş nişasta miktarının PU'da YBU'dan fazla olduğu tespit edilmiştir. YBU ve PU'da bulunan zedelenmiş nişasta miktarı verileri ortalama değerler ve standart sapmaları ile Çizelge 4.4' te görülmektedir.

**Çizelge 4.4** Yer bademi unu ve Pirinç ununda zedelenmiş nişasta miktarı değerleri (kuru madde bazında).

Un Tipi	Zedelenmiş Nişasta (%)
YBU	0.73±0.057
PU	8.91±0.343

Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir.

YBU: Yer bademi unu

PU: Pirinç unu

Zedelenmemiş nişasta granülleri ağırlığının %33'üne kadar su tutabilirken zedelenmiş nişastalar ağırlığı kadar su tutma yeteneğine sahiptir ve dolayısı ile unda zedelenmiş nişasta miktarındaki artış STK'da artışa sebep olmaktadır [23]. Ancak PU'da YBU'ya göre fazla olan zedelenmiş nişasta miktarı unlar arasında STK değerini beklenen şekilde etkilememiştir ve YBU'da STK değeri PU'ya göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun sebebinin, YBU'da PU'ya göre daha yüksek olan toplam besinsel lif içeriği olduğu söylenebilir. Ayrıca yapılan çalışmalarda zedelenmiş nişasta miktarındaki artışın bisküvide önemli bir kalite kriteri olan yayılma oranını olumsuz yönde etkilediği de bildirilmiştir [110], [111].

#### 4.1.5 Unlarda Mineral Madde Miktarları

Minerallerin, vücudumuzda güçlü kemik yapının oluşumu, hormon salgılama, sinirlerde impuls iletimi, eritrosit hücrelerinin oluşumu, kan glikoz seviyesinin düzenlenmesi gibi pek çok işlevi bulunmaktadır [112].

YBU ve PU için yapılan mineral tayinlerinde kalsiyum, potasyum ve magnezyum miktarları belirlenmiştir. Belirlenen mineral değerleri (ppm) Çizelge 4.5'te

verilmektedir. Analizlerde potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin her biri YBU' da PU' ya göre yüksek bulunmuştur. Ancak her iki un tipinde de bulunan değerler literatürden farklılık göstermektedir [109], [113], [114], [115], [49]. Örneğin Heinemann ve arkadaşlarının [114] çalışmasında pirinç ununda K, Ca ve Mg değerleri sırası ile 0.127, 0.118, 0.055 g/100 g olarak belirlenirken, Arafat ve arkadaşlarının çalışmasında [115] yer bademi yumrularında Ca ve Mg değerleri sırası ile 152.0 ve 55.3 ppm olarak belirlenmiştir. Mineral değerleri arasındaki bu farklılıklar unların üretimde kullanılan yer bademi ve pirincin genotipindeki, ekim koşulları ve toprak tipindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabilmektedir. Bunun yanında beyaz pirinç elde etme aşamalarında gerçekleştirilen kavuz ayırma ve parlatma işlemlerinin de pirinçte mineral miktarının azalmasına sebep olduğu bildirilmiştir [114].

**Çizelge 4.5** Yer bademi unu ve pirinç ununun mineral madde miktarları (ppm).

Un Tipi	Mineral Miktarı (ppm)		
	K	Ca	Mg
YBU	2520.8 ± 82,9	1926.5 ± 49,23	1445.5 ± 23,6
PU	369.4 ± 35,1	291.3 ± 2,62	126.4 ± 5,81

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir.

YBU: Yer bademi unu

PU: Pirinç unu

#### 4.1.6 Unların Nişasta Jelatinizasyon Entalpisi

Yapılan Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) analizlerinde, nişasta jelatinizasyonunun başlangıç sıcaklığı ( $T_{\text{başlangıç}}$ , °C), pik sıcaklığı ( $T_{\text{pik}}$ , °C), bitiş sıcaklığı ( $T_{\text{bitiş}}$ , °C) ve gram kuru numune ağırlığı bazında nişasta jelatinizasyon entalpisi ( $\Delta H$ ) (J/g<sub>kuru numune</sub>) değerleri kaydedilmiştir ve Çizelge 4.6' da ortalama değerleri ile görülmektedir.

**Çizelge 4.6** YBU ve PU'nun nişasta jelatinizasyon değerleri.

Un Tipi	Nişasta Jelatinizasyon Değerleri			
	$T_{\text{başlangıç}}$ (°C)	$T_{\text{pik}}$ (°C)	$T_{\text{bitiş}}$ (°C)	$\Delta H$ (J/g <sub>kuru numune</sub> )
YBU	69.8 ± 0.05	77.9 ± 0.22	86.4 ± 0.25	2.99 ± 0.127
PU	59.3 ± 0.12	69.9 ± 0.56	83.4 ± 0.08	7.99 ± 0.133

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değerleri ile verilmiştir.

YBU: Yer bademi unu, PU: Pirinç unu

$T_{\text{başlangıç}}$  ve  $T_{\text{bitiş}}$  sıcaklıkları jelatinizasyonun başladığı ve bittiği sıcaklıkları  $T_{\text{pik}}$  ise nişastanın jelatinizasyon dönüşümünün gerçekleştiği sıcaklığı ifade etmektedir. Entalpi değeri ( $\Delta H$ ) ise jelatinizasyonun tamamlanması için gerekli olan enerjiyi ifade eder. YBU ve PU'da yapılan analiz sonuçları

YBU için  $T_{\text{başlangıç}}$  ve  $T_{\text{bitiş}}$  sıcaklıkları PU'dan daha yüksektir ve jelatinizasyonun tamamlanması için gerekli olan entalpi değeri YBU'da, PU'ya göre daha düşük bulunmuştur. Demirkesen ve arkadaşlarının YBU ve PU ile yaptığı çalışmada  $T_{\text{başlangıç}}$ ,  $T_{\text{pik}}$  ve  $T_{\text{bitiş}}$  değerleri de YBU'da daha yüksek olup entalpi değeri ise YBU'da daha düşük bulunmuştur [79]. Bu durum YBU'nun nişasta içeriğinin PU'ya göre oldukça az olması ve bu nedenle yapı içindeki tüm nişasta jelatinizasyonunun daha düşük enerji ile tamamlanabilmesine sebep olmuştur.

Yapılan analizlerde DTK termogramları EK A1' de verilmiştir.

## 4.2 Bisküvi Hamurlarının Reolojik, Tekstürel ve Fiziksel Özellikleri

### 4.2.1 Bisküvi Hamurlarının pH Değerleri

Çizelge 4.7'de formülasyonda YBU oranının artışı ile hamur pH değerinde oluşan değişim gösterilmiştir. YBU'nun formülasyonda artması ile hamur pH'ında azalış olduğu belirlenmiştir. Hamurda pH değerinin artan YBU kullanımı ile azalması yer bademi ununun asidik özelliğinin pirinç unundan yüksek olduğunu göstermektedir. Yapılan Tukey çoklu karşılaştırma testinde her bir formülasyonda pH değerinin birbirinden anlamlı olarak farklı olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ).

**Çizelge 4.7** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının pH değerleri.

% YBU	pH Değeri
0	7.86 ± 0.051 <sup>a</sup>
10	7.71 ± 0.015 <sup>b</sup>
20	7.54 ± 0.002 <sup>c</sup>
30	7.35 ± 0.002 <sup>d</sup>
40	7.12 ± 0.015 <sup>e</sup>
50	6.95 ± 0.099 <sup>f</sup>

Sonuçlar üç tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir satırda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ). YBU: Yer bademi unu

Builders ve arkadaşlarının çalışmasında, yer bademi nişastası üzerinde pH değerinin etkisi araştırılmış ve asidik, nötral ve alkali pH değerlerinin jelatinizasyon entalpisi, köpük oluşturma kapasitesi, donma-çözünme stabilitesi, çözünürlük, paste clarity gibi fizikokimyasal özellikler üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir [116]. Tüm istatistik analiz sonuçları EK B1' de verilmektedir.

#### 4.2.2 Bisküvi Hamurlarında Dinamik Salınım Ölçümleri

Bisküvi üretiminde hamurun reolojik özellikleri hem bisküvinin kalite özellikleri hem de üretimi aşamasında tekrarlanabilirliği hakkında bilgi edinmek açısından oldukça önemli olmaktadır.

Bisküvi hamurlarının reolojik ölçümleri sırasında gerçekleştirilen dinamik salınım ölçümlerinde 0,1-10 Hz frekans aralığında sabit gerinim değerinde (%0,5) hamurların davranışı gözlemlenmiştir. Bu ölçümlerde elde edilen depolama modülü ( $G'$ , Pa) ve kayıp modülü ( $G''$ , Pa) değerleri hamurun sırasıyla elastik ve viskoz yapılarını temsil etmektedir.

Çizelge 4.8' de, sabit 5 Hz frekans değerinde dinamik salınım ölçümleri sonucu elde edilen  $G'$ ,  $G''$ , kompleks viskozite ( $\eta^*$ , Pa.s) ve  $\tan \delta$  değerleri belirtilmiştir. 5 Hz frekans değeri rastgele seçilmiş olup verilerin YBU oranındaki değişimden ne derece etkilendiğini daha net görebilmek için seçilmiştir.

**Çizelge 4.8** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının 5 Hz frekansta  $G'$ ,  $G''$ ,  $\eta^*$  ve  $\tan \delta$  değerleri.

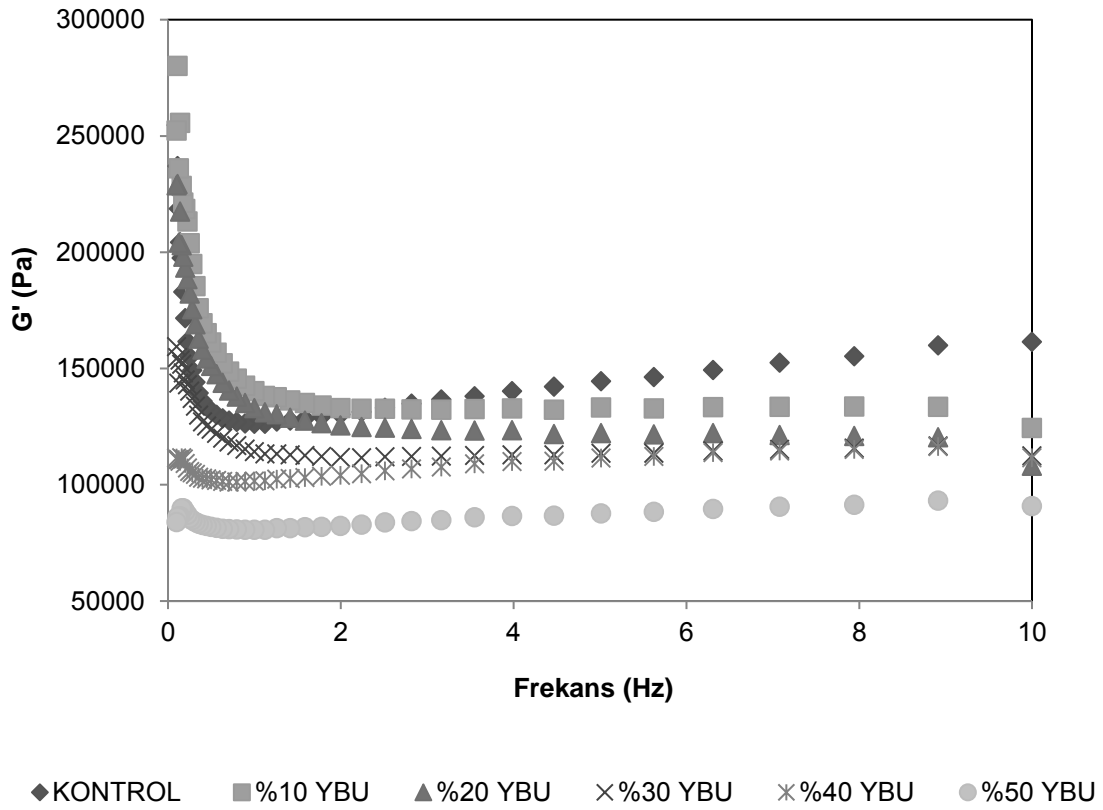
% YBU	$G'$ (Pa $\times 10^{-5}$ )	$G''$ (Pa $\times 10^{-5}$ )	$\eta^*$ (Pa.s)	$\tan \delta$
0	1.4445 <sup>a</sup>	0.8616 <sup>a</sup>	5342 <sup>a</sup>	0,596 <sup>a</sup>
10	1.3315 <sup>ab</sup>	0.7778 <sup>ab</sup>	4897 <sup>ab</sup>	0,584 <sup>a</sup>
20	1.2220 <sup>ab</sup>	0.7152 <sup>ab</sup>	4497 <sup>ab</sup>	0,585 <sup>a</sup>
30	1.1350 <sup>abc</sup>	0.6400 <sup>bc</sup>	4138 <sup>bc</sup>	0,564 <sup>a</sup>
40	1.1140 <sup>bc</sup>	0.6750 <sup>bc</sup>	4136 <sup>bc</sup>	0,606 <sup>a</sup>
50	0.8765 <sup>c</sup>	0.5302 <sup>c</sup>	3254 <sup>c</sup>	0,606 <sup>a</sup>

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değerleri ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0,05$ ).

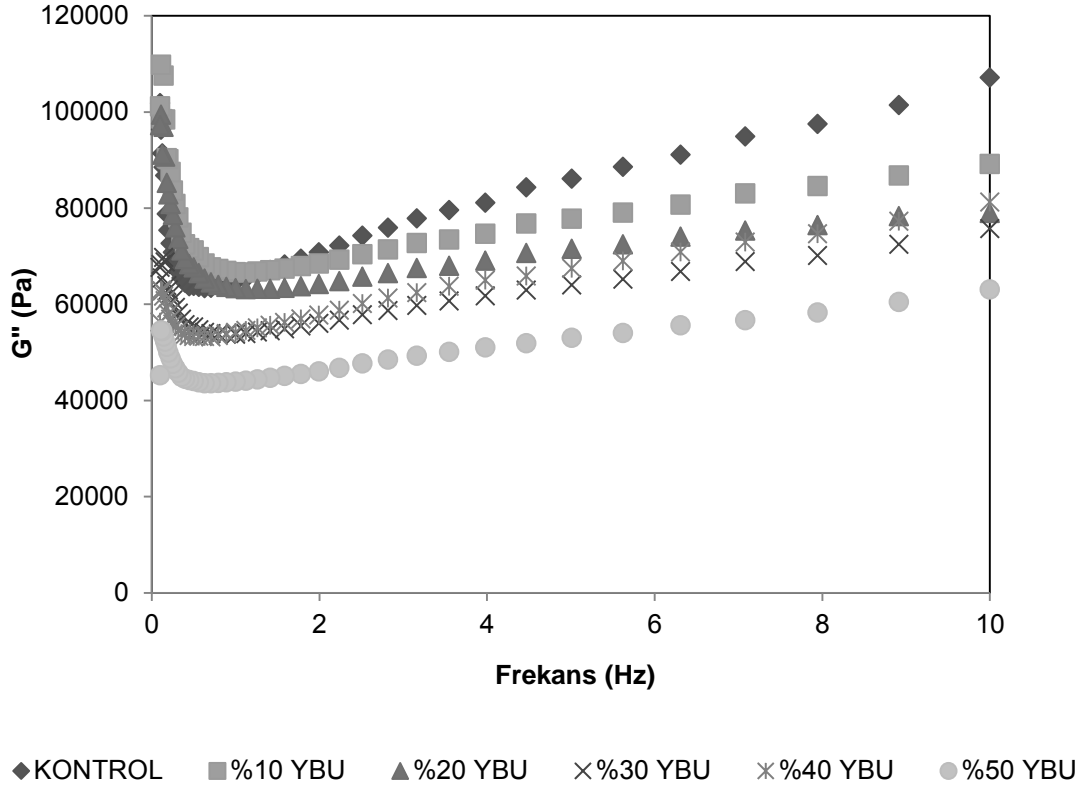
YBU: yer bademi unu,  $G'$ : depolama modülü,  $G''$ : kayıp modülü,  $\eta^*$ : kompleks viskozite

Bisküvi hamurlarının  $G'$  ve  $G''$  değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, her bir hamur için depolama modülü,  $G'$  değerlerinin kayıp modülü,  $G''$  değerlerine göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuca göre tüm bisküvi hamurlarının genel

olarak katı-elastik benzeri yapı gösterdiği söylenebilmektedir [117]. Bununla birlikte her iki modül değerinin formülasyonda YBU miktarı artışı ile değişimine bakıldığında  $G'$  değeri için kontrol hamur örneği, %40 ve %50 YBU içeren hamurlardan anlamlı olarak farklı bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ).  $G''$  ve  $\eta^*$  değerlerinde ise kontrol hamur örneği, %30, %40 ve %50 YBU içeren hamurlardan anlamlı olarak farklıdır ( $p \leq 0,05$ ). Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de sırasıyla farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının dinamik salınım ölçümlerinde elde edilmiş olan  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin frekansa göre değişimleri görülmektedir.



**Şekil 4.1** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının depolama modülü ( $G'$ ) değerlerinin frekansa göre değişimleri.



**Şekil 4.2** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının kayıp modülü ( $G''$ ) değerlerinin frekansa göre değişimleri.

