

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAM BUĞDAY UNLU EKŞİ HAMURUN BİSKÜVİ
ÜRETİMİNDE KULLANIMININ BİSKÜVİ KALİTE
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Tuba ALİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TAM BUĞDAY UNLU EKŞİ HAMURUN BİSKÜVİ ÜRETİMİNDE
KULLANIMININ BİSKÜVİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tuba ALİOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Muhammed ARICI, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi. Ertan ERMİŞ, Üye

Istanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Tam Buğday Unlu Ekşi Hamurun Bisküvi Üretiminde Kullanımının Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkisi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Tuba ALİOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, değerli destekleri ve yönlendirmeleri ile her zaman yanımda olan Saygıdeğer Bölüm Başkanım Prof. Dr. Muhammed ARICI'ya,

Tezimin her aşamasında yardımlarını, desteğini ve fikirlerini paylaşarak bana yol gösteren değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ'ye,

Yüksek lisans öğrenim hayatım boyunca ve laboratuvar çalışmalarımın yürütülmesinde her türlü imkânı sağlayan ve desteği ile yanımda olan sevgili Givaudan Aroma ve Esans San. Tic. Ltd. Şti. ekibine,

Çalışmamın fikir ve hammadde tedarik aşamasında desteğiyle yanımda olan Ülker Bisküvi San. A.Ş Ar&Ge Müdürü Büşra ERDEMİR'e,

Duyusal analizlerin yorumlanmasında kıymetli desteğinden faydalandığım Dr. Tülin YAKICI'ya,

Çalışma süresince her türlü yardımını ve desteğini esirgemeyen sevgili dostum Dr. Elif YILDIZ'a,

Her zaman yanımda olan kıymetli aileme sabır, anlayış ve destekleri için teşekkür ederim.

Tuba ALİOĞLU

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xii
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.1.1 Bisküvi	2
1.1.2 Temel Hammaddelerin Bisküvi Kalitesi Üzerine Etkisi.....	3
1.1.3 Bisküvi Hamurunun Temel Reolojik Özellikleri	11
1.1.4 Ekşi Hamur.....	13
1.2 Tezin Amacı.....	16
1.3 Hipotez.....	17
2 Materyal ve Yöntem	18
2.1 Materyal	18
2.2 Yöntem.....	18
2.2.1 Bisküvi Üretiminde Kullanılan Unların Fizikokimyasal Analizleri	18
2.2.2 Bisküvi Üretim Metodu	19
2.2.3 pH Analizleri.....	21
2.2.4 Bisküvi Hamurunda Dinamik Salınım Analizleri.....	22
2.2.5 Bisküvilerde Yapılan Analizler	22
2.2.6 İstatistiksel Analiz	224

3	Bulgular ve Tartışma	25
3.1	Bisküvi Üretiminde Kullanılan Unların Fizikokimyasal Özellikleri.....	25
3.2	Bisküvi Hamurunun Fizikokimyasal Özellikleri	27
3.2.1	Bisküvi Hamurlarının pH Değerleri.....	27
3.2.2	Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri	28
3.3	Bisküvilerin Özellikleri	36
3.3.1	Bisküvi Örneklerinin Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı	36
3.3.2	Bisküvi Örneklerinin Renk Değerleri.....	39
3.3.3	Bisküvi Örneklerinin Tekstürel Özellikleri.....	40
3.3.4	Bisküvi Örneklerinin FT-IR Spektroskopisi	42
3.3.5	Bisküvi Örneklerinin Duyusal Özellikleri	44
4	Sonuç ve Öneriler	47
	Kaynakça	50
	Ekler	61
	Tezden Üretilmiş Yayınlar	63

SİMGELİSTESİ

°C	Santigrat Derece
g	Gram
mm	Milimetre
cm	Santimetre
N	Newton
G'	Depolama Modülü
G''	Kayıp Modülü
η^*	Kompleks Viskozite
K	Kıvam katsayısı
n	Akış davranış indeksi
L*	Parlaklık renk değeri
a*	Kırmızılık/mavilik renk değeri
b*	Yeşillik/sarılık renk değeri