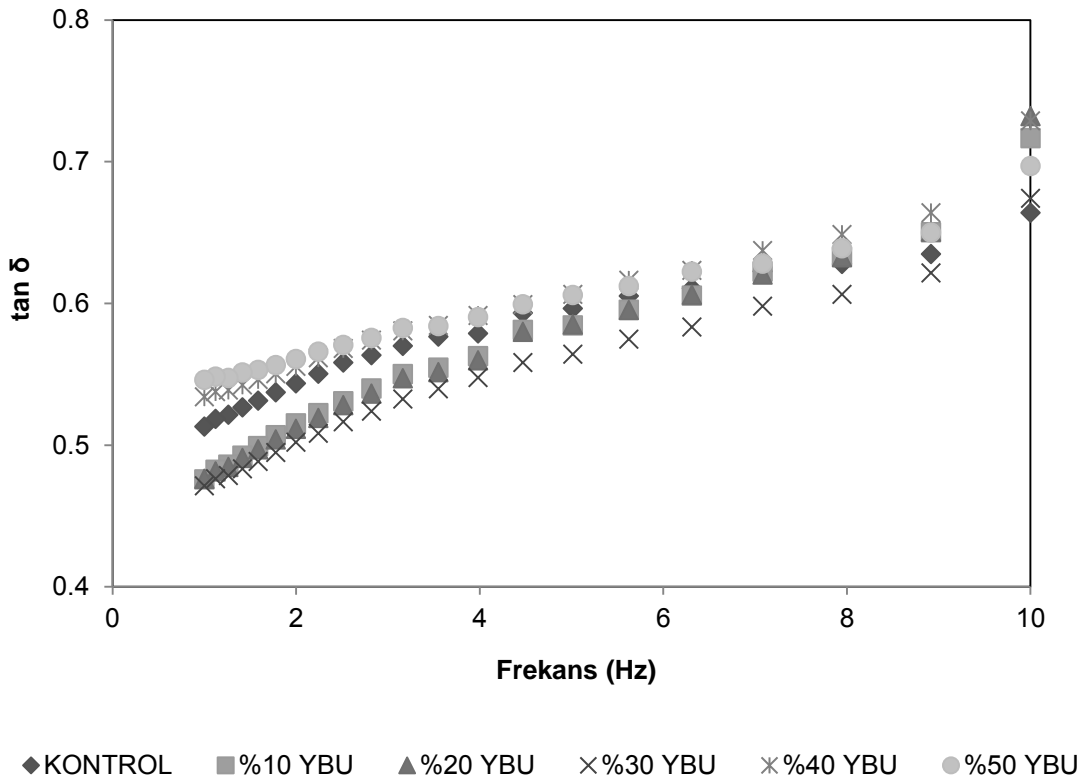
Bisküvi hamurunda reolojik özellikleri temsil eden bir diğer faktör ise tanjant modülü ( $\tan \delta$ ) değeridir ve hesaplaması Eşitlik 12'de verilmektedir.

$$\tan \delta = G''/G' \quad (12)$$

Tanjant modülü ( $\tan \delta$ ), genel olarak  $G'$  ve  $G''$  arasındaki bağıntıyı temsil etmekte ve hamurda yapısal değişimleri de temsil etmektedir. Dolayısıyla, hamurlarda depolama modülü ( $G'$ ) değerlerinin kayıp modülü ( $G''$ ) değerinden daha yüksek olması,  $\tan \delta$  değerlerinin de 1'den daha küçük olacağını göstermektedir. Şekil 4.3'te farklı yüzdelerde yer bademi unu içeren bisküvi hamurlarının  $\tan \delta$  değerlerinin frekans ile değişimi görülmektedir. Genel olarak, hamurlarda frekans artışı ile  $\tan \delta$  değerlerinin artış gösterdiği gözlenmektedir.  $\tan \delta$  değerleri artışı, hamurun daha sıvı-benzeri yapıda olmasını ve kolayca deforme olabilmesini temsil etmektedir. Ancak formülasyonlar arasındaki  $\tan \delta$  değerindeki bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Çizelge 4.8'de de görüldüğü gibi, YBU oranının formülasyonda artışı ile  $G'$  ve  $G''$  değerlerinin her ikisi de azalış göstermiştir ve bu

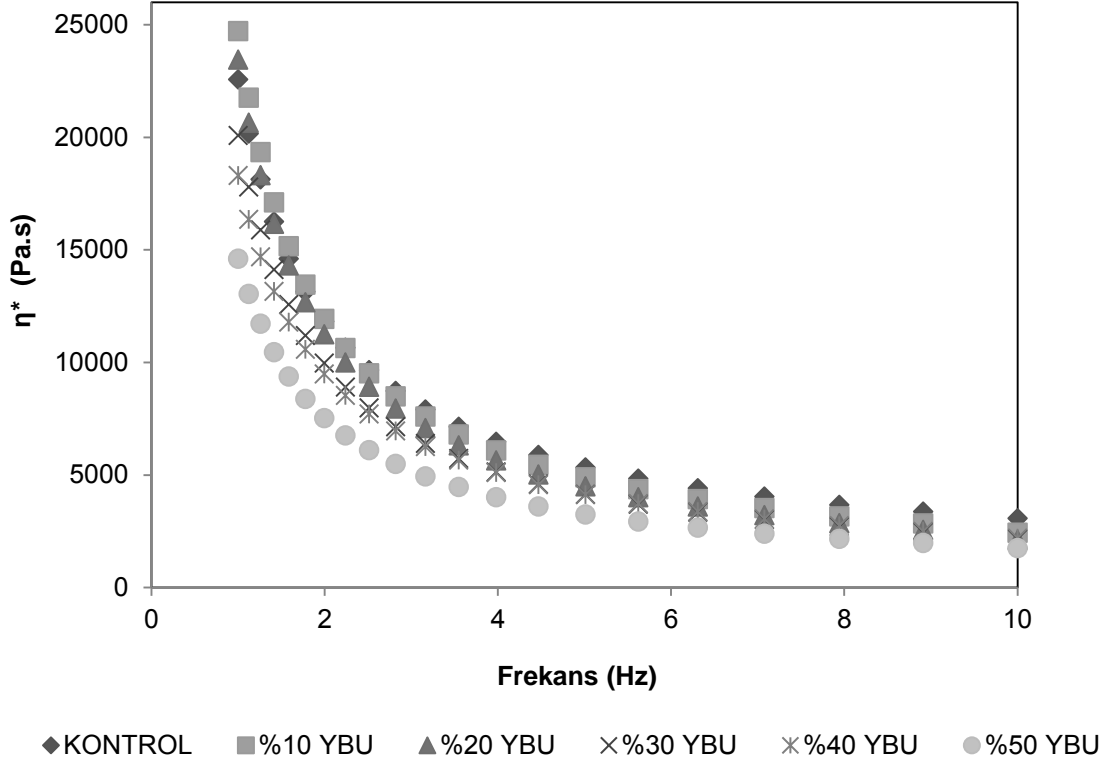
durum  $G''$  ve  $G'$  değerlerin birbiriyle olan ilişkisini ifade eden  $\tan \delta$  değerleri arasında anlamlı bir farklılık oluşmamasına sebep olmuştur.  $\tan \delta$  değerinde anlamlı bir farklılık oluşmaması YBU'nun hamur yapısı üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmadığını gösterir [89].

Farklı formülasyonlardaki hamurların kompleks viskozite ( $\eta^*$ ) değerlerinin frekans ile değişimi Şekil 4.4'te görülmektedir. Frekans artışı ile tüm hamurlarda genel olarak bu değer azalmaktadır ve Şekil 4.3'te görülen  $\tan \delta$  değerlerinin değişimini desteklemektedir. Hamurların sıvı-benzeri yapıda olup kolay deforme olması viskozitelerinin azaldığını göstermektedir. Kontrol hamur örneğinin kompleks viskozite değeri, %10 ve %20 YBU içeren hamurlarla benzerlik gösterirken; %30, %40 ve %50 YBU içeren hamurlardan anlamlı olarak farklıdır ( $p \leq 0,05$ ).



**Şekil 4.3** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının  $\tan \delta$  değerlerinin frekans ile değişimi.





**Şekil 4.4** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının kompleks viskozite değerlerinin ( $\eta^*$ ) frekans ile değişimi.

Farklı yüzdelerde YBU içeren hamurlar reolojik parametreler açısından birbiri ile karşılaştırıldıklarında, YBU oranı arttıkça  $G'$ ,  $G''$  ve  $\eta^*$  değerlerinin azalma gösterdiği görülmüştür. Bu parametreler açısından tek yönlü ANOVA değerlendirmelerine göre YBU oranının artırılması anlamlı şekilde hamurların reolojik özelliklerini etkilemektedir ( $p \leq 0.05$ ).  $\tan \delta$  değerleri açısından bakıldığında YBU oranı bu değeri anlamlı şekilde değiştirmemiştir.

YBU ve PU'nun kimyasal özelliklerinin belirtildiği Çizelge 4.1 incelendiğinde, protein, yağ ve zedelenmiş nişasta yüzdeleri bakımından iki un türünün birbirinden farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Unların kimyasal özellikleri hamurun reolojik özelliklerini etkileyen önemli bileşenler olup, farklı formülasyonlara sahip bisküvi hamurlarının  $G'$ ,  $G''$  ve kompleks viskozite değerlerinin birbirinden farklı değerler vermesini açıklamakta yararlı olabilmektedir. YBU'da, PU'ya göre anlamlı derecede farklı olan yağ miktarının bisküvi hamuru reolojik özellikleri üzerinde oldukça önemli etkisi vardır. Maache-Rezzoug ve arkadaşlarının çalışmasında, yağın bisküvi hamuru yapısını yumuşatması ve kayganlaştırıcı etkisinden dolayı,

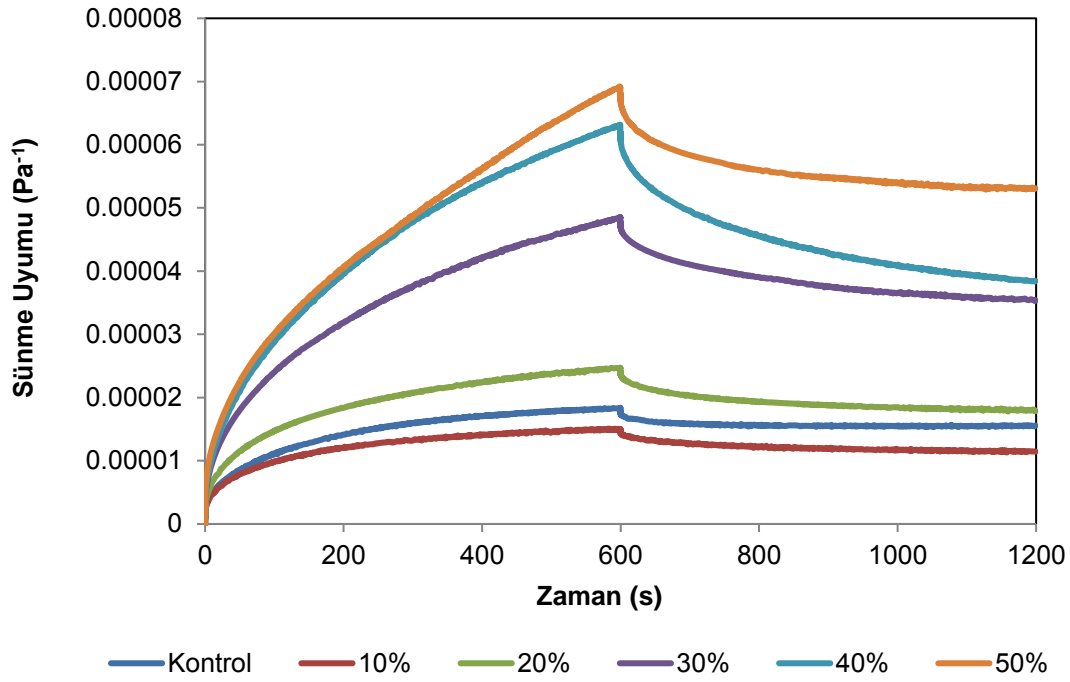
bisküvi hamurunda yağ oranının artışı ile hamur viskozite ve elastikiyet değerinin düşüş gösterdiği bildirilmiştir [118].

YBU ve PU arasında önemli farklılığa sahip diğer özelliklerden olan zedelenmiş nişasta ve protein miktarındaki artış da su tutma kapasitesinde artışa sebep olarak hamur viskozitesinin artmasına neden olmaktadır [111].

Aguilar ve arkadaşlarının çalışmasında [55] yalnızca nohut unu, yalnızca yer bademi unu, yer bademi unu/nohut unu ve yalnızca mısır nişastası içeren formülasyonlarda emülgatör ve yağ kullanımının azaltılmasının ekmek hamurunda  $G'$  ve  $G''$  değerleri üzerine etkisi incelenmiştir. Hamur formülasyonunda yalnızca nohut ununun (proteinlerinde önemli derecede emülsifiye olma ve köpük oluşturma kapasitesi) kullanıldığı hamurlarda,  $G'$  değerinin nohut unu kullanılmayan formülasyonlara göre anlamlı olarak fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca formülasyonlardan yağ kullanımının azalması ile  $G'$  değerinde azalma görülmüştür ve bu durumun yağın kayganlaştırıcı etkisinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Bunun yanında yağ ve emülgatör kullanılmadan hazırlanan hamurlarda  $G'$  ve  $G''$  değerleri formülasyonda nohut unu yerine yer bademi unu kullanım oranının artışı ile azalma göstermiştir. Hamurlarda yapılan dinamik salınım ölçümleri ile ilgili tüm istatistik analiz sonuçları EK B2' de verilmektedir.

#### **4.2.3 Bisküvi Hamurlarında Sünme ve İyileşme Analizleri**

Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının sünme ve iyileşme ölçümlerinde elde edilen zamana göre sünme uyumu (creep compliance),  $J_{(t)}$  verileri Şekil 4.5'te verilmiştir. Sünme ve iyileşme ölçümlerinin yapılma amacı, belli bir süre (600 s) hamura uygulanan kuvvete (shear stress-kesme gerilimi) ve devamında aynı süre boyunca (600 s) bu kuvvetin ortadan kaldırıp beklenilmesine karşılık hamurdaki deformasyonu ve bu deformasyonun ne oranda geriye döndürülebildiğini belirleyebilmektir. Hamurların formülasyonlardaki değişime karşılık farklı viskoelastik özellikler gösterdiği bölüm 4.2.2'de belirtilmiştir. Buna göre Şekil 4.5 incelendiğinde, hamurlarda zamana karşı farklı sünme uyumu değerleri görülmektedir.



**Şekil 4.5** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının sünme uyumu ( $\text{Pa}^{-1}$ ) değerlerinin zaman (s) ile değişimi.

%10 YBU içeren bisküvi hamuru dışında, formülasyona YBU eklenmesinin sünme uyumu değerlerini arttırdığı görülmektedir. Sünme uyumu değerindeki bu artış hamurun deformasyona karşı daha az direnç oluşturması üzerinde etkilidir. Düşük sünme uyumu değerleri daha güçlü hamur yapı oluşumunu temsil ederken, deformasyona karşı direncin de daha güçlü olacağını gösterir [89]. Diğer bir ifade ile sünme ve iyileşme analizlerinde ilk 600 s sonunda elde edilen maksimum sünme uyumu değeri ( $J_{\max}$ ) hamurun uzayabilirliğini ifade eder [119]. Uzayabilirliği fazla olan hamurlar, bisküvi kalite parametrelerinden olan kalınlık ve genişlik üzerinde olumlu etkiye sahiptir [120]. Yapılan sünme ve iyileşme analizine göre elde edilen veriler Çizelge 4.9' da görülmektedir. Ayrıca, tüm istatistik analiz sonuçları EK B3' te verilmiştir.

**Çizelge 4.9** Farklı yüzdelerde YBU içeren bisküvi hamurlarının  $J_{max}$ ,  $J_{min}$ , %R değerleri.

% YBU	$J_{max}$ ( $Pa^{-1} \times 10^5$ )	$J_{min}$ ( $Pa^{-1} \times 10^5$ )	%R
0	1.7 ± 0.20 <sup>c</sup>	1.6 ± 0.20 <sup>bc</sup>	12.80 <sup>bc</sup>
10	1.4 ± 0.20 <sup>c</sup>	1.1 ± 0.60 <sup>c</sup>	5.940 <sup>c</sup>
20	2.4 ± 0.40 <sup>c</sup>	1.8 ± 0.20 <sup>bc</sup>	13.12 <sup>bc</sup>
30	4.7 ± 0.70 <sup>b</sup>	3.5 ± 0.70 <sup>abc</sup>	27.16 <sup>b</sup>
40	6.1 ± 0.70 <sup>ab</sup>	3.8 ± 0.90 <sup>ab</sup>	46.70 <sup>a</sup>
50	6.7 ± 0.40 <sup>a</sup>	5.3 ± 1.00 <sup>a</sup>	25.45 <sup>b</sup>

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0,05$ ).  $J_{max}$ : maksimum sünme uyumu,  $J_{min}$ : minimum sünme uyumu, %R: iyileşme oranı.

Sünme ve iyileşme ölçümlerinde ilk 600 saniyelik bölümünde sünme ölçümleri yapılmış ve uygulanan 30 Pa değerinde kesme gerilimi (lineer viskoelastik bölgeyi geçmeyen) ile oluşan deformasyon gözlemlenmiştir. Şekil 4.5' te görüldüğü gibi uygulanan kuvvet ile oluşan deformasyon, YBU içeren formülasyonlarda %10 YBU içeren hamur dışında, YBU miktarının artışı ile artmıştır. YBU içeren hamurlar arasında maksimum sünme uyumu ( $J_{max}$ ) değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değer %50 YBU içeren formüllerde elde edilmiş olup YBU oranının azalması ile sünme uyumu değeri de uyumlu şekilde azalma göstermiştir.  $J_{max}$  değerinde görülen bu azalma kontrol hamurda %10 YBU içeren hamurlara göre daha az olmasına rağmen yapılan tek yönlü Anova analizlerinde kontrol hamur ile %10 ve %20 YBU içeren hamurlar için maksimum sünme uyumu değerleri benzer bulunmuştur ( $p > 0,05$ ). Bunun yanında, %50 YBU içeren hamurlarda  $J_{max}$  değeri %40 YBU içeren hamurlar ile benzerlik gösterirken kontrol hamur örneği, %10, %20 ve %30 YBU' lu hamurlara göre anlamlı olarak fazla bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). Bu veriler %40 ve %50 YBU ile hazırlanan hamurların diğer hamur formülasyonlarına oranla deformasyona karşı direncinin daha az olduğunu gösterir. Bölüm 4.2.2'de belirtilen hamurlarda yer bademi unun artışı ile artan ve kolay deforme olma özelliği ile ilgili olan  $\tan \delta$  değerlerindeki artış da  $J_{max}$  değerindeki değişimi desteklemektedir.

Hadnadev ve arkadaşlarının çalışmasında %100 pirinç unu ve pirinç unu/kara buğday unu karışımı (90:10, 80:20, 70:30) ile hazırlanan bisküvi hamurlarında sünme ve iyileşme özellikleri incelenmiştir ve en düşük  $J_{max}$  değeri yalnızca pirinç

unu ile hazırlanan hamurlarda bulunmuştur. Buna karşılık formülasyona eklenen kara buğday unu ile  $J_{max}$  değerinde artış gözlemlenmiştir [45].

Sünme ve iyileşme ölçümlerinin ikinci aşaması olan ve uygulanan kesme geriliminin (30 Pa) ortadan kaldırılması ile ortaya çıkan iyileşme bölümünde ise hamurda oluşan deformasyonun ne derece geri kazanıldığı gözlemlenmiştir. Hamurlarda oluşan iyileşme oranı (%R), analizin ilk aşaması olan sünme bölümünde 600 s sonunda görülen maksimum sünme uyumu değerinin ( $J_{max}$ ), iyileşme aşamasında toplamda 1200 s sonunda görülen sünme uyumu değerine ( $J_{min}$ ) oranı ile Eşitlik 11'de görüldüğü şekilde hesaplanarak elde edilmiştir.

$$\%R = \left( \frac{J_{max} - J_{min}}{J_{max}} \right) \times 100 \quad (13)$$

Çizelge 4.8'de farklı oranlarda YBU içeren hamurlar için iyileşme oranları (%R) verilmiştir. İyileşme oranı için en yüksek değer %40 YBU' lu hamurlarda iken en düşük değer %10 YBU'lu hamurlarda tespit edilmiştir. Fakat yapılan tek yönlü Anova değerlendirmelerine göre kontrol hamurlar, %10 ve %20 YBU'lu hamurlar için %R değerleri benzer bulunmuştur. Bunun yanında %40 YBU'lu hamurlarda %R değeri diğer tüm hamurlardan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). İyileşme oranının yüksek olması yapının daha iyi derecede elastik özellikte olduğunu göstermektedir [121].

Sonuç olarak, hamurlarda yapılan dinamik salınım ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre bisküvi hamuruna YBU eklemesi,  $G'$  ve  $G''$  değerlerinde azalmaya sebep olmuş ve daha az elastik ve viskoz yapıda hamurların oluşumu gözlenmiştir. Diğer bir yandan yapılan sünme ve iyileşme ölçümlerinde ise hamur örneklerinde YBU oranının artışı ile  $J_{max}$  değerinin artış göstermesi ve dolayısı ile deformasyona karşı daha az dirençli hamurlar oluşması dinamik salınım ölçümlerini desteklemektedir.

Manohar ve arkadaşlarının çalışmasında bisküvi hamurlarının reolojik özelliklerinin bisküvi kalitesi üzerinde etkileri incelenmiş ve yapılan çok yönlü regresyon analizleri sonucunda bisküvi hamurlarında iyileşme oranının yayılmayı (bisküvide genişliği) etkileyen parametreler içinde en yüksek korelasyona sahip parametre olduğu bildirilmiştir ( $r = -0.84$ ,  $P < 0.01$ ). Ayrıca iyileşme oranı ( $r = -0.64$ ,  $P < 0.01$ ) ve iç

yapışkanlık ( $r=0.67$ ,  $P<0.01$ ) değerlerinin bisküvi kalınlığıyla yüksek korelasyon gösterdiği bildirilmiştir. Ancak iyileşme oranı ( $r= -0.15$ ,  $P<0.05$ ), iç yapışkanlık ( $r= -0.19$ ,  $P<0.01$ ) ve dış yapışkanlık ( $r= -0.31$ ,  $P<0.01$ ) değerlerinin yayılma oranı ile düşük korelasyon gösterdiği bildirilmiştir [122].

#### 4.2.4 Bisküvi Hamurlarının Tekstürel Yapısı

Bisküvi hamurlarının tekstürel özellikleri son ürünün kalitesini etkilediği gibi hamurun oluşum aşamalarını ve şekil almasını da etkiler. Çok yumuşak veya çok sert hamurlarda hem kullanılan ekipmanların etkin kullanımı hem de ürünün yapım aşaması olumsuz etkilenecektir [123]. Farklı oranlarda YBU içeren bisküvi hamurlarında yapılan tekstür analiz sonuçları Çizelge 4.10'da ortalama değerler ve standart sapmaları ile verilmektedir.

**Çizelge 4.10** Farklı yüzdelerde yer bademi unu içeren bisküvi hamurlarının tekstürel özellikleri.

% YBU	Sertlik (N)	İç Yapışkanlık	Elastiklik (mm)	Konsistans (N.mm)
0	0.19 ± 0.009 <sup>a</sup>	0,0013 ± 0,00033 <sup>e</sup>	0.23 ± 0.099 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.027 <sup>a</sup>
10	0.17 ± 0.005 <sup>ab</sup>	0,0047 ± 0,00073 <sup>d</sup>	0.23 ± 0.112 <sup>b</sup>	0.45 ± 0.026 <sup>ab</sup>
20	0.17 ± 0.015 <sup>b</sup>	0,0124 ± 0,00046 <sup>c</sup>	0.26 ± 0.107 <sup>b</sup>	0.42 ± 0.067 <sup>ab</sup>
30	0.18 ± 0.005 <sup>ab</sup>	0,0141 ± 0,00215 <sup>c</sup>	0.43 ± 0.265 <sup>ab</sup>	0.48 ± 0.036 <sup>ab</sup>
40	0.16 ± 0.008 <sup>b</sup>	0,0179 ± 0,00095 <sup>b</sup>	0.47 ± 0.131 <sup>ab</sup>	0.41 ± 0.043 <sup>b</sup>
50	0.16 ± 0.017 <sup>b</sup>	0,0249 ± 0,00230 <sup>a</sup>	0.61 ± 0.069 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.051 <sup>b</sup>

Sonuçlar beş tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p\leq 0.05$ ).

Hamur sertlik değerlerinin (N) YBU miktarındaki artış ile azalma gösterdiği görülmüştür. Yapılan Tukey analizi verilerine göre hamur sertlik değerleri kontrol hamur örneğinde en yüksek olmakla beraber %20, %40 ve %50 YBU içeren hamurlara göre anlamlı olarak farklıdır ( $p\leq 0,05$ ). Bunun sebebi olarak YBU'nun artışı ile azalan zedelenmiş nişasta ve protein miktarının hamur viskozitesini düşürmesi ve dolayısı ile daha az sertlik değerine sahip hamurlar elde edilmesi ile açıklanabilmektedir. Ayrıca YBU oranındaki artış ile doğrusal olarak artan yağ içeriği de hamur sertlik değerinin azalmasına sebep olmuş olabilir. Sudha ve arkadaşlarının çalışmasında bisküvi hamurlarında yağ miktarının azaltılmasının hamur reolojisi ile bisküvi kalitesi üzerine etkileri incelenmiş ve yağ miktarının azaltılmasının hamur sertliğinde artışa neden olduğu bildirilmiştir [124]. Ayrıca,

bisküvi hamurunda yağ miktarı kayganlaştırıcı özelliği ile hamur iç yapışkanlık değeri üzerinde etkili olan bir parametredir [39].

Hamur tekstür analizlerinde YBU oranının artışı ile iç yapışkanlık değerinde kontrol hamur örneği ve %10, %20, %40 ve %50 YBU içeren hamurlar arasında anlamlı bir artış ( $p \leq 0,05$ ) belirlenmekle birlikte %20 ve %30 YBU içeren hamurlarda bu değerler benzer bulunmuştur. Bu durum YBU artışı ile artan yağ oranı ile açıklanabilir. Farklı şekilde Sudha ve arkadaşlarının çalışmasında bisküvi hamurlarına katılan yağ miktarının azalması ile iç yapışkanlık değerinin arttığı bildirilmiştir [124].

Yer bademinin diğer yumru kök bitkilere göre oldukça yüksek miktarda (15.4g/100g) toplam şeker içerdiği bildirilmiştir [51]. Yer bademi ununun formülasyonda kullanımının artması ile şeker oranında meydana gelen artış farklı oranlarda yer bademi unu içeren hamurlar arasında tekstürel özellikleri etkilemiş olabilir. Manohar ve arkadaşlarının çalışmasında bisküvi hamurlarında şeker içeriğinin artmasının hamur tekstürünü nasıl etkilediği araştırılmış ve hamurda şeker oranının artışı ile hamur sertlik ve konsistansının azaldığı; iç yapışkanlık ve dış yapışkanlık değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir. Ayrıca şeker oranındaki artış ile bisküvilerde kalınlık ve genişlik değerleri de artış göstermiştir [98].

Hamurlarda elastiklik (mm) değeri için %50 YBU içeren hamurlar; kontrol hamurlar, %10 ve %20 YBU içeren hamurlardan anlamlı olarak farklı bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ). Bunun yanında %30 ve %40 YBU içeren hamurlarla benzer elastiklik değerine sahiptir. Bu durum yapılan sünme ve iyileşme ölçümlerinde belirlenen ve hamur uzayabilirliğini ifade eden  $J_{max}$  değerinin %50 YBU'lu hamurlarda maksimum değerlikte olmasını açıklar. Hamurlarda konsistans değerleri kontrol örneğine göre, YBU'nun formülasyona %40 ve %50 oranında eklenmesi ile anlamlı olarak farklılık göstermiştir ( $p \leq 0,05$ ). Daha önce yapılan çalışmalarda da hamurlarda yağ oranının artışı ile konsistans değerinin azaldığı bildirilmiştir [124], [98]. Ayrıca Barrera ve arkadaşlarının çalışmasında iyi bir su tutma özelliği gösteren zedelenmiş nişasta miktarı azalmasının hamur konsistans değerinde düşüşe neden olduğu görülmüştür [110]. Yapılan tüm istatistik analiz sonuçları EK B4' te verilmektedir.

### **4.3 Farklı Oranlarda YBU İçeren Bisküvilerin Fiziksel, Fonksiyonel ve Besinsel Özellikleri**

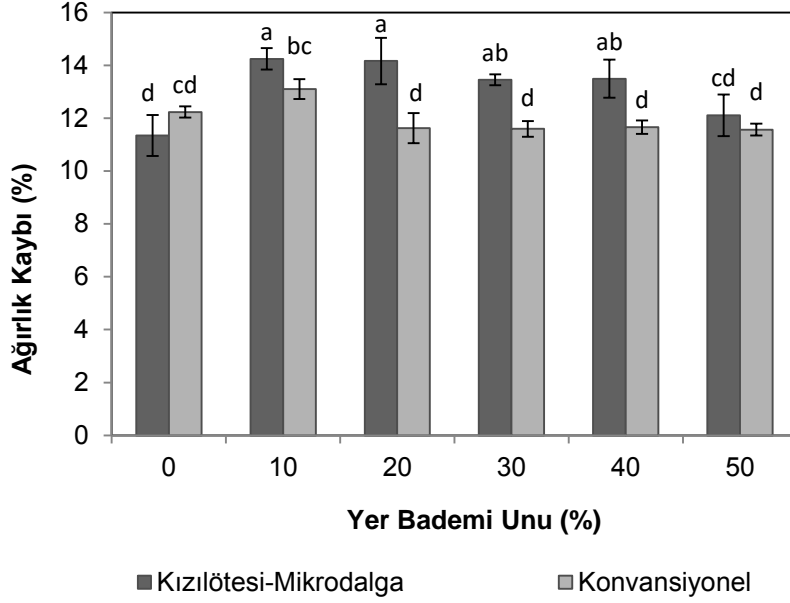
Bisküvi kalitesi üzerinde etkili olan pek çok parametre vardır. Bunlardan bazıları, kullanılan malzemelerin fiziksel, fonksiyonel özellikleri ve miktarı, malzemeleri karışırma sırası, hızı ve süresi, pişirme yöntemi ve süresi olarak verilebilmektedir. Bisküvi, yüksek oranlarda şeker, un ve yağ kullanılarak hazırlanan bir ürün olduğu için kullanılan malzemelerin özellikleri oluşan bisküvinin kalitesi üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Ayrıca kullanılan malzeme miktarları ve özellikleri hamurun reolojik özelliklerini de etkileyerek dolaylı olarak bisküvi kalitesine etki etmektedir.

Bisküvilerde kalite özelliklerini belirlemede, pişirme sırasında oluşan ağırlık kaybı, boyut analizleri, sertlik ve renk analizleri literatürde sıkça kullanılan yöntemlerdir. Bu bölümde yalnızca pirinç unu ve pirinç unu/yer bademi unu karışımı ile hazırlanan, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde kalite özellikleri üzerine yer bademi ununun ve pişirme yönteminin etkisi incelenmiştir. Ayrıca kızılötesi-mikrodalga fırında pişirilen bisküvilerde bazı fonksiyonel ve besinsel analizlere de yer verilmiştir.

#### **4.3.1 Bisküvilerde Ağırlık Kaybı**

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilen kontrol bisküvi ve farklı oranlarda YBU içeren bisküvi örneklerinin ağırlık kaybı (%) değerleri Şekil 4.6' da verilmektedir. Yapılan Tukey harflendirmelerinde ağırlık kaybı için her iki pişirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ).





**Şekil 4.6** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde ağırlık kaybı (%).

Veriler karşılaştırıldığında, kontrol örnek dışında ağırlık kaybının kızılötesi-mikrodalga fırında daha yüksek olduğu görülmektedir. Şumnu ve arkadaşlarının çalışmasında kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırınlarda, fırın içinde oluşan yüksek basınç ve nem değişiminden dolayı oluşan nem kaybının konvansiyonel fırınlara göre daha fazla olduğu bildirilmiştir [76]. Yapılan tek yönlü Anova değerlendirmeleri sonucunda her iki pişirme yönteminde de kontrol hamurlarda ağırlık kaybı değerleri benzer bulunmuştur. Hamurlarda YBU oranının artması ile her iki pişirme yönteminde de %10 ve %50 YBU içeren bisküviler arasında ağırlık kaybı değerlerinde anlamlı bir farklılık belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Bu durum YBU içerisinde oldukça yüksek miktarda bulunan ve su tutma kapasitesini olumlu etkileyen besinsel lif oranının artışı ile açıklanabilir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirme sırasında %20'den %40'a kadar YBU oranının artışı ile ağırlık kaybında azalma görülmekte olsa da bu azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca her iki pişirme yönteminde de ağırlık kaybı en fazla %10 YBU'lu bisküvilerde görülmüştür.

PU ve YBU'da, bisküvilerde nem kaybını etkileyebilecek en önemli kimyasal özellikler, PU'da YBU'ya göre anlamlı olarak yüksek orandaki protein ve zedelenmiş nişasta ile YBU'da PU'ya göre anlamlı olarak yüksek orandaki toplam

besinsel lif miktarı olarak sıralanabilir. Proteinlerin ortamda yeterli su varlığında ağırlığının iki katına kadar, zedelenmiş nişastaların ise ağırlığı kadar su tutma kapasitesi olduğu bildirilmiştir [23]. Sanchez-Zapata ve arkadaşlarının çalışmasında Horchata (yer bademinden elde edilen süt) yapımından sonra yan ürün olarak ayrılan ve yüksek oranda besinsel lif içeren (59.71 g/100 g) yer bademi atıklarında su tutma kapasitesinin 1.79 g/g olduğu bildirilmiştir [106].

Her iki pişirme yönteminde de kontrol örneğe göre %10 YBU içeren bisküvilerde ağırlık kaybının artmasının nedeni pirinç unundaki azalma ile örneklerde protein ve zedelenmiş nişasta miktarlarıyla beraber su tutmanın da azalması olabilmektedir.

Demirkesen ve arkadaşlarının çalışmasında PU ve YBU ile hazırlanmış ekmeklerde yer bademi unu yüzdesinin kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilmesinin ağırlık kaybına etkisi incelenmiştir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile pişirilen ekmeklerde ağırlık kaybının konvansiyonel yöntemle göre anlamlı olarak fazla olduğu bildirilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca %100 pirinç unu ile hazırlanan ekmeklerde ağırlık kaybının en fazla olduğu, ekmeklere %5 ve %10 oranında yer bademi unu eklenmesi ile ağırlık kaybında azalma görüldüğü fakat yer bademi unu oranının %15, %20 ve %25 olduğu ekmeklerde ağırlık kaybının tekrar artış gösterdiği bildirilmiştir. %100 pirinç unu ile hazırlanan ekmekler ile %10 YBU'lu ekmekler arasındaki bu fark besinsel lif miktarındaki değişim ile açıklanmıştır [79]. Ağırlık kaybı ile ilgili yapılan tüm istatistiksel analiz sonuçları EK B5' te verilmiştir.

### 4.3.2 Bisküvilerin Boyut Özellikleri

Bisküvilerde yapılan boyut analizlerinde kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilen, farklı oranlarda YBU içeren bisküvilerde kalınlık (mm), genişlik (mm) ve yayılma oranları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen veriler Çizelge 4.11 ve Şekil 4.7’de verilmektedir.

**Çizelge 4.11** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde kalınlık ve genişlik değerleri (mm).

% YBU	Piştirme Yöntemi	Kalınlık (mm)	Genişlik (mm)
0	Kızılötesi-Mikrodalga	5.468± 0.118 <sup>f</sup>	58.955± 0.247 <sup>f</sup>
10		7.101± 0.197 <sup>a</sup>	63.033± 0.862 <sup>cd</sup>
20		6.611± 0.032 <sup>bc</sup>	64.779± 0.328 <sup>a</sup>
30		6.765± 0.292 <sup>ab</sup>	64.340± 0.66 <sup>ab</sup>
40		6.569± 0.059 <sup>bc</sup>	64.671± 0.116 <sup>ab</sup>
50		6.342± 0.075 <sup>cd</sup>	63.611± 0.331 <sup>bc</sup>
0	Konvansiyonel	5.117± 0.017 <sup>f</sup>	59.696± 0.0601 <sup>f</sup>
10		6.137± 0.068 <sup>de</sup>	61.813± 0.1127 <sup>e</sup>
20		6.105± 0.081 <sup>de</sup>	62.387± 0.423 <sup>de</sup>
30		5.997± 0.115 <sup>de</sup>	62.139± 0.104 <sup>de</sup>
40		5.997± 0.081 <sup>de</sup>	62.598± 0.278 <sup>cde</sup>
50		5.958± 0.068 <sup>e</sup>	62.392± 0.099 <sup>de</sup>

Sonuçlar üç tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde kalınlık ve genişlik için her iki piştirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ).

Bisküvilerde yapılan boyut analizlerinde en düşük kalınlık ve genişlik değerleri kontrol bisküvi örneklerinde elde edilmiştir. Kontrol bisküvi örneklerinde genişlik değerleri incelendiğinde her iki piştirme yönteminde de piştirme sırasında yayılma gösteremediği ayrıca kalınlık değerindeki artışın da diğer tüm hamurlardan anlamlı olarak az olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.05$ ). Hamurlarda yapılan reolojik ölçümlerde viskoelastik yapıyı temsil eden  $G'$ ,  $G''$  değerlerinin ve hamur viskozitesinin diğer hamurlardan anlamlı olarak yüksek,  $J_{max}$ ,  $J_{min}$  değerlerinin düşük ve hamur sertliğinin ise yüksek olması kontrol hamur örneklerinde bu durumu açıklayan parametrelerdir.  $J_{max}$  ve  $J_{min}$  değerlerinin düşük olması hamurlarda uzamaya karşı direncin fazla olduğunu ve daha az yayılma gösterebileceğini ifade eder. Hamurlarda oluşan bu değişimlerin olası fizikokimyasal nedenlerinden bölüm 4.2.2, 4.2.3 ve 4.2.4’te bahsedilmiştir. Kısaca, PU’ da protein ve zedelenmiş nişasta miktarının fazla olması ve YBU’dan gelen ve bisküvide kalınlık ve genişliği

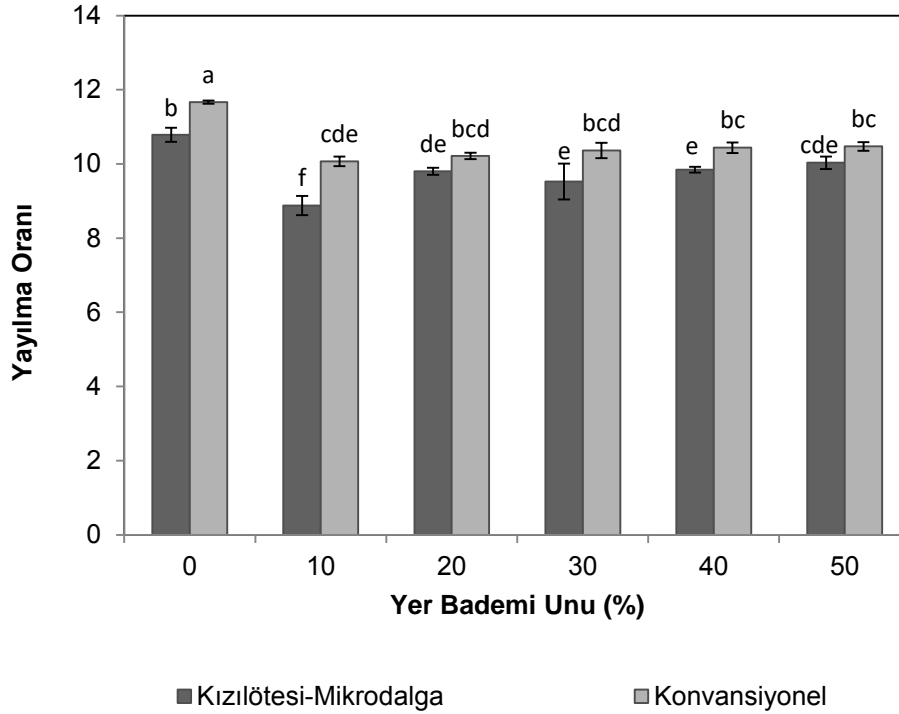
olumlu etkileyen şeker ve yağ miktarının azalması ile bu durumun oluşmuş olabileceği söylenebilmektedir.

YBU ile hazırlanan bisküviler kendi içlerinde kıyaslandığında kalınlık değerleri için konvansiyonel pişirmede farklılık görülmezken; kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede %10 YBU içeren bisküvilerde kalınlık değeri %20, 40 ve 50 YBU içeren bisküvilere göre anlamlı olarak fazla bulunmuştur. Genişlik değerlerinde ise konvansiyonel pişirmede YBU ile anlamlı bir değişim oluşmazken; kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede %10 YBU içeren bisküvilerde diğer tüm bisküvilere göre genişliğin anlamlı olarak düşük olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.05$ ). Bu durum, %10 YBU'lu hamurlarda her iki sünme uyumu değerinin de diğer tüm hamurlardan düşük olmakla birlikte %30, %40 ve %50 YBU içeren hamurlardan anlamlı olarak farklı olması ile açıklanabilir ( $p \leq 0.05$ ).

Yapılan çift yönlü Anova analizlerine göre bisküvilerde kalınlık ve genişlik değerleri üzerinde YBU oranının ve pişirme yönteminin anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca bu değerlerin, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerde konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilere göre anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür ( $p \leq 0.05$ ). Ancak kontrol örnek için her iki özellik için de pişirme yöntemleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur ( $p > 0.05$ ).

Şekil 4.7' de bisküvilerde yayılma oranları verilmiştir. Yapılan Tukey harflendirmelerinde yayılma oranı için her iki pişirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ). Yayılma oranlarında bakıldığında beklenmedik şekilde kontrol örnek tüm yüzdelerden daha az yayılmış (genişlemiş) olmasına rağmen kalınlığının da düşük olmasından dolayı yayılma oranına (genişlik/kalınlık) maksimum değer olarak yansımıştır. Yapılan bir başka çalışmada da yağ kullanımını azaltmak için formülasyona eklenen ayçiçek yağı, su ve farklı türlerde selüloz eterler ile hazırlanan emülsiyonların bisküvilerde kalınlık ve genişlik değişimlerine etkileri incelenmiştir ve sonuç olarak kalınlık veya genişlik değerlerinden birinin artışı ile diğer değer azalması beklenirken her iki değerde de artış görüldüğü bildirilmiştir. Genişlik değerindeki artışın sebebi olarak yüksek deformasyon ve düşük geri kazanım değerleri gösterilirken, kalınlık değerindeki

artış, selüloz eter içeren hamurların termo jel yapı oluşturma yeteneği ile açıklanmıştır [121].



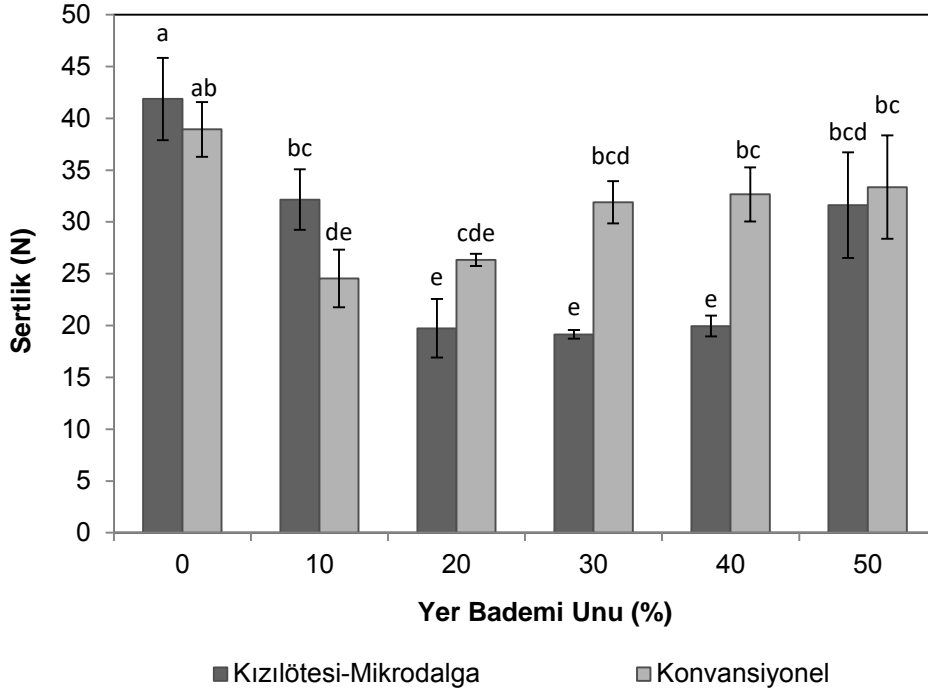
**Şekil 4.7** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde yayılma oranı değerleri.

Yayılma oranı değerleri, kızılötesi-mikrodalga pişirme yöntemine göre, konvansiyonel pişirme yönteminde daha yüksek bulunmuştur. Bunun sebebi konvansiyonel yöntemde ağırlık kaybının kızılötesi-mikrodalga pişirme yönteme göre daha az olması olabilir. Ayrıca, konvansiyonel pişirmede kontrol grubu hariç YBU eklenen örnekler arasında yayılma oranı değerleri açısından anlamlı bir farklılık yoktur. Yapılan çift yönlü Anova analizleri sonucunda bisküvilerde YBU miktarındaki değişim ve pişirme yöntemleri arasındaki farklılığın anlamlı bir farklılığa sebep olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Bisküvilerde boyut analizi verilerinde yapılan tüm istatistiksel analiz verileri EK B6' da verilmiştir.

#### 4.3.3 Bisküvilerin Tekstürel Özellikleri

Bisküvilerde tekstür, görünüş ve tat ile birlikte tüketici tarafından kabul edilebilirlik değerlendirmelerinde kullanılan üç önemli faktörden biridir [125]. Bisküvilerde tekstür analizlerinde kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel

fırınlarda pişirilen, farklı oranlarda YBU içeren bisküvilerde sertlik (N) değerleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda alınan veriler Şekil 4.8’de verilmektedir. Yapılan Tukey harflendirmelerinde sertlik (N) değeri için her iki pişirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ).



**Şekil 4.8** Farklı oranlarda yer bademi unu içeren ve kızılötesi-mikrodalga fırın ve konvansiyonel fırın ile pişirilen bisküvilerde sertlik değeri (N).

Bisküvilerde sertlik değeri, diğer kalite özelliklerinde olduğu gibi, hamur içeriğinden ve yapım aşamasından etkilenmektedir. Ayrıca sertlik, tüketici beğenisi üzerinde etkili en önemli kalite kriterlerinden biri olup aşırı sert veya aşırı yumuşak yapıda bir bisküvi tercih edilmemektedir. PU ve YBU ile hazırlanan bisküvilerde daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi sertlik değeri unların fizikokimyasal özellikleri ile ilişkili olarak değiştiği düşünülmektedir. Ayrıca farklı pişirme yöntemlerinin de sertlik üzerinde etkili olduğu yapılan tek ve çift yönlü Anova analizleri ile belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Her iki pişirme yönteminde de bisküvi sertlik değerlerinde doğrusal bir değişim görülememiş, YBU eklenmesi ile önce azalma, ardından da oranın artması ile sertlik değerinde tekrar artış görülmüştür.

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede bu değişim, öncelikle formülasyona %10 oranında YBU katılması ile kontrol bisküvi örneğine göre

anlamli olarak azalmiş ve %20 YBU seviyesine kadar azalma anlamli olarak devam etmiştir. Fakat %30 ve %40 YBU içeren bisküvilerde sertlik değeri %20 ile benzer bulunmuştur. Daha sonra %50 YBU seviyesinde sertlik değeri tekrar anlamli bir artış göstermiş ve %10 YBU içeren bisküvilerle benzer sertlik değerine ulaşmıştır. PU'nun formülasyonda oranının azalması ile meydana gelen sertlik değerindeki azalma, yüksek su tutma kapasitesi dolayısı ile hamurlarda viskozite ve sertlik artışına sebep olan protein ve zedelenmiş nişasta seviyesinin azalması ile ilgili olabilir [23], [110], [111]. Bunun yanında sertlik değerinin %20, %30 ve %40 YBU içeren hamurlarda değişmeden kalması ve %50 YBU seviyesinde yeniden artış göstermesi, YBU'nun yüksek su tutma kapasitesi ve besinsel lif miktarının artışı ile ilgili olabilmektedir. Nandeesh ve arkadaşlarının çalışmasında tamamen buğday unu (kontrol örnek) ve buğday unu/ham kepek karışımı ile hazırlanan bisküvilerde ham kepek ile birlikte yapıda artan çözünmez besinsel lif miktarı ile birlikte hamurlarda deformasyonun arttığı, pişme sırasında daha fazla yayıldığı ve daha sert bisküviler elde edildiği bildirilmiştir [126].

Konvansiyonel pişirme yönteminde ise en yüksek sertlik değeri yine kontrol örnek vermiştir ve diğer tüm bisküvilerden anlamli olarak farklıdır ( $p \leq 0.05$ ). Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede olduğu gibi sertlik değeri başta azalma ve daha sonra artış ile sonuçlanmıştır. Sertlik değerleriyle ilgili yapılan tüm istatistik analiz verileri EK B7' de verilmektedir.

#### **4.3.4 Bisküvilerde Renk Değişimi**

Fırıncılık ürünlerinde renk gelişimini hamur içinde bulunan şeker ve protein moleküllerinin etkileşimi ile ortaya çıkan Maillard reaksiyonunun bir sonucu olmaktadır. Enzimatik olmayan bir reaksiyon çeşidi olan Maillard reaksiyonu sonucu yapıda kahverengileşmeye sebep olan melanoidler ortaya çıkmakta ve kahverengileşme oranı ortaya çıkan melanoid konsantrasyonu ile doğru orantılı olarak değişmektedir.

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilen, farklı oranlarda YBU içeren bisküvilerde yapılan renk analizi sonuçları CIE\*, L\*,a\*,b\* renk skalası kullanılarak izelge 4.12'de gösterilmektedir. Renk skalasında a\*; -100 (yeşil)'den +100 (kırmızı)'ya, b\*; -100 (mavi)'den +100 (sarı)'ya ve L\*; 0 (siyah)'tan 100 (beyaz)'a doğru olan değişimi ifade etmektedir.

**Çizelge 4.12** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde renk değerleri (CIE\*,L\*, a\*, b\*) ve toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ).

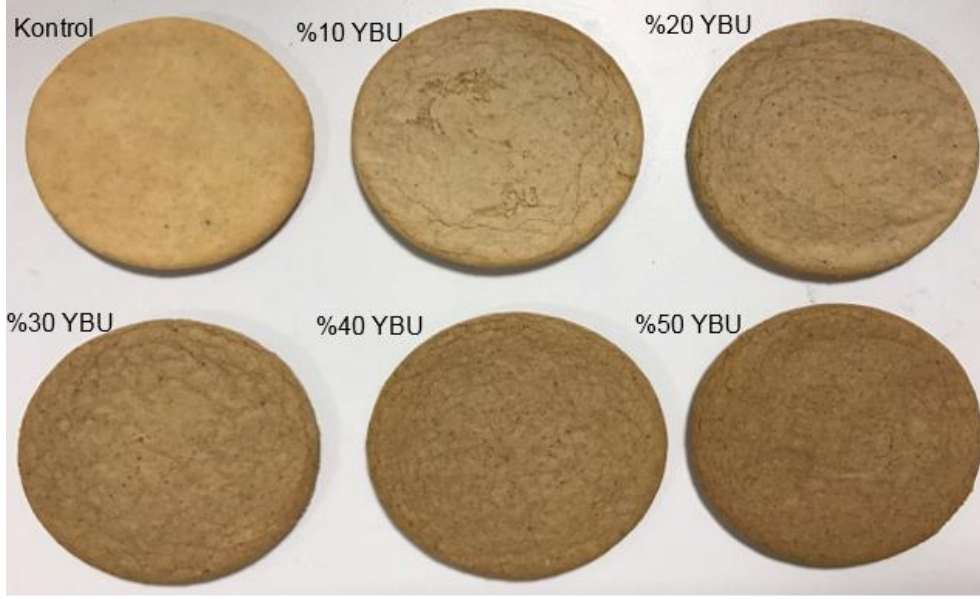
% YBU	Pişirme Yöntemi	Renk			
		L*	a*	b*	$\Delta E$
0	Kızılötesi-Mikrodalga	74.49 <sup>b</sup>	7.09 <sup>de</sup>	31.40 <sup>a</sup>	37.41 <sup>f</sup>
10		66.29 <sup>d</sup>	9.38 <sup>c</sup>	28.33 <sup>b</sup>	40.45 <sup>e</sup>
20		60.52 <sup>f</sup>	10.65 <sup>b</sup>	27.93 <sup>bc</sup>	44.53 <sup>d</sup>
30		58.34 <sup>g</sup>	10.70 <sup>b</sup>	27.43 <sup>cd</sup>	45.96 <sup>c</sup>
40		54.76 <sup>h</sup>	11.56 <sup>a</sup>	27.18 <sup>d</sup>	48.77 <sup>b</sup>
50		52.21 <sup>i</sup>	11.90 <sup>a</sup>	26.95 <sup>d</sup>	50.82 <sup>a</sup>
0	Konvansiyonel	77.26 <sup>a</sup>	5.70 <sup>h</sup>	28.01 <sup>bc</sup>	32.93 <sup>i</sup>
10		68.18 <sup>c</sup>	6.02 <sup>gh</sup>	22.66 <sup>e</sup>	34.49 <sup>g</sup>
20		66.74 <sup>d</sup>	6.267 <sup>gh</sup>	22.86 <sup>e</sup>	35.73 <sup>h</sup>
30		63.62 <sup>e</sup>	6.47 <sup>fg</sup>	22.78 <sup>e</sup>	38.06 <sup>f</sup>
40		60.66 <sup>f</sup>	6.89 <sup>ef</sup>	22.90 <sup>e</sup>	40.59 <sup>e</sup>
50		57.46 <sup>g</sup>	7.49 <sup>d</sup>	23.28 <sup>e</sup>	43.47 <sup>d</sup>

Sonuçlar dört tekrar üzerinden ortalama değerleri ile verilmiştir. İstatistiksel değerlendirmelerde renk değerleri için her iki pişirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ).

Yapılan tek yönlü Anova analizlerine göre her iki pişirme yönteminde de L\* değeri formülasyonda YBU'nun artışı ile istatistiksel olarak anlamlı azalma göstermiştir ( $p \leq 0.05$ ). Ancak L\* değerleri, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş %10, %20 ve %30 YBU içeren bisküviler için sırasıyla konvansiyonel fırında pişirilmiş %20, %40 ve %50 YBU içeren bisküvilerle benzerlik göstermektedir. Ayrıca formülasyonda YBU'nun artışı ile a\* değerinin de arttığı görülmüştür (yeşilden kırmızıya). Kontrol örnek için a\* değeri kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede diğer tüm bisküvilerden istatistiksel olarak anlamlı derecede düşüktür ( $p \leq 0.05$ ). Konvansiyonel pişirmelerde ise a\* değeri kontrol örnek, %10 ve %20 YBU içeren bisküviler benzerlik gösterirken diğer bisküvilerden anlamlı olarak düşüktür ( $p \leq 0.05$ ). Benzer şekilde nohut unu ve yer bademi unu ile hazırlanan ekmeklerde yapılan renk analizlerinde de L\* değeri yer bademi unu ile azalma gösterirken a\* değerinin arttığı bildirilmiştir [55]. Yapılan analizlerde b\* değerinde ise kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede YBU oranının artışı ile azalma görülmektedir. Kontrol örneğin b\* değeri diğer tüm bisküvilerden anlamlı olarak yüksektir ( $p \leq 0.05$ ) fakat %10 ile %20 YBU içeren ve %30, %40 ile %50



YBU içeren bisküviler için b\* değerleri benzerdir. Şekil 4.9 ve Şekil 4.10' da farklı pişirme yöntemleri ve YBU oranlarının bisküviler üzerinde etkileri gösterilmiştir.



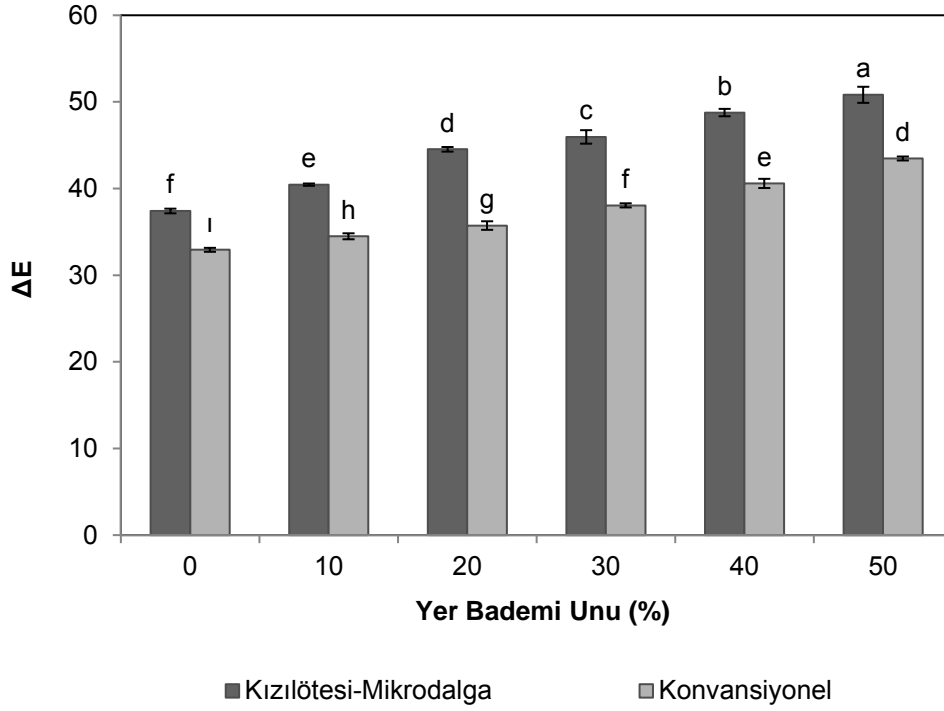
**Şekil 4.9** Farklı oranda YBU içeren, konvansiyonel fırında pişirilen bisküvi örnekleri.



**Şekil 4.10** Kontrol ve %50 YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvi örnekleri.

Şekil 4.11'de verilen  $\Delta E$  değerlerinde ise yapılan Tukey harflendirmelerinde her iki pişirme yöntemi bir arada değerlendirilmiştir ve farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ). Bu değerlendirmelere göre, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerde konvansiyonel pişirmelere göre daha yüksek  $\Delta E$  değerleri belirlenmiştir. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmelerde kontrol, %10 ve %20 YBU içeren bisküviler için  $\Delta E$  değerleri konvansiyonel yöntemde sırasıyla %30, %40 ve %50

YBU içeren bisküvilerle benzer bulunmuştur. Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmelerde daha düşük oranda YBU içeren bisküviler ile konvansiyonel yöntemde daha yüksek oranda YBU içeren bisküvilerin benzer  $\Delta E$  değerleri göstermesi, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmede yüzey kızarmasında etkili olan halojen lambalar ile açıklanabilir. Ayrıca bu durum, bisküvilerde kullanılan un tiplerinin renkleri, protein ve şeker içeriği ile doğrudan ilgili olmaktadır. PU beyaz renkte iken YBU açık kahverengi tonlarındadır ve hamurdaki oranının artması ile daha koyu renkli (düşük  $L^*$  değeri) bisküviler elde edilmiştir. Bunun yanında YBU oranının artışı ile artan şeker miktarı sonucu Maillard reaksiyonu sonucu melanoidin konsantrasyonunda artışa neden olmuş olabilir.



**Şekil 4.11** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ve konvansiyonel fırında pişirilen bisküvilerde  $\Delta E$  değerleri.

Yapılan çift yönlü Anova analizlerine göre hem YBU oranının hem de pişirme yönteminin tüm renk değerlerini ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $\Delta E$ ) anlamlı olarak etkilediği belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Yapılan tüm istatistik analiz verileri EK B8' de verilmektedir.

#### 4.3.5 Bisküvilerde Toplam Besinsel Lif Miktarı

Bisküvilerde toplam besinsel lif miktarı analizleri kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen ve farklı oranlarda YBU içeren bisküvilerde yapılmıştır. Bölüm 4.1.3'te belirtildiği gibi YBU'da (%20.89), PU'ya göre (%4.13) farklı olan toplam besinsel lif miktarı bisküvilerde formülasyonda YBU oranının artışı ile artış göstermiştir. Ancak, %30 ve %50 oranında YBU içeren bisküvilerin %40 YBU içeren bisküvilerle benzer olduğu belirlenmiştir. Bisküvilerde YBU oranının değişimi ile değişen toplam besinsel lif miktarı (%) Çizelge 4.13'de verildiği gibidir.

**Çizelge 4.13** Farklı oranlarda YBU içeren, kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerde toplam besinsel lif miktarı (%).

% YBU	Toplam Besinsel Lif (%)
0	3.31 ± 0.082 <sup>e</sup>
10	3.98 ± 0.054 <sup>d</sup>
20	4.77 ± 0.191 <sup>c</sup>
30	5.87 ± 0.312 <sup>b</sup>
40	6.09 ± 0.096 <sup>ab</sup>
50	6.63 ± 0.117 <sup>a</sup>

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değerleri ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile belirtilen değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ( $p \leq 0.05$ ).

The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine'in belirlediği besinsel referans alım değerlerinde (DRI) toplam besinsel lif miktarının 19-50 yaş arası kadınlar için 25 g/gün, erkekler için ise 30 g/gün olduğu bildirilmiştir [127]. Çölyak veya gluten intoleransa sahip bireyler üzerinde yapılan pek çok araştırmada günlük alınan toplam besinsel lif miktarının tavsiye edilen günlük alım miktarının (RDA) altında kaldığı bildirilmiştir [37]. Sonuç olarak YBU, glutensiz fırıncılık ürünlerinde besinsel lif miktarını arttırmada kullanılabilir iyi bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Besinsel lif analizi ile ilgili tüm istatistik analiz verileri EK B9' da verilmektedir.

#### 4.3.6 Bisküvilerde Mineral Madde Miktarı

Bisküvilerde mineral madde miktarı analizleri kızılötesi-mikrodalga fırında pişirilen ve farklı oranlarda YBU içeren bisküvilerde yapılmıştır. Bölüm 4.1.5'te YBU'da kalsiyum, magnezyum ve potasyum değerlerinin PU'dan fazla olduğu bildirilmiştir. Bu durumda, bisküvi formülasyonlarında YBU oranının artışı ile kalsiyum,

magnezyum ve potasyum değerlerinin artış göstermesi beklenen bir sonuçtur. YBU oranı ile mineral madde miktarlarında oluşan değişim Çizelge 4.14' de belirtilmektedir.

**Çizelge 4.14** Farklı oranlarda YBU içeren ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküvilerin mineral değerleri (ppm).

% YBU	Mineral Miktarı (ppm)		
	Ca	Mg	K
0	164.0 ± 0.78 <sup>d</sup>	255.0 ± 25.80 <sup>d</sup>	385.7 ± 7.10 <sup>c</sup>
10	174.0 ± 18.30 <sup>cd</sup>	282.8 ± 23.20 <sup>d</sup>	490.8 ± 21.70 <sup>bc</sup>
20	216.0 ± 1.00 <sup>c</sup>	361.8 ± 6.93 <sup>c</sup>	606.4 ± 5.30 <sup>b</sup>
30	277.9 ± 14.70 <sup>bc</sup>	417.1 ± 2.12 <sup>bc</sup>	807.0 ± 79.20 <sup>a</sup>
40	313.2 ± 0.21 <sup>ab</sup>	465.2 ± 1.47 <sup>b</sup>	824.8 ± 5.04 <sup>a</sup>
50	342.2 ± 17.30 <sup>a</sup>	555.9 ± 9.74 <sup>a</sup>	928.6 ± 10.16 <sup>a</sup>

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunmuştur ( $p \leq 0,05$ ).

Ölçümü gerçekleştirilen tüm mineral çeşitlerinde bisküvilere en az %20 oranında YBU katılması ile kontrol örneğine göre anlamlı bir farklılık oluşmuştur. Gerçekleştirilen tüm istatistiksel analiz verileri EK B10' da verilmektedir.

#### 4.4 Bisküvi Hamurları ve Bisküvilerin Termal Özellikleri

Amiloz ve amilopektinden oluşan nişasta granülleri, ortamda suyun varlığı ve uygulanan ısı enerjisi sonucunda suyu içine alarak şişer ve bu durum amilozun yapıdan ayrılmasına neden olur. Aynı zamanda bazı nişasta granüllerinin de parçalanması ile nişastanın jelatinizasyonu gerçekleşmiş olur. Nişasta jelatinizasyonu, jelatinize olmuş nişastanın oluşumu ile sonuçlanan geri dönüşümsüz birinci dereceden reaksiyonlardır [128].

Farklı oranlarda YBU ile hazırlanan hamurlarda ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş bisküvilerde yapılan DTK analizlerinde tüm örneklerde endotermik pik oluşumu gözlemlenmiştir. Nişasta kristallerinin jelatinizasyon değerleri ( $T_{\text{başlangıç}}$ ,  $T_{\text{pik}}$ ,  $T_{\text{bitiş}}$  ve  $\Delta H$ ) gram kuru numune bazında Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'da verilmektedir.

**Çizelge 4.15** Farklı yüzdelerde YBU ile hazırlanan bisküvi hamurlarının jelatinizasyon değerleri.

% YBU	T <sub>başlangıç</sub> (°C)	T <sub>pik</sub> (°C)	T <sub>bitiş</sub> (°C)	ΔH (J/g kuru numune)
0	67,49 ± 0.085 <sup>b</sup>	73,73 ± 0,049 <sup>b</sup>	87,18 ± 0.000 <sup>a</sup>	4,92 ± 0.138 <sup>a</sup>
10	67,37 ± 0.148 <sup>b</sup>	73,61 ± 0,057 <sup>b</sup>	87,36 ± 0.976 <sup>a</sup>	4,16 ± 0.366 <sup>ab</sup>
20	67,36 ± 0.064 <sup>b</sup>	73,73 ± 0,269 <sup>b</sup>	87,88 ± 2.180 <sup>a</sup>	3,97 ± 0.134 <sup>ab</sup>
30	68,53 ± 0.064 <sup>a</sup>	74,34 ± 0.000 <sup>a</sup>	87,76 ± 0.898 <sup>a</sup>	3,79 ± 0.251 <sup>ab</sup>
40	68,47 ± 0.488 <sup>a</sup>	74,66 ± 0.007 <sup>a</sup>	89,69 ± 0.276 <sup>a</sup>	3,03 ± 0.668 <sup>b</sup>
50	69,17 ± 0.035 <sup>a</sup>	74,67 ± 0.021 <sup>a</sup>	89,08 ± 0.969 <sup>a</sup>	3,01 ± 0.062 <sup>b</sup>

Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunmuştur (p≤0.05).

**Çizelge 4.16** Farklı oranlarda YBU ile hazırlanan kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş bisküvilerin jelatinizasyon değerleri.

% YBU	T <sub>başlangıç</sub> (°C)	T <sub>pik</sub> (°C)	T <sub>bitiş</sub> (°C)	ΔH (J/g kuru numune)
0	68,30 ± 0.127 <sup>a</sup>	73,96 ± 0.064 <sup>b</sup>	81,46 ± 0.240 <sup>c</sup>	3,35 ± 0.030 <sup>a</sup>
10	68,50 ± 0.247 <sup>a</sup>	73,85 ± 0.297 <sup>b</sup>	81,86 ± 1.460 <sup>bc</sup>	3,01 ± 0.308 <sup>a</sup>
20	69,54 ± 1.202 <sup>a</sup>	74,51 ± 0.389 <sup>ab</sup>	84,21 ± 2.020 <sup>abc</sup>	2,97 ± 0.002 <sup>a</sup>
30	69,47 ± 0.346 <sup>a</sup>	74,40 ± 0.071 <sup>ab</sup>	85,93 ± 0.403 <sup>ab</sup>	2,96 ± 0.118 <sup>a</sup>
40	69,27 ± 0.318 <sup>a</sup>	74,37 ± 0.049 <sup>ab</sup>	87,64 ± 0.410 <sup>a</sup>	2,47 ± 0.464 <sup>a</sup>
50	70,06 ± 0.969 <sup>a</sup>	75,07 ± 0.424 <sup>a</sup>	87,38 ± 0.198 <sup>a</sup>	2,54 ± 0.107 <sup>a</sup>

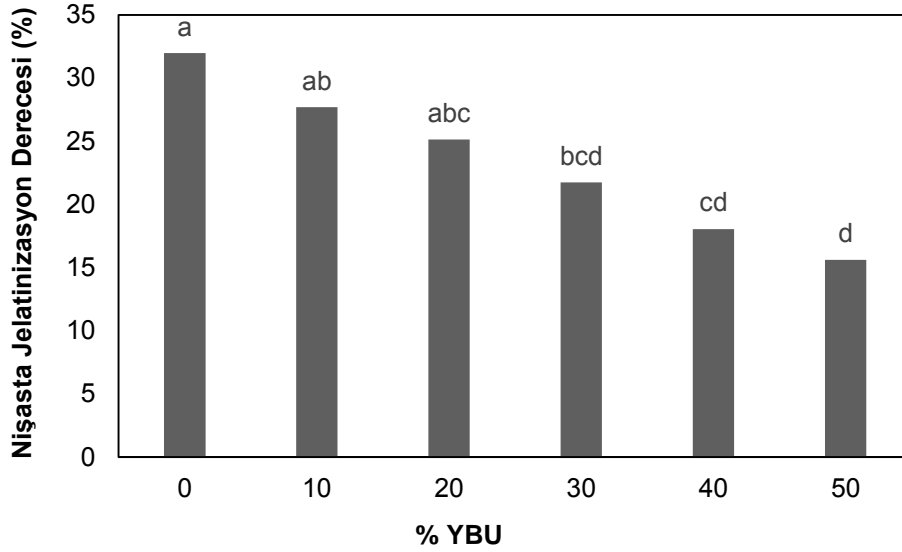
Sonuçlar iki tekrar üzerinden ortalama değer ve standart sapmaları ile verilmiştir. Her bir sütunda farklı harfler ile gösterilen değerler istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklı bulunmuştur (p≤0.05).

Hamur ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş bisküvilerde T<sub>başlangıç</sub>, T<sub>pik</sub> ve T<sub>bitiş</sub> değerleri kontrol gruplara göre YBU miktarının artışı ile artış göstermiştir. Nişasta jelatinizasyon entalpisi (J/g<sub>numune</sub>) değerlerinde ise hamurlarda; kontrol örnek ile %40 ve %50 YBU'lu örnekler arasında anlamlı farklılık görülürken; bisküvilerde kontrol örnek ile YBU'lu örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmemektedir (p≤0,05).

Bisküvi hamurları ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmiş bisküvilerin nişasta jelatinizasyon başlangıç sıcaklıkları sırası ile 67.36-69.17° C ve 68.30-70.06° C aralığında değişmiştir. Bisküvilerde hamurlara göre nişasta jelatinizasyon başlangıç sıcaklığındaki artış pişirme ile uygulanmış olan sıcaklık sonucunda nişastanın jelatinizasyon başlangıç sıcaklığının artması ile açıklanabilir [129]. Ayrıca pişirilmiş bisküvilerde görülen endotermik pik, pişirme işlemi sırasında yapıdaki tüm nişastanın jelatinize olmadığını göstermektedir [105].

Hamur ve bisküvilerde, gram kuru numune başına düşen entalpi değeri formülasyon içinde YBU oranının artışı ile azalma göstermektedir. Bu azalma hamurlarda kontrol grup ile %40 ve %50 YBU arasında anlamlı iken ( $p \leq 0,05$ ) bisküvilerde tüm formülasyonlar arasında anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir. PU ve YBU ile hazırlanan karışımlarda YBU oranının artışı ile yapıda nişasta miktarı azalmaktadır. Bu durum yapı içindeki tüm nişastanın jelatinize olması için gereken enerjinin azalması ile sonuçlanır.

Farklı oranlarda YBU içeren hamur ve bisküvi entalpilerinden elde edilen nişasta jelatinizasyon derecesi ise Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Nişasta jelatinizasyon derecesi formülasyonda YBU miktarının artışı ile azalma göstermektedir. Yapılan Tukey değerlendirmeleri sonucunda kontrol grubun %10 ve %20 YBU’lu grup ile %50 YBU’lu grubun ise %40 ve %30 YBU’lu grup ile benzer olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.12** Farklı oranlarda YBU içeren hamur ve kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilen bisküviler ile elde edilen nişasta jelatinizasyon derecesi (%).

Tüm istatistiksel analiz verileri EK B10’ da verilmiştir. Ayrıca, bazı hamur ve karşılığı olan bisküvi örnekleri için DTK termogramları EK A2 ve EK A3’de verilmiştir.

Farklı oranlarda YBU ve PU ile hazırlanan ekmek hamurlarının termal özelliklerinin incelendiği çalışmada ekmek hamurunda YBU oranının artışı ile  $\Delta H$  değerinin azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca jelatinizasyon sıcaklıklarının YBU oranının artışı ile

arttığı ve bu durumun YBU'nun yüksek besinsel lif ve şeker içeriğinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir [79].

Yapılan bir diğer çalışmada ise dirençli nişastanın bisküvi hamuru ve bisküvilerin termal özellikleri üzerinde etkileri incelenmiş ve  $T_{pik}$  değerinin hamurlarda karşılığı olan bisküvilere göre daha düşük sıcaklık değerlerinde oluştuğu bildirilmiştir [105]. Bisküvilerde hamurlara göre  $T_{pik}$  değerinin daha düşük olması, pişirme ile ısı ve nem değişimlerinin nişasta jelatinizasyon sıcaklığında artışa sebep olmuş olabileceği ile açıklanmıştır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, besinsel değeri yüksek, glutensiz bir yumru kök olan yer bademinden elde edilen unun, pirinç unu içeren glutensiz bisküvi hamurlarına pirinç unu yerine farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30, 40, 50) eklenmesi ile hazırlanan bisküvi hamurlarının reolojik özellikleri ile kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu ve konvansiyonel fırınlarda pişirilen bisküvilerin fiziksel, fonksiyonel ve besinsel özellikleri incelenmiştir.

Glutensiz olma özelliğine sahip YBU ve PU kimyasal, besinsel ve fonksiyonel özellikleri açısından karşılaştırılmıştır. YBU'da yağ ve toplam kül miktarları PU'ya göre daha yüksek olmakla birlikte; nem, protein ve toplam nişasta miktarının PU'dan daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum kimyasal içerik açısından YBU ve PU'nun birbirlerini bütünlüleyici özellikte olduğunu gösterebilmektedir.

Hamur hazırlama aşamalarını ve son ürün kalitesini önemli ölçüde etkileyen su ve yağ tutma kapasiteleri YBU'da PU'ya göre yüksek bulunmuştur. Bisküvilerde son ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyen zedelenmiş nişasta miktarı ise YBU'da PU'ya göre daha azdır. Uluslararası literatürde de belirtildiği gibi YBU'da PU'ya göre oldukça yüksek oranda besinsel lif içeriği, kalsiyum, magnezyum ve potasyum değerleri belirlenmiştir.

Farklı oranlarda YBU ve PU içeren bisküvi hamurlarında yapılan dinamik salınım ölçümlerinde 0.1-10 Hz frekans aralığında ve sabit gerinim değerinde (%0.5) hamurların davranışı gözlemlenmiştir ve elde edilen verilerde YBU oranının artışı ile elastik, viskoz özelliklerin ve kompleks viskozite ( $\mu^*$ ) değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Sünme ve iyileşme ölçümlerinde ise maksimum sünme uyumu değerinin ( $J_{max}$ ), YBU oranının artışı ile artış gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanına YBU oranının değişiminin hamurlarda sertlik ve yoğunluğu aynı şekilde etkilediği gözlemlenmiştir. Başlangıçta YBU eklenmesi hamur sertlik ve yoğunluğunu azaltırken %30 oranında YBU içeren hamurlarda sertlik ve yoğunluk tekrar artış göstermiş ve neredeyse kontrol örnek ile aynı değere ulaşmıştır. İç yapışkanlık ve elastiklik değerleri ise YBU artışı ile artmıştır. Hamurlarda yapılan bir diğer ölçüm olan pH ise YBU artışı ile azalma göstermiştir.



Pişme sonrası yapılan bisküvi kalite değerlendirmeleri için pişirmeler iki farklı yöntem ile yapılmış ve hem YBU oranının hem de pişirme yönteminin bisküvi kalitesine etkisi gözlemlenmiştir. Konvansiyonel fırında, 130°C'de 17 dakika süre ile kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında ise %20 mikrodalga gücü, %70 üst ve %70 alt halojen lamba güçleri kullanılarak 3,75 dakika süre ile pişirmeler yapılmıştır. Ağırlık kaybı açısından pişirme yöntemleri karşılaştırıldığında kontrol örnek dışında tüm örneklerde ağırlık kaybı literatürde pek çok çalışmada belirtildiği gibi kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında konvansiyonel fırına göre anlamlı olarak fazla bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ).

Boyut analizlerinde bisküvilerde genişlik (mm), kalınlık (mm) ve yayılma oranları karşılaştırıldığında ise pişirme yöntemleri arasında konvansiyonel yöntemde tüm örneklerde yayılma oranı kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu yöntemde göre fazla bulunmuştur. Ayrıca kontrol örnek her iki pişirme yönteminde de diğer örneklerden daha az genişlik ve kalınlık artışı göstermiştir.

Bisküvilerde sertlik değerleri her iki pişirme yönteminde de kontrol örneklerde diğer tüm örneklere göre yüksek bulunmuştur. Bunun yanında her iki pişirme yönteminde de YBU'nun %10 oranında katılması ile sertlik değerinde azalma görülse de daha fazla oranlarda YBU katılması sertliğin artmasına neden olmuştur. Bisküvilere katılan YBU oranının ve pişirme yöntemlerinin bisküvilerde renk değerleri üzerinde etkilerine bakıldığında kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile pişirilen bisküvilerde  $\Delta E$  değerinin konvansiyonel fırına göre fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yöntemler kendi içlerinde karşılaştırıldığında YBU oranının artışı ile  $\Delta E$  değeri anlamlı olarak artış göstermiştir.

Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırın ile pişirilen bisküvilerde yapılan toplam besinsel lif ve mineral tayinlerinde bisküvilerde YBU miktarı artışı ile kalsiyum, potasyum ve magnezyum değerlerinin ve toplam besinsel lif içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda, YBU'nun glutensiz bisküvi üretiminde hem besinsel zenginlik açısından hem de ürün kalitesi üzerindeki olumlu etkilerine bakıldığında alternatif bir glutensiz ürün hammaddesi olarak kullanımının uygun olacağı söylenebilir. Ayrıca kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu pişirmenin

konvansiyonel pişirmeye göre bisküvi kalitesinde herhangi bir olumsuzluğa sebep olmadığı açıkça görülmüştür ve konvansiyonel yöntemle göre zaman ve enerji tasarrufu sağlayan bu yöntemin kullanılması desteklenmelidir.

Gelecek çalışmalarda YBU'nun görsel kalite ve tat, aroma anlamında sinerjik etkiler gösterebileceği farklı glutensiz unlar ile denemeleri yapılabilir. Bunun yanında özellikle hamur reolojisi ve bisküvi tekstüründe etkili olan yağ miktarı oldukça fazla oranda yağ içeriğine sahip olan YBU'nun kullanımı ile azaltılabilir ve böylece daha sabit bir yapının oluşumu desteklenebilir. Ayrıca yer bademinden elde edilen süt, yağ, diyet lif gibi yan ürünlerin farklı türde gıdalarda kullanımının araştırılması ile gıdalarda besleyici değer ve aroma zenginleştirilmesinde kullanımı yaygınlaştırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Gibert, A., Kruizinga, A.G., Neuhold, S., Houben, G.F., Canela, M.A., Fasano, A., et al., Might gluten traces in wheat substitutes pose a risk in patients with celiac disease? A population-based probabilistic approach to risk estimation, *American Journal of Clinical Nutrition*, 97, 109–116, **2013**.
- [2] Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., Capellas, M., Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread, *Journal of Cereal Science*, 56, 476–481, **2012**.
- [3] Moroni, A. V., Dal Bello, F., Arendt, E.K., Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue?, *Food Microbiology*, 26, 676–684, **2009**.
- [4] Zannini, E., Jones, J.M., Renzetti, S., Arendt, E.K., Functional replacements for gluten, *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 227–245, **2012**.
- [5] Anonim, <http://arastirma.tarim.gov.tr/cukurovataem/Menu/34/Yer-Bademi>, (Ağustos, **2017**).
- [6] Giuberti, G., Marti, A., Fortunati, P., Gallo, A., Gluten free rice cookies with resistant starch ingredients from modified waxy rice starches: Nutritional aspects and textural characteristics, *Journal of Cereal Science*, 76, 157–164, **2017**.
- [7] Lebwohl, B., Sanders, D.S., Green, P.H.R., Coeliac disease, *The Lancet*, 6736, 1–12, **2017**.
- [8] Catassi, C., Fasano, A., Celiac disease, *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, (Eds: Arendt, E.K., Dal Bello, F.), Elsevier Inc., 1–27, **2008**.
- [9] De la Barca, A.M.C., Rojas-Martínez, M.E., Islas-Rubio, A.R., Cabrera-Chávez, F., Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities, *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 241–246, **2010**.

- [10] Anonim, <http://yeni.thsk.gov.tr/obezite-colyak/2069-obezite-colyak-ve-gorulme-sikligi.html> (Ağustos, **2017**).
- [11] Feighery, C., Coeliac disease, *British Medical Journal*, 319, 236–239, **1999**.
- [12] Schuppan, D., Junker, Y., Barisani, D., Celiac disease: from pathogenesis to novel therapies, *Gastroenterology*, 137, 1912–1933, **2009**.
- [13] Pyle, G.G., Paaso, B., Anderson, B.E., Allen, D.D., Marti, T., Li, Q., Siegel, M., Khosla, C., Gray, G.M., Effect of pretreatment of food gluten with prolyl endopeptidase on gluten-induced malabsorption in celiac sprue, *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 3, 687–694, **2005**.
- [14] Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K., Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products, *Trends in Food Science and Technology*, 15, 143–152, **2004**.
- [15] FAO, WHO, Codex standard for foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, *Codex Alimentarius*, Codex Stan 118-1979. Amendment: 1983 and 2015. Rev, **2015**.
- [16] T.S.E., *Gıdalar - Gluteni azaltılmış ve glutensiz hâle getirilmiş*, TS 13143, **2005**.
- [17] AOAC, Gliadin as a measure of gluten in foods, 991.19-2001, **2002**.
- [18] Scherf, K.A., Wieser, H., Koehler, P., Novel approaches for enzymatic gluten degradation to create high-quality gluten-free products, *Food Research International*, **2016**.
- [19] Türksoy, S., Özkaya, B., Gluten ve Çölyak Hastalığı, *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24–26, **2006**.
- [20] Turabi, E., *Design of Gluten Free Rice Cake Formulations For Baking in Infrared-Microwave Combination Oven*, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, **2010**.

- [21] Wang, P., Jin, Z., Xu, X., Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage - A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives, *Trends in Food Science and Technology*, 46, 189–198, **2015**.
- [22] Gujral, H.S., Rosell, C.M., Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase, *Food Research International*, 37, 75–81, **2004**.
- [23] Manley, D., *Manley 's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies*, 4. Baskı, Woodhead Publishing, **2011**.
- [24] Arendt., O'Brien, C. M., Schober, T., Gormley, T.R., Gallagher, E., Development of Gluten-Free Cereal Products, *Farm Food*, 12, 65–72, **2002**.
- [25] Alvarez-Jubete, L., Arendt, E., Gallagher, E., Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 21, 106-113, **2010**.
- [26] Naqash, F., Gani, A., Gani, A., Masoodi, F.A., Gluten-free baking: combating the challenges - A review, *Trends in Food Science and Technology*, 66, 98–107, **2017**.
- [27] Rojas, J.A., Rosell, C., Benedito de Barber, C., Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems, *Food Hydrocolloids*, 13, 27-33, **1999**.
- [28] Mariotti, M., Lucisano, M., Ambrogina Pagani, M., Ng, P.K.W., 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, 963–975, **2009**.
- [29] Gao, Z., Fang, Y., Cao, Y., Liao, H., Nishinari, K., Phillips, G.O., Hydrocolloid-food component interactions, *Food Hydrocolloids*, 68, 149–156, **2017**.
- [30] Abdel-Aal, E.S.M., Functionality of starches and hydrocolloids in gluten-free foods, *Gluten-Free Food Science and Technology*, 200–224, **2009**.

- [31] Gallaher, E., Formulation and nutritional aspects of gluten-free cereal products and infant foods, *Gluten-free Cereal Products And Beverages* (eds: Arendt, E.K., Bello, F.D.), Elsevier Inc., USA, 321–341, **2008**.
- [32] Dapčević Hadnadev, T.R., Torbica, A.M., Hadnadev, M.S., Influence of Buckwheat Flour and Carboxymethyl Cellulose on Rheological Behaviour and Baking Performance of Gluten-Free Cookie Dough, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1770–1781, **2013**.
- [33] Altindag, G., Certel, M., Erem, F., Ilknur Konak, U., Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase, *Food Science and Technology International*, 21, 213–220, **2015**.
- [34] Filipčev, B., Šimurina, O., Sakač, M., Sedej, I., Jovanov, P., Pestorić, M., Bodroza Solarov, M., Feasibility of use of buckwheat flour as an ingredient in ginger nut biscuit formulation, *Food Chemistry*, 125, 164-170, **2011**.
- [35] Moiraghi, M., Vanzetti, L., Bainotti, C., Helguera, M., León, A., Pérez, G., Relationship between soft wheat flour physicochemical composition and cookie-making performance, *Cereal Chemistry Journal*, 88, 130–136, **2010**.
- [36] Slavin, J., Impact of the proposed definition of dietary fiber on nutrient databases, *Journal of Food Composition and Analysis*, 16, 287–291, **2003**.
- [37] Hager, A.S., Axel, C., Arendt, E.K., Status of carbohydrates and dietary fiber in gluten-free diets, *Cereal Foods World*, 56, 109–114, **2011**.
- [38] Baltasvias, A., Jurgens, A., Van Vliet, T., Rheological Properties of Short Doughs at Small Deformation, *Journal of Cereal Science*, 26, 289–300, **1997**.
- [39] Delcour, J.A., Hoseney, D.C., *Principle of Cereal Science and Technology*, 3. Baski, AACC International, Minnesota. **2010**.
- [40] Mancebo, C.M., Picón, J., Gómez, M., Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies, *LWT - Food Science and Technology*, 64, 264–269, **2015**.

- [41] Kaur, M., Sandhu, K.S., Arora, A.P., Sharma, A., Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties, *LWT - Food Science and Technology*, 62, 628–632, **2015**.
- [42] Chauhan, A., Saxena, D.C., Singh, S., Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour, *LWT - Food Science and Technology*, 63, 939–945, **2015**.
- [43] Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L., Gallo, A., Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics, *Food Chemistry*, 239, 679–687, **2018**.
- [44] Infante, R.A., Natal, D.I.G., Moreira, M.E.D.C., Bastiani, M.I.D., Chagas, C.G.O., Nutti, M.R., et al., Enriched sorghum cookies with biofortified sweet potato carotenoids have good acceptance and high iron bioavailability, *Journal of Functional Foods*, 38, 89–99, **2017**.
- [45] Torbica, A., Hadnadev, M., Dapčević Hadnadev, T., Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality, *Food Research International*, 48, 277–283, **2012**.
- [46] Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S., Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens, *Food Hydrocolloids*, 24, 755–762, **2010**.
- [47] Montes, S. de S., Rodrigues, L.M., Cardoso, R. de C.V., Camilloto, G.P., Cruz, R.S., Biscoito de farinhas de tapioca e de arroz: Propriedades tecnológicas, nutricionais e sensoriais, *Ciencia E Agrotecnologia*, 39, 514–522, **2015**.
- [48] Nazlıcan, A.N., Chufa (*Cyperus esculentus* L.) Bitkisinin Morfolojik ve Fizyolojik Özellikleri ile Bazı Zirai karakterlerinin Saptanması Üzerine Araştırmalar, Ankara Üniversitesi, **1984**.

- [49] Oladele, A., Aina, J., Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tigernut ( *Cyperus esculentus* ), *African Journal of Biotechnology*, 6, 2473–2476, **2007**.
- [50] Ade-Omowaye O, Adebisi, I.F., Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) -wheat composite flour and bread, *African Journal of Food Science*, 87–91, **2008**.
- [51] Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Angel Pérez-Alvarez, J., Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 366–377, **2012**.
- [52] Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., Parmentier, M., Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 710–732, **2007**.
- [53] Yeboah, S.O., Mitei, Y.C., Ngila, J.C., Wessjohann, L., Schmidt, J., Compositional and structural studies of the oils from two edible seeds: Tiger nut, *Cyperus esculentum*, and asiato, *Pachira insignis*, from Ghana, *Food Research International*, 47, 259–266, **2012**.
- [54] Belewu, M.A., Belewu, K.Y., Comparative physicochemical evaluation of tigernut, soybean and coconut milk sources, *International Journal of Agriculture and Biology*, 785–787, **2007**.
- [55] Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Capellas, M., Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread, *LWT - Food Science and Technology*, 62, 225–232, **2015**.
- [56] Kehinde, E., Ayodele, M., Adewale, S., Proximate, functional, pasting and rheological properties of wheat- tiger nut composite flour 1 1, 17, **2016**.
- [57] Ghotra, B.S., Dyal, S.D., Narine, S.S., Lipid shortenings: A review, *Food Research International*, 35, 1015–1048, **2002**.



- [58] Ulusoy, S., *Stevia ile Tatlandırılmış Bisküvilerin Kalite Özellikleri ve Akrlamid İçeriğinin Belirlenmesi*, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin, **2011**.
- [59] Kohyama, K., Nishinari, K., Effect of Soluble Sugars on Gelatinization and Retrogradation of Sweet Potato Starch, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 1406–1410, **1991**.
- [60] Spies, R.D., Hosney, R.C., Effect of sugars on starch gelatinization, *Cereal Chemistry*, 59, 128, **1982**.
- [61] Ertugay, Z., Kotancılar, G., Nişastanın bazı fizikokimyasal özellikleri ile ekmek içi sertliği arasındaki ilişkiler, *Gıda*, 13, 115–121, **1988**.
- [62] Menjivar, J.A., Fundamental Aspects of Dough Rheology, (Eds: Faridi, H., Faubion, J.M.), *Dough Rheology and Baked Product Texture*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1-28, **1990**.
- [63] Dobraszczyk, B.J., Morgenstern, M.P., Rheology and the breadmaking process, *Journal of Cereal Science*, 38, 229–245, **2003**.
- [64] Sahin, S., Sumnu, S.G., Rheological Properties of Foods. *Physical Properties of Foods*, (eds: Sahin, S., Sumnu, S.G.), Springer, New York, 39–105, **2006**.
- [65] Sarabhai, S., Sudha, M.L., Prabhasankar, P., Rheological characterization and biscuit making potential of gluten free flours, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 1449–1461, **2017**.
- [66] Inglett, G.E., Chen, D., Liu, S.X., Physical properties of gluten-free sugar cookies made from amaranth-oat composites, *LWT - Food Science and Technology*, 63, 214–220, **2015**.
- [67] Petrović, J., Fišteš, A., Rakić, D., Pajin, B., Lončarević, I., Šubarić, D., Effect of defatted wheat germ content and its particle size on the rheological and textural properties of the cookie dough, *Journal of Texture Studies*, 46, 374–384, **2015**.

- [68] Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Guamis, B., Capellas, M., Effect of tiger nut-derived products in gluten-free batter and bread, *Revista de Agaroquímica Y Tecnología de Alimentos*, 21, 323–331, **2015**.
- [69] Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S., Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend, *Food Hydrocolloids*, 22, 305–312, **2008**.
- [70] Sablani, S.S., Marcotte, M., Baik, O.D., Castaigne, F., Modeling of simultaneous heat and water transport in the baking process, *LWT - Food Science and Technology*, 31, 201–209, **1998**.
- [71] Sumnu, G., A review on microwave baking of foods, *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 117–127, **2001**.
- [72] Therdthai, N., Zhou, W., Recent advances in the studies of bread baking process and their impacts on the bread baking technology, *Food Science and Technology Research*, 9, 219–226, **2003**.
- [73] Schubert, H., Knoerzer, K., Regier, M., Introducing microwave assisted processing of food: fundamentals of the technology. *The Microwave Processing of Foods*, (eds: Regier, M., Knoerzer, K., Schubert, H.), Elsevier, 2. Baskı, İngiltere, **2017**.
- [74] Yolaçaner, E.T., Sumnu, G., Sahin, S., Microwave-assisted baking. *The Microwave Processing of Foods*, (eds: Regier, M., Knoerzer, K., Schubert, H.), Elsevier, 2. Baskı, İngiltere, **2017**.
- [75] Chavan, R., Microwave Baking in Food Industry: A Review, *International Journal of Dairy Science*, 5, 113–127, **2010**.
- [76] Sumnu, G., Sahin, S., Sevimli, M., Microwave, infrared and infrared-microwave combination baking of cakes, *Journal of Food Engineering*, 71, 150–155, **2005**.
- [77] Ozge Keskin, S., Sumnu, G., Sahin, S., Bread baking in halogen lamp-microwave combination oven, *Food Research International*, 37, 489–495, **2004**.

- [78] Demirkesen Mert, I., Sumnu, G., Sahin, S., Image analysis of gluten-free breads prepared with chestnut and rice flour and baked in different ovens, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1749-1758, **2013**.
- [79] Demirkesen, I., Sumnu, G., Sahin, S., Quality of gluten-free bread formulations baked in different ovens, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 746–753, **2013**.
- [80] Keskin, S.O., Oztürk, S., Sahin, S., Koksel, H., Sumnu, G., Halogen lamp-microwave combination baking of cookies, *European Food Research and Technology*, 220, 546–551, **2005**.
- [81] Zoulias, E.I., Oreopoulou, V., Tzia, C., Effect of fat mimetics on physical, textural and sensory properties of cookies, *International Journal of Food Properties*, 3, 385–397, **2000**.
- [82] Sindhuja, A., Sudha, M.L., Rahim, A., Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies, *European Food Research and Technology*, 221, 597–601, **2005**.
- [83] Ahmed, Z., Hussein, A., Exploring The suitability of incorporating tiger nut flour as novel ingredient in gluten-free biscuit, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 64, 27–33, **2014**.
- [84] Park, E.Y., Baik, B.K., Lim, S.T., Influences of temperature-cycled storage on retrogradation and in vitro digestibility of waxy maize starch gel, *Journal of Cereal Science*, 50, 43–48, **2009**.
- [85] Villemejeane, C., Denis, S., Marsset-Baglieri, A., Alric, M., Aymard, P., Michon, C., In vitro digestion of short-dough biscuits enriched in proteins and/or fibres using a multi-compartmental and dynamic system (2): Protein and starch hydrolyses, *Food Chemistry*, 190, 164–172, **2016**.
- [86] Ndife, M., Şumnu, G., Bayındırlı, L., Differential scanning calorimetry determination of gelatinization rates in different starches due to microwave heating, *LWT - Food Science and Technology*, 31, 484–488, **1998**.

- [87] Ozkoc, S.O., Sumnu, G., Sahin, S., Turabi, E., Investigation of physicochemical properties of breads baked in microwave and infrared-microwave combination ovens during storage, *European Food Research and Technology*, 228, 883–893, **2009**.
- [88] Johnson, J.M., Harris, C.H., Barbeau, W.E., Effects of high-fructose corn syrup replacement for sucrose on browning, starch gelatinization, and sensory characteristics of cakes, *Cereal Chemistry*, 66, 155–157, **1989**.
- [89] Laguna, L., Hernández, M.J., Salvador, A., Sanz, T., Study on resistant starch functionality in short dough biscuits by oscillatory and creep and recovery tests, *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1312–1320, **2013**.
- [90] Yalçın, S., *Kızılötesi Uygulanmış Soyanın Bileşimi, Kalite Özellikleri ve Hububat Ürünlerinde Kullanımı*, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2011**.
- [91] AACC, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists, <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx> (Kasım, **2017**).
- [92] Buffler, C.R., *Microwave Cooking and Processing: Engineering Fundamentals for the Food Scientist*. Springer, US, **1993**.
- [93] Turabi, E., Sumnu, G., Sahin, S., Optimization of baking of rice cakes in infrared–microwave combination oven by response surface methodology, *Food and Bioprocess Technology*, 1, 64–73, **2008**.
- [94] Codina-Torrella, I., Guamis, B., Trujillo, A.J., Characterization and comparison of tiger nuts (*Cyperus esculentus* L.) from different geographical origin. Physico-chemical characteristics and protein fractionation, *Industrial Crops and Products*, 65, 406–414, **2015**.
- [95] Kraithong, S., Lee, S., Rawdkuen, S., Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour, *Journal of Cereal Science*, 79, 259–266, **2018**.

- [96] Chinma, C., Adewuyi, O., Abu, J., Effect of germination on the chemical and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*), *Food Research International*, 42, 1004–1009, **2009**.
- [97] Mert, B., Demirkesen, I., Evaluation of highly unsaturated oleogels as shortening replacer in a short dough product, *LWT - Food Science and Technology*, 68, 477–484, **2016**.
- [98] Manohar, R.S., Rao, P.H., Effect of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits, 383, 197–206, **1997**.
- [99] Manohar, R.S., Rao, P.H., Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1223–1231, **1999**.
- [100] Coskuner, Y., Ercan, R., Karababa, E., Nazlıcan, A.N., Physical and chemical properties of chufa (*Cyperus esculentus* L.) tubers grown in the Çukurova region of Turkey, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82, 625–631, **2002**.
- [101] Kulp, K., Olewnik, M.C., The effect of mixing time and ingredient variation on farinograms of cookie doughs, *Cereal Chemistry*, 61, 532–537, **1984**.
- [102] Guan, Z., , Xiuzhi Wang , Min Li, X.J., Mathematical modeling on hot air drying of thin layer fresh tilapia fillets, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63, 49–54, **2013**.
- [103] Lario, Y., Sendra, E., García-Pérez, J., Fuentes, C., Sayas-Barberá, E., Fernández-López, J., Perez-Alvarez, J.A., Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, 113–117, **2004**.
- [104] Chen, H., Rubenthaler, G.L., Leung, H.K., Baranowski, J.D., Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran, *Cereal Chemistry*, 65, 244–247, **1988**.

- [105] Laguna, L., Salvador, A., Sanz, T., Fiszman, S.M., Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits, *LWT - Food Science and Technology*, 44, 737–746, **2011**.
- [106] Sánchez-Zapata, E., Fuentes-Zaragoza, E., Fernández-LÓPEZ, J., Esther Sendra, E.S., Navarro, C., Pérez-ÁLVAREZ, J.A., Preparation of dietary fiber powder from tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk (“horchata”) byproducts and its physicochemical properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 7719–7725, **2009**.
- [107] Anderson, J., Baird, P., Davis, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., Williams, C.L., Health benefits of dietary fiber, *Nutrition Reviews*, 67, 188–205, **2009**.
- [108] Karaman, E., Yilmaz, E., Tuncel, N.B., Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 11, 9–17, **2017**.
- [109] Lamberts, L., De Bie, E., Vandeputte, G.E., Veraverbeke, W.S., Derycke, V., De Man, W., et al., Effect of milling on colour and nutritional properties of rice, *Food Chemistry*, 100, 1496–1503, **2007**.
- [110] Barrera, G.N., Pérez, G.T., Ribotta, P.D., León, A.E., Influence of damaged starch on cookie and bread-making quality, *European Food Research and Technology*, 225, 1–7, **2007**.
- [111] Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B.S., Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies, *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1342–1348, **2014**.
- [112] Gharibzahedi, S.M.T., Jafari, S.M., The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation, *Trends in Food Science and Technology*, 62, 119–132, **2017**.

- [113] Reddy, C.K., Kimi, L., Haripriya, S., Kang, N., Effects of polishing on proximate composition, physico- chemical characteristics, mineral composition and antioxidant properties of pigmented rice, *Rice Science*, 24, 241–252, **2017**.
- [114] Heinemann, R.J.B., Fagundes, P.L., Pinto, E.A., Penteado, M.V.C., Lanfer-Marquez, U.M., Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18, 287–296, **2005**.
- [115] Arafat, S.M., Gaafar, A.M., Basuny, A.M., Nassef, S.L., Chufa tubers (*Cyperus esculentus L.*): as a new source of food, *World Applied Sciences Journal*, 7, 151–156, **2009**.
- [116] Builders, P.F., Mbah, C.C., Adama, K.K., Audu, M.M., Effect of pH on the physicochemical and binder properties of tigernut starch, *Starch/Staerke*, 66, 281–293, **2014**.
- [117] Gujral, H.S., Guardiola, I., Carbonell, J.V., Rosell, C.M., Effect of cyclodextrin glycosyl transferase [corrected] on dough rheology and bread quality from rice flour., *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3814–8, **2003**.
- [118] Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.-M., Allaf, K., Patras, C., Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits, *Journal of Food Engineering*, 35, 23–42, **1998**.
- [119] Pedersen, L., Kaack, K., Bergsøe, M.N., Adler-Nissen, J., Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristics, *Journal of Cereal Science*, 39, 37–46, **2004**.
- [120] Devi, A., Khatkar, B.S., Physicochemical, rheological and functional properties of fats and oils in relation to cookie quality: a review, *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3633–3641, **2016**.

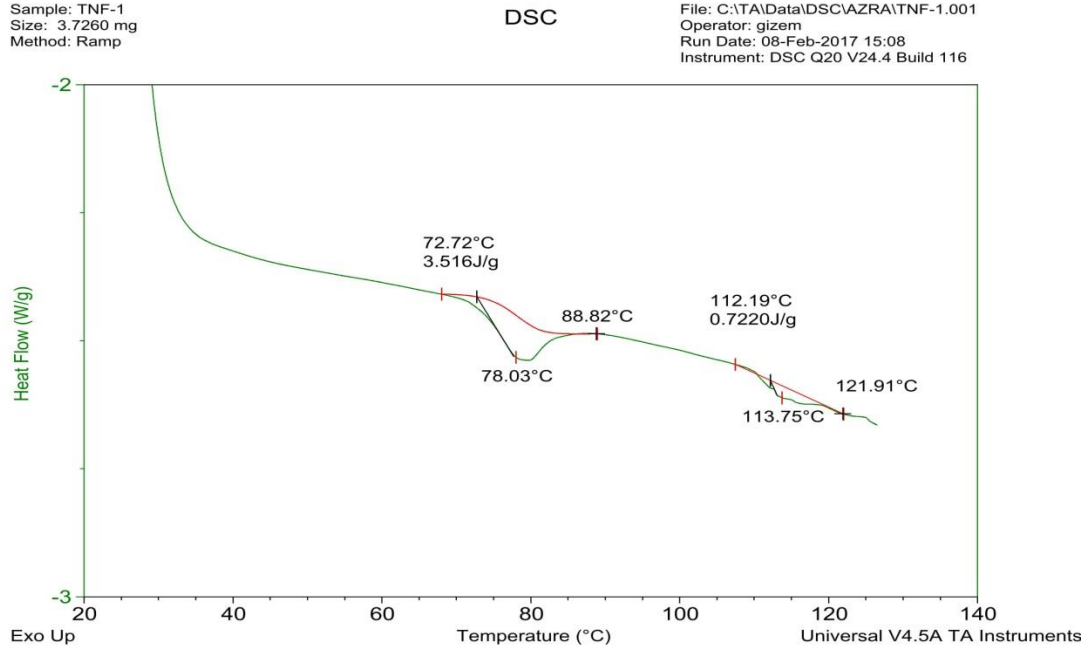
- [121] Tarancón, P., Hernández, M.J., Salvador, A., Sanz, T., Relevance of creep and oscillatory tests for understanding how cellulose emulsions function as fat replacers in biscuits, *LWT - Food Science and Technology*, 62, 640–646, **2015**.
- [122] Sai Manohar, R., Haridas Rao, P., Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality, *Food Research International*, 35, 807–813, **2002**.
- [123] Wade, P., *Biscuits, Cookies and Crackers: The Principles of the Craft*, Elsevier, London, **1988**.
- [124] Sudha, M.L., Srivastava, A.K., Vetrmani, R., Leelavathi, K., Fat replacement in soft dough biscuits: Its implications on dough rheology and biscuit quality, *Journal of Food Engineering*, 80, 922–930, **2007**.
- [125] Mamat, H., Abu Hardan, M.O., Hill, S.E., Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit, *Food Chemistry*, 121, 1029–1038, **2010**.
- [126] Nandeesh, K., Jyotsna, R., Venkateswara Rao, G., Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits, *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 179–200, **2011**.
- [127] National Academies, Dietary, Functional and Total Fiber. *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fat. Acids, Cholesterol, Protein, Amin. Acids*, National Academy of Sciences, USA, 339–421, **2005**.
- [128] Arık Kibar, E.A., Gönenç, I., Us, F., Gelatinization of waxy, normal and high amylose corn starches, *The Journal Of Food*, 35, 237–244, **2010**.
- [129] Gómez, M., Martínez, M.M., Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods, *Journal of Cereal Science*, 67, 68–74, **2016**.



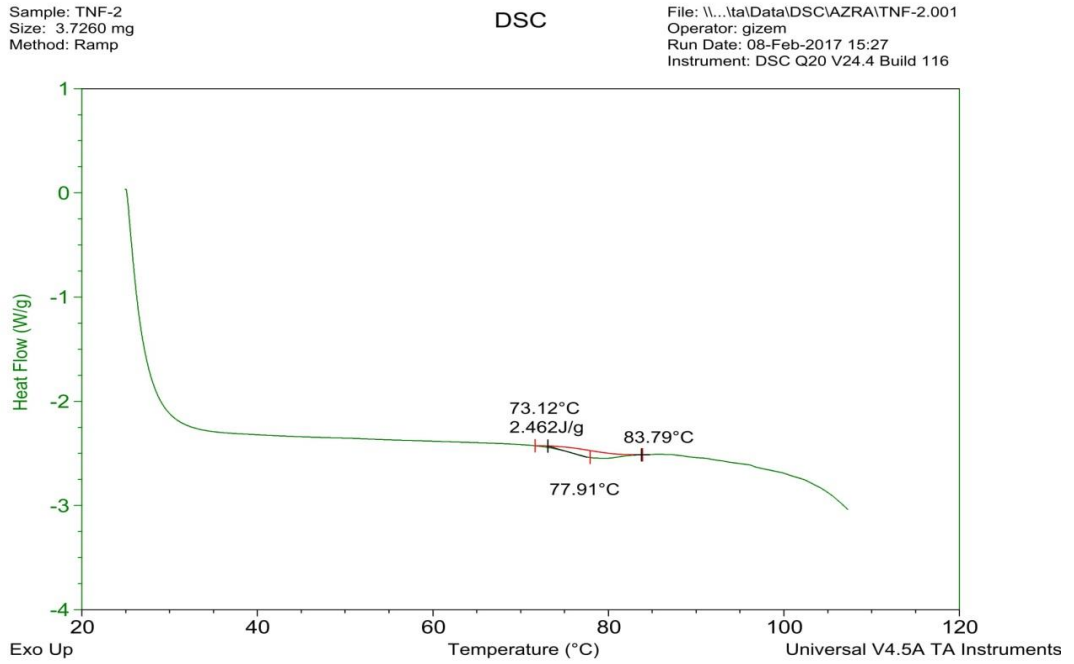
# EKLER

## EK A1: Yer Bademi Unu ve Piriñç Ununun DTK Termogramları

### A- Yer bademi unu termogramı.



### B- Piriñç unu termogramı.

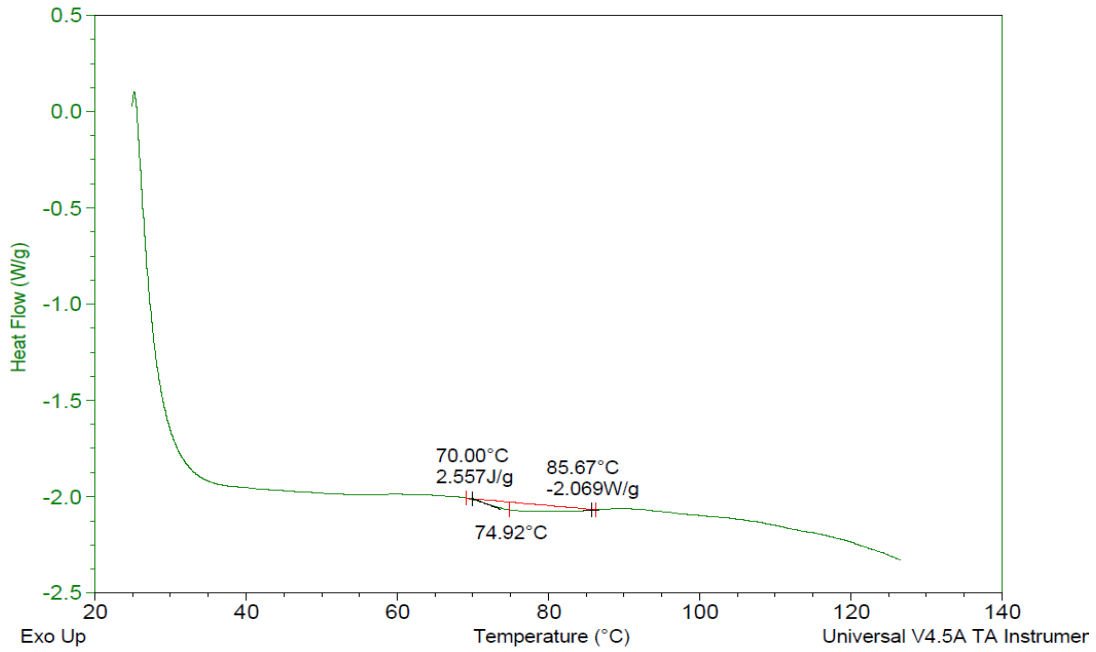


## EK A2: %50 YBU İçeren Bisküvi Hamuru ve Bisküvi DTK Termogramları.

Sample: %50-3  
Size: 4.0000 mg  
Method: Ramp

DSC

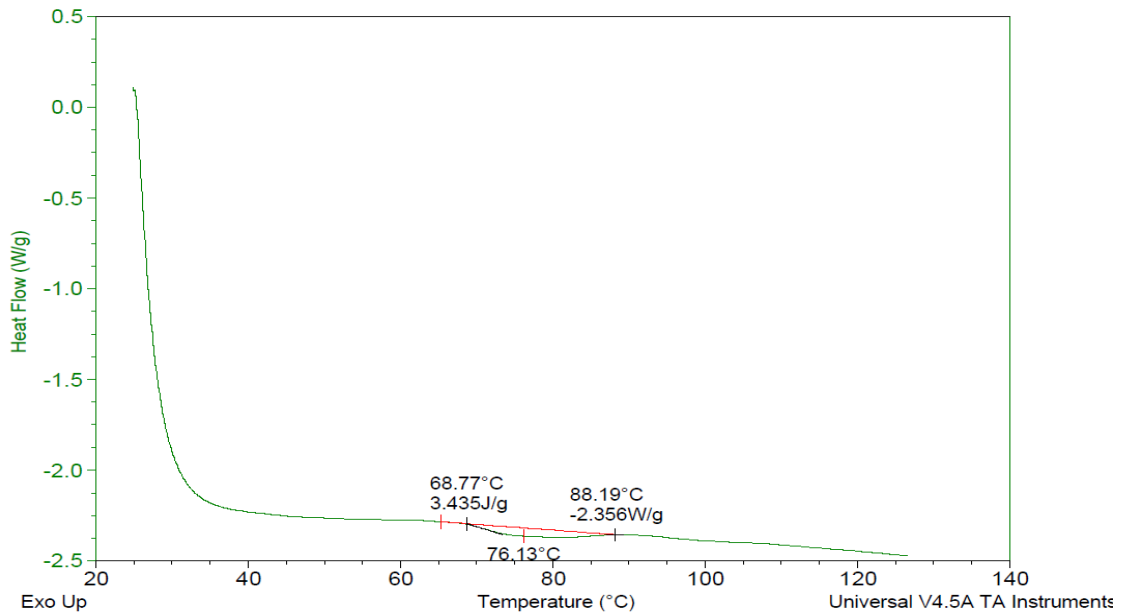
File: C:\TA\Data\DSC\AZRA\hamur\%50-3.001  
Operator: gizem  
Run Date: 01-Dec-2017 15:13  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116



Sample: %50-8  
Size: 3.7700 mg  
Method: Azra

DSC

File: C:\...Desktop\azra biskuvi\%50-8.001  
Operator: Azra  
Run Date: 25-Jun-2017 00:47  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116

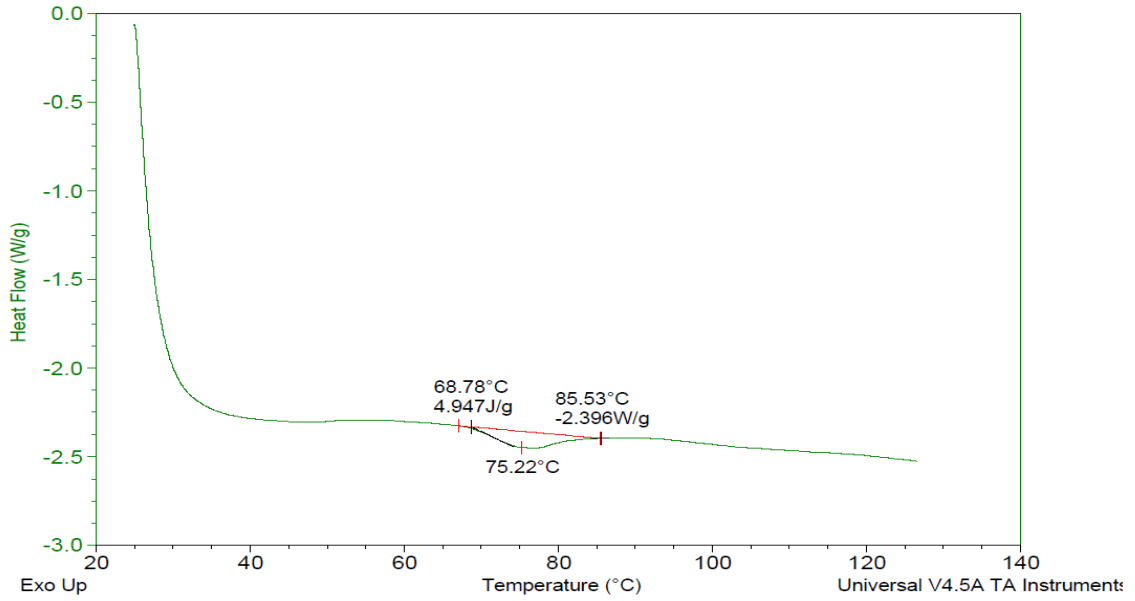


## EK A3: %0 YBU İçeren Bisküvi Hamuru ve Bisküvi DTK Termogramları.

Sample: kontrol1  
Size: 4.0000 mg  
Method: Ramp

DSC

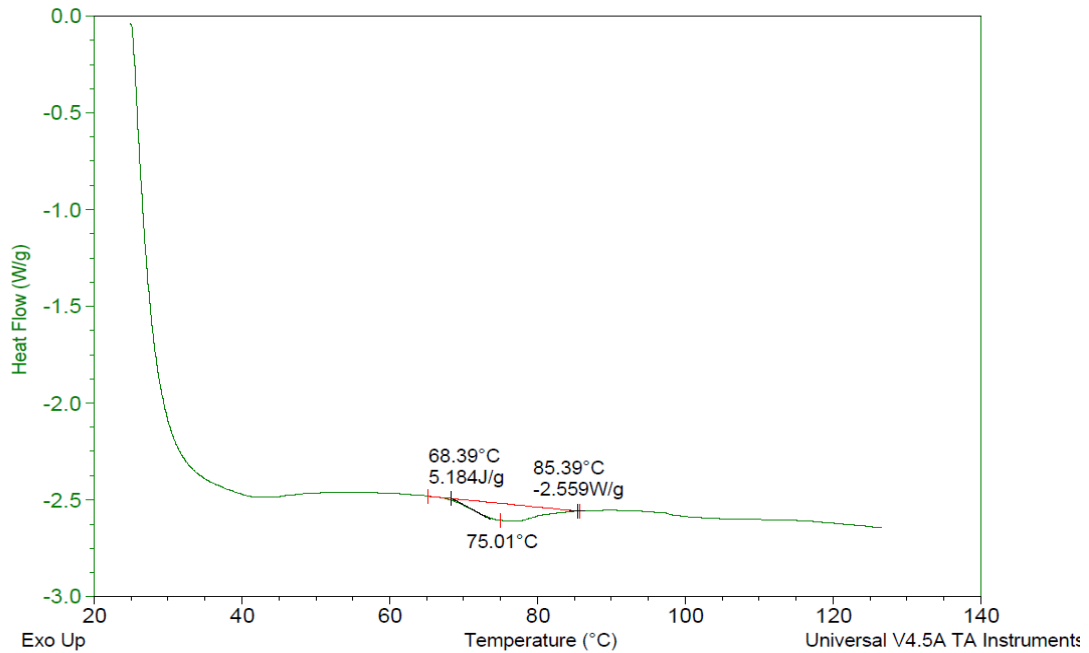
File: C:\TA\Data\DSC\AZRA\hamun\kontrol 1.003  
Operator: gizem  
Run Date: 01-Dec-2017 10:04  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116



Sample: Kontrol1  
Size: 3.7870 mg  
Method: Azra

DSC

File: C:\...Desktop\azra biskuvi\kontrol 1.001  
Operator: Azra  
Run Date: 23-Jun-2017 11:36  
Instrument: DSC Q20 V24.4 Build 116



## EK B1: Yer Bademi Unu ve Piriç Unu ile Hazırlanan Hamurlarda pH Değişimleri

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%YBU	5	1,82338	0,364677	160,49	0,000
Error	12	0,02727	0,002272		
Total	17	1,85065			

### Tukey Pairwise Comparisons

%YBU	N	Mean	Grouping
0	3	7,8633	A
10	3	7,70667	B
20	3	7,5400	C
30	3	7,3500	D
40	3	7,11667	E
50	3	6,9533	F

## EK B2: Hamurlarda Dinamik Salınım Ölçümleri

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### A- G' versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	3856466042	771293208	12,55	0,004
Error	6	368761250	61460208		
Total	11	4225227292			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0	2	144450	A
10	2	133150	A B
20	2	122200	A B
30	2	113500	A B C
40	2	111400	B C
50	2	87655	C

### B- G'' versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	1308953842	261790768	15,80	0,002
Error	6	99436450	16572742		
Total	11	1408390292			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0	2	86160	A
10	2	77775	A B
20	2	71520	A B
40	2	67500	B C
30	2	64000	B C
50	2	53020	C

### C- Kompleks Viskozite (Pa.s) versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	5186640	1037328	13,45	0,003
Error	6	462837	77139		
Total	11	5649477			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0	2	5342	A
10	2	4897	A B
20	2	4497	A B
30	2	4137,5	B C
40	2	4135,5	B C
50	2	3254	C

### D- Tan $\delta$ versus %YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%YBU	5	0,002594	0,000519	2,11	0,195
Error	6	0,001475	0,000246		
Total	11	0,004069			

### Tukey Pairwise Comparisons

%YBU	N	Mean	Grouping
40	2	0,6062	A
50	2	0,606	A
0	2	0,59653	A
20	2	0,5851	A
10	2	0,58445	A
30	2	0,5639	A

## EK B3: Hamurlarda Sünme ve İyileşme Analizleri

### Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### A- Jmax versus %YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%YBU	5	0,000000	0,000000	45,04	0,000
Error	6	0,000000	0,000000		
Total	11	0,000000			

### Tukey Pairwise Comparisons

%YBU	N	Mean	Grouping
50	2	0,000067	A
40	2	0,000061	A B
30	2	0,000047	B
20	2	0,000024	C
0	2	0,000017	C
10	2	0,000014	C

### B- Jmin versus %YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%YBU	5	0,000000	0,000000	12,32	0,004
Error	6	0,000000	0,000000		
Total	11	0,000000			

#### Tukey Pairwise Comparisons

%YBU	N	Mean	Grouping
50	2	0,000053	A
40	2	0,000038	A B
30	2	0,000035	A B C
20	2	0,000018	B C
0	2	0,000016	B C
10	2	0,000011	C

### C- %R versus %YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
%YBU	5	3066,7	613,33	13,07	0,000
Error	14	657,2	46,94		
Total	19	3723,8			

### Tukey Pairwise Comparisons

<u>%YBU</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
40	3	46,70	A
30	4	27,16	B
50	4	25,45	B
20	3	13,12	B C
0	4	12,80	B C
10	2	5,94	C

## EK B4: Hamurlarda Tekstür Analizleri

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### A- Sertlik (N) versus % YBU

#### Analysis of Variance

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
% YBU	5	0,003386	0,000677	5,72	0,001
Error	24	0,002840	0,000118		
Total	29	0,006226			

### Tukey Pairwise Comparisons

<u>% YBU</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
0	5	0,18932	A
30	5	0,18106	A B
10	5	0,17356	A B
20	5	0,16548	B
50	5	0,16149	B
40	5	0,16018	B

### B- İç Yapışkanlık versus % YBU

#### Analysis of Variance

<u>Source</u>	<u>DF</u>	<u>Adj SS</u>	<u>Adj MS</u>	<u>F-Value</u>	<u>P-Value</u>
% YBU	5	0,001852	0,000370	190,14	0,000
Error	24	0,000047	0,000002		
Total	29	0,001899			



### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50	5	0,02490	A
40	5	0,017930	B
30	5	0,014057	C
20	5	0,012392	C
10	5	0,004738	D
0	5	0,001348	E

### C- Elastiklik (mm) versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	0,5916	0,11832	5,63	0,001
Error	24	0,5041	0,02100		
Total	29	1,0957			

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50	5	0,6051	A
40	5	0,4663	A B
30	5	0,426	A B
20	5	0,2565	B
10	5	0,2336	B
0	5	0,2317	B

### D- Konsistans versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	0,03706	0,007412	3,83	0,011
Error	24	0,04650	0,001937		
Total	29	0,08356			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0	5	0,5030	A
30	5	0,4746	A B
10	5	0,4487	A B
20	5	0,4215	A B
50	5	0,4126	B
40	5	0,4055	B

### EK B5: Bisküvilerde Ağırlık Kaybı (%)

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### Ağırlık Kaybı versus TNF %

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	11	76,51	6,9551	24,27	0,000
Error	60	17,2	0,2866		
Total	71	93,7			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
Kızılötesi-Mikrodalga %10	6	14,244	A
Kızılötesi-Mikrodalga %20	6	14,165	A
Kızılötesi-Mikrodalga %40	6	13,491	A B
Kızılötesi-Mikrodalga %30	6	13,4493	A B
Konvansiyonel %10	6	13,103	B C
Konvansiyonel %0	6	12,2343	C D
Kızılötesi-Mikrodalga %50	6	12,105	C D
Konvansiyonel %40	6	11,661	D
Konvansiyonel %20	6	11,625	D
Konvansiyonel %30	6	11,594	D
Konvansiyonel %50	6	11,5679	D
Kızılötesi-Mikrodalga 0%	6	11,346	D

## Çift yönlü ANOVA

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	29,64	5,9284	20,69	0,000
Piştirme Yöntemi	1	24,61	24,6059	85,86	0,000
% YBU*Piştirme Yöntemi	5	22,26	4,4517	15,53	0,000
Error	60	17,20	0,2866		
Total	71	93,70			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,535345	81,65%	78,28%	73,57%

## EK B6: Bisküvilerde Boyut Analizleri

### Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

#### A- Genişlik (mm) versus % YBU

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	11	107,596	9,7814	66,59	0,000
Error	24	3,525	0,1469		
Total	35	111,121			

##### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
Kızılötesi-Mikrodalga 20%	3	64,779	A
Kızılötesi-Mikrodalga 40%	3	64,6708	A B
Kızılötesi-Mikrodalga 30%	3	64,340	A B
Kızılötesi-Mikrodalga 50%	3	63,611	B C
Kızılötesi-Mikrodalga 10%	3	63,033	C D
Konvansiyonel-40%	3	62,598	C D E
Konvansiyonel-50%	3	62,3917	D E
Konvansiyonel-20%	3	62,387	D E
Konvansiyonel-30%	3	62,1396	D E
Konvansiyonel-10%	3	61,8125	E
Konvansiyonel-kontrol 0%	3	59,6958	F
Kızılötesi-Mikrodalga kontrol 0%	3	58,955	F

## B- Kalınlık (mm) versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	11	9,9512	0,90465	58,81	0,000
Error	24	0,3692	0,01538		
Total	35	10,3204			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
Kızılötesi-Mikrodalga 10%	3	7,101	A
Kızılötesi-Mikrodalga 30%	3	6,765	A B
Kızılötesi-Mikrodalga 20%	3	6,6111	B C
Kızılötesi-Mikrodalga 40%	3	6,5694	B C
Kızılötesi-Mikrodalga 50%	3	6,3425	C D
Konvansiyonel-10%	3	6,1375	D E
Konvansiyonel-20%	3	6,1056	D E
Konvansiyonel-40%	3	5,9972	D E
Konvansiyonel-30%	3	5,9972	D E
Konvansiyonel-50%	3	5,9583	E
Kızılötesi-Mikrodalga kontrol 0%	3	5,4675	F
Konvansiyonel-kontrol 0%	3	5,11667	F

## C- Yayılma Oranı versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	11	15,5278	1,41162	34,84	0,000
Error	24	0,9724	0,04052		
Total	35	16,5002			

### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
Konvansiyonel-kontrol 0%	3	11,6670	A
Kızılötesi-Mikrodalga kontrol 0%	3	10,785	B
Konvansiyonel-50%	3	10,4722	B C
Konvansiyonel-40%	3	10,4391	B C
Konvansiyonel-30%	3	10,364	B C D
Konvansiyonel-20%	3	10,2188	B C D
Konvansiyonel-10%	3	10,0722	C D E
Kızılötesi-Mikrodalga 50%	3	10,0307	C D E
Kızılötesi-Mikrodalga 40%	3	9,8447	D E
Kızılötesi-Mikrodalga 20%	3	9,7988	D E
Kızılötesi-Mikrodalga 30%	3	9,524	E
Kızılötesi-Mikrodalga 10%	3	8,880	F

### Çift yönlü ANOVA

#### A- Genişlik (mm) versus % YBU

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pişirme Yöntemi	1	17,486	17,4863	119,04	0,0000
% YBU	5	80,021	16,0041	108,95	0,0000
Pişirme Yöntemi*% YBU	5	10,089	2,0177	13,74	0,0000
Error	24	3,525	0,1469		
Total	35	111,121			

##### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,383266	96,83%	95,37%	92,86%

## B- Kalınlık (mm) versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	3,1413	3,14126	204,2	0
% YBU	5	6,3922	1,27843	83,11	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	0,4178	0,08355	5,43	0,002
Error	24	0,3692	0,01538		
Total	35	10,3204			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,124029	96,42%	94,78%	91,95%

## C- Yayılma Oranı versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	4,7725	4,77253	117,79	0
% YBU	5	10,0863	2,01726	49,79	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	0,669	0,13379	3,3	0,021
Error	24	0,9724	0,04052		
Total	35	16,5002			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,201288	94,11%	91,41%	86,74%

## EK B7: Bisküvilerde Tekstür Analizleri

### Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

#### Sertlik (N) versus TNF %

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
TNF %	11	2265,5	205,954	23,06	0,000
Error	36	321,5	8,931		
Total	47	2587,0			

##### Tukey Pairwise Comparisons

TNF %	N	Mean	Grouping
Kızılötesi-Mikrodalga kontrol 0%	4	41,87	A
Konvansiyonel-50%	4	37,826	A B
Kızılötesi-Mikrodalga 10%	4	32,16	B C
Konvansiyonel-40%	4	31,75	B C D
Konvansiyonel-30%	4	31,66	B C D
Konvansiyonel-kontrol 0%	4	31,65	B C D
Kızılötesi-Mikrodalga 50%	4	31,63	B C D
Konvansiyonel-20%	4	29,96	C D
Konvansiyonel-10%	4	24,54	D E
Kızılötesi-Mikrodalga 40%	4	19,956	E
Kızılötesi-Mikrodalga 20%	4	19,74	E
Kızılötesi-Mikrodalga 30%	4	19,153	E

### Çift yönlü ANOVA

#### Sertlik (N) versus TNF %

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	303,1	303,053	33,23	0
% YBU	5	1584,9	316,975	34,76	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	707,4	141,489	15,52	0
Error	36	328,3	9,119		
Total	47	2923,7			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
3,0198	88,77%	85,34%	80,04%

## EK B8: Bisküvilerde Renk Analizleri

### Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

#### A- L versus % YBU

##### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Pişirme Yöntemi	11	2535,4	230,491	1271,03	0
Error	36	6,53	0,181		
Total	47	2541,93			

##### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,425842	99,74%	99,66%	99,54%

#### Tukey Pairwise Comparisons

Pişirme Yöntemi	N	Mean	Grouping
Konvansiyonel %0	4	77,255	A
Kızılötesi-Mikrodalga %0	4	74,485	B
Konvansiyonel %10	4	68,175	C
Konvansiyonel %20	4	66,738	D
Kızılötesi-Mikrodalga %10	4	66,29	D
Konvansiyonel %30	4	63,62	E
Konvansiyonel %40	4	60,655	F
Kızılötesi-Mikrodalga %20	4	60,515	F
Kızılötesi-Mikrodalga %30	4	58,335	G
Konvansiyonel %50	4	57,457	G
Kızılötesi-Mikrodalga %40	4	54,758	H
Kızılötesi-Mikrodalga %50	4	52,212	I



## B- a versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	11	238,219	21,6563	403,03	0
Error	36	1,934	0,0537		
Total	47	240,153			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,231806	99,19%	98,95%	98,57%

### Tukey Pairwise Comparisons

Piştirme Yöntemi	N	Mean	Grouping			
Kızılötesi-Mikrodalga %50	4	11,895	A			
Kızılötesi-Mikrodalga %40	4	11,555	A			
Kızılötesi-Mikrodalga %30	4	10,698	B			
Kızılötesi-Mikrodalga %20	4	10,645	B			
Kızılötesi-Mikrodalga %10	4	9,38		C		
Konvansiyonel %50	4	7,485		D		
Kızılötesi-Mikrodalga %0	4	7,088		D	E	
Konvansiyonel %40	4	6,885		E	F	
Konvansiyonel %30	4	6,465			F	G
Konvansiyonel %20	4	6,265				G H
Konvansiyonel %10	4	6,0175				G H
Konvansiyonel %0	4	5,695				H

## C- b versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	11	380,421	34,5837	374,81	0
Error	36	3,322	0,0923		
Total	47	383,743			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,30376	99,13%	98,87%	98,46%

### Tukey Pairwise Comparisons

Piştirme Yöntemi	N	Mean	Grouping		
Kızılötesi-Mikrodalga %0	4	31,4025	A		
Kızılötesi-Mikrodalga %10	4	28,33		B	
Konvansiyonel %0	4	28,01		B	C
Kızılötesi-Mikrodalga %20	4	27,9325		B	C
Kızılötesi-Mikrodalga %30	4	27,43			C D
Kızılötesi-Mikrodalga %40	4	27,175			D
Kızılötesi-Mikrodalga %50	4	26,945			D
Konvansiyonel %50	4	23,275			E
Konvansiyonel %40	4	22,9			E
Konvansiyonel %20	4	22,862			E
Konvansiyonel %30	4	22,78			E
Konvansiyonel %10	4	22,66			E

### D- $\Delta E$ versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	11	1428,55	129,869	595,29	0
Error	36	7,85	0,218		
Total	47	1436,41			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,467077	99,45%	99,29%	99,03%

### Tukey Pairwise Comparisons

Piştirme Yöntemi	N	Mean	Grouping		
Kızılötesi-Mikrodalga %50	4	50,82	A		
Kızılötesi-Mikrodalga %40	4	48,771		B	
Kızılötesi-Mikrodalga %30	4	45,958			C
Kızılötesi-Mikrodalga %20	4	44,53			D
Konvansiyonel %50	4	43,468			D
Konvansiyonel %40	4	40,593			E
Kızılötesi-Mikrodalga %10	4	40,4504			E
Konvansiyonel %30	4	38,056			F
Kızılötesi-Mikrodalga %0	4	37,414			F
Konvansiyonel %20	4	35,725			G
Konvansiyonel %10	4	34,489			H
Konvansiyonel %0	4	32,932			I

## Çift yönlü ANOVA

### A- L versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	248,52	248,521	1370,46	0,00000
% YBU	5	2255,06	451,012	2487,09	0,00000
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	31,81	6,363	35,09	0,00000
Error	36	6,53	0,181		
Total	47	2541,93			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,425842	99,74%	99,66%	99,54%

### B- a versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	167,963	167,963	3125,83	0
% YBU	5	55,017	11,003	204,78	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	15,238	3,048	56,72	0
Error	36	1,934	0,054		
Total	47	240,153			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,231806	99,19%	98,95%	98,57%

### C- b versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	238,12	238,12	2580,68	0
% YBU	5	134,961	26,992	292,54	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	7,34	1,468	15,91	0
Error	36	3,322	0,092		
Total	47	383,743			

#### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,30376	99,13%	98,87%	98,46%

## D- ΔE versus % YBU

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Piştirme Yöntemi	1	607,22	607,216	2783,34	0
% YBU	5	795,49	159,098	729,27	0
Piştirme Yöntemi*% YBU	5	25,85	5,17	23,7	0
Error	36	7,85	0,218		
Total	47	1436,41			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,467077	99,45%	99,29%	99,03%

## EK B9: Toplam Besinsel Lif Miktarı Tayini (%)

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### % Toplam Besinsel Lif versus % YBU Bisküvi ve Un Tipi

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU Bisküvi ve Un Tipi	7	462,032	66,0046	2309,96	0,000
Error	8	0,229	0,0286		
Total	15	462,261			

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU Bisküvi ve Un Tipi	N	Mean	Grouping
50,00%	2	6,6259	A
40,00%	2	6,0916	A B
30,00%	2	5,867	B
20,00%	2	4,770	C
10,00%	2	3,9832	D
Kontrol %0	2	3,3120	E

## EK B10: Bisküvilerde Mineral Madde Miktarı Tayini (ppm)

Tek yönlü ANOVA ve Tukey Analizleri

### A- Ca (ppm) versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	55175,7	11035,1	77,63	0,000
Error	6	852,9	142,1		
Total	11	56028,6			

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50,00%	2	342,2	A
40,00%	2	313,234	A B
30,00%	2	277,9	B
20,00%	2	216,028	C
10,00%	2	174,0	C D
0,00%	2	164,025	D

### B- Mg (ppm) versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	128928	25785,6	114,27	0,000
Error	6	1354	225,7		
Total	11	130282			

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50,00%	2	555,97	A
40,00%	2	465,23	B
30,00%	2	417,14	B C
20,00%	2	361,81	C
10,00%	2	282,8	D
0,00%	2	255,0	D

### C- K (ppm) versus % YBU

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
% YBU	5	453025	90605	78,15	0,000
Error	6	6956	1159		
Total	11	459982			

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50,00%	2	928,63	A
40,00%	2	824,83	A
30,00%	2	807,0	A
20,00%	2	606,39	B
10,00%	2	490,8	B C
0,00%	2	385,70	C

### EK B11: Bisküvi Hamurları ve Bisküvilerde Termal Özellikler

#### A- Bisküvi Hamuru $T_{başlangıç}$ versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
50,00%	2	69,174	A
40,00%	2	68,471	A
30,00%	2	68,530	A
0,00%	2	67,490	B
10,00%	2	67,370	B
20,00%	2	67,360	B

#### B- Bisküvi Hamuru $T_{pik}$ versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
40,00%	2	74,660	A
50,00%	2	74,670	A
30,00%	2	74,340	A
0,00%	2	73,730	B
20,00%	2	73,735	B
10,00%	2	73,610	B

### C- Bisküvi Hamuru Tbitiş versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
40,00%	2	89,690	A
50,00%	2	89,080	A
30,00%	2	87,760	A
20,00%	2	87,880	A
10,00%	2	87,360	A
0,00%	2	87,180	A

### D- Bisküvi Hamuru $\Delta H$ versus %YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0,00%	2	4,920	A
10,00%	2	4,160	A B
20,00%	2	3,970	A B
30,00%	2	3,790	A B
40,00%	2	3,030	B
50,00%	2	3,010	B

### E- Bisküvi $T_{başlangıç}$ versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
40,00%	2	69,270	A
30,00%	2	69,470	A
20,00%	2	69,540	A
0,00%	2	68,300	A
50,00%	2	70,060	A
10,00%	2	68,500	A

### F- Bisküvi $T_{pik}$ versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

% YBU	N	Mean	Grouping
0,00%	2	73,960	B
20,00%	2	74,510	B
50,00%	2	76,005	A B
30,00%	2	74,400	A B
40,00%	2	74,370	A B
10,00%	2	73,850	A

### G- Bisküvi $T_{bitiş}$ versus % YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

<u>% YBU</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
50,00%	2	87,38	A
0,00%	2	81,46	C
40,00%	2	87,64	A
30,00%	2	85,93	A B
10,00%	2	81,86	B C
20,00%	2	84,21	A B C

### H- Bisküvi $\Delta H$ versus %YBU

#### Tukey Pairwise Comparisons

<u>% YBU</u>	<u>N</u>	<u>Mean</u>	<u>Grouping</u>
10,00%	2	3,010	A
0,00%	2	3,350	A
20,00%	2	2,970	A
30,00%	2	2,960	A
50,00%	2	2,540	A
40,00%	2	2,470	A



## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Azra Tuğçe ÇINAR

Doğum Yeri : Gölcük

Medeni Hali : Bekar

E-posta : [cinarazra@gmail.com](mailto:cinarazra@gmail.com)

Adresi : Yeni Bağlar Mahallesi, Hacı Hüsnü Sokak, No: 42/16  
Tepebaşı/ ESKİŞEHİR

### Eğitim

Lise : Şehit Osman Altinkuyu Anadolu Lisesi

Lisans : Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Bölümü, 2009-2014.

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Gıda Mühendisliği Bölümü, 2015 – 2018

Doktora : -

### Yabancı Dil Düzeyi

İngilizce, İyi

### İş Deneyimi

Pınar Süt Mamülleri San. A.Ş. (Aralık 2017- ... )

Kalite Güvence Uzmanı

Eskişehir, Türkiye

Organize Tavukçuluk ve Yem Sanayi Tic. A.Ş. (Ağustos 2014- Aralık 2017)

Kalite Kontrol Mühendisi

Ankara, Türkiye

## **Deneyim Alanları**

Yem ve gıda sanayii

## **Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi**

08.2016-08.2017 Kızılötesi-mikrodalga kombinasyonlu fırında pişirilmek üzere hazırlanan yer bademi unu içeren glütensiz bisküvi hamurlarının reolojik özellikleri ve bisküvilerin kalite özellikleri, **Hacettepe Üniversitesi BAP- Hızlı Destek-2016-10059**, Bütçe: 20.433,95 TL

## **Tezden Üretilmiş Yayınlar**

-

## **Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar**

2017- Turabi Yolaçaner, E. , **Çınar A.T.** “A study on the rheological properties of gluten-free biscuit doughs containing tiger nut flour and a gum blend” Oral presentation in International Congress on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies ICAFOF 2017, 15-17 May, Kapadokya-Nevşehir, TURKEY.

2017- **Çınar, A.T.**, Turabi Yolaçaner, E. “Kızılötesi-Mikrodalga fırında pişirilen farklı oranlarda yer bademi unu içeren glutensiz bisküvilerin bazı kalite özellikleri”, Poster sunumu, GMO 10.Gıda Mühendisliği Kongresi, 9-11 Kasım, Side Antalya, TÜRKİYE.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 05/02/2018

Tez Başlığı: Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmek Üzere Hazırlanan Yer Bademi Unu İçeren Glutensiz Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri ve Bisküvilerin Kalite Özellikleri

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 114 sayfalık kısmına ilişkin, 05/02/2018 tarihinde ~~şahsım~~/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 5 'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Tarih ve İmza  
05/02/2018

Adı Soyadı: Azra İyğün Çinar  
Öğrenci No: 14222039  
Anabilim Dalı: Gıda Mühendisliği  
Programı: Gıda Mühendisliği  
Statüsü:  Y.Lisans  Doktora  Bütünleşik Dr.

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR.

Y. Doç. Dr. Elif YOLAĞANER  
(Unvan, Ad Soyad, İmza)