KISALTMA LİSTESİ

B15T	Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi
B25T	Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi
B35T	Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi
B50T	Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi
BEH20	Tam buğday unu ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi
BEH40	Tam buğday unu ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi
BEH60	Tam buğday unu ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi
BEH80	Tam buğday unu ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi
EH	Ekşi Hamur
LAB	Laktik Asit Bakterileri
TBU	Tam Buğday Unu
YFMŞ	Yüksek Fruktozlu Mısır Şurubu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bisküvi Formülasyonu ve Üretim Akış Şeması	21
Şekil 3.1 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının Depolama Modülü (G') Değerlerinin Frekanslara Göre Değişimi	33
Şekil 3.2 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının Kayıp Modülü (G'') Değerlerinin Frekanslara Göre Değişimi	33
Şekil 3.3 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının $\tan \delta$ Değerlerinin Frekanslara Göre Değişimi.....	34
Şekil 3.4 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının Kompleks Viskozite Değerlerinin (η^*) Frekanslara Göre Değişimi.....	34
Şekil 3.5 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının 1 Hz Frekansta G',G'', η^* ve $\tan \delta$ Değerleri	35
Şekil 3.6 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının 10 Hz Frekansta G',G'', η^* ve $\tan \delta$ Değerleri	35
Şekil 3.7 Farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvilere ait 3600- 1600 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen FT-IR spektrumları	43
Şekil 3.8 Farklı Oranlarda TBU ve EH İçeren Bisküvi Hamurlarının Duyusal Analiz Sonuçları	46

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Unların Fizikokimyasal Analiz Metodları	18
Tablo 2.2 Bisküvi formülasyonunda bulunan bileşenlerin hamur ağırlığı bazında % oranı.....	20
Tablo 3.1 Bisküvi Yapımında Kullanılan Bisküvilik Buğday Unu ve Tam Buğday Ununa Ait Analiz Sonuçları	25
Tablo 3.2 Farklı Oranlarda TBU ve ekşi hamur İçeren Bisküvi Hamurlarına ait pH Değerleri.....	27
Tablo 3.3 Bisküvilerin Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının 1 Hz Frekansta G', G'', η^* ve $\tan \delta$ Değerleri.....	29
Tablo 3.4 Bisküvilerin Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının 10 Hz Frekansta G', G'', η^* ve $\tan \delta$ Değerleri.....	29
Tablo 3.5 Farklı Oranlarda TBU İçeren Bisküvi Hamurlarının Dinamik Reolojik Ölçümleri.....	31
Tablo 3.6 Bisküvilerin Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranları	37
Tablo 3.7 Bisküvilerin Renk Değerleri (L^*, a^*, b^*).....	40
Tablo 3.8 Farklı oranlarda TBU ve Ekşi Hamur İçeren Bisküvilerin Tekstürel Özellikleri.....	41
Tablo 3.9 Farklı Oranlarda TBU ve EH İçeren Bisküvilerin Duyusal Değerlendirme Sonuçları	45

Tam Buğday Unlu Ekşi Hamurun Bisküvi Üretiminde Kullanımının Bisküvi Kalite Özelliklerine Etkisi

Tuba ALİOĞLU

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökem ÖZÜLKÜ

Ekşi hamur fermentasyonundan çeşitli fırıncılık ürünlerinin (kek, kraker, pizza vb.) üretiminde de yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, tam buğday unlu (TBU) bisküvi üretiminde karşılaşılan kalınlık ve sertlik artışı, yayılma oranının azalması gibi bazı fiziksel kalite problemlerinin, TBU ekşi hamur kullanımı ile azaltılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, çalışmada, kontrol (Bkontrol), tam buğday unlu (TBU) un karışımından hazırlanan bisküviler (B50T, B35T, B25T, B15T) ve TBU'lu ekşi hamurdan hazırlanan bisküviler olmak üzere toplamda 3 kategoride bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. TBU oranı artışı ile bisküvi hamurlarının pH değerleri azalmıştır ($p<0.05$), ekşi hamur ilavesi pH değerinin azalmasına sebep olmuştur. Depolama modülüne (G') ait, en yüksek kıvam katsayısı (K'), %35 ve %50 TBU içeren örneklerde görülürken, aynı miktarda TBU içeren ekşi hamurlu bisküvi formülasyonlarında ise azalmıştır ($p<0.05$). Depolama modülüne ait akış davranış indeksi (n') değerleri ise ekşi hamur kullanılan örneklerde diğer örneklerle göre önemli derecede yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). TBU oranı artıktıkça, bisküvilerin yayılma oranı azalmıştır ($p<0.05$). TBU'nun EH formunda bisküvi formülasyonunda kullanılmasının, bisküvinin yayılma oranında artışa sebep olduğu görülmüştür. FT-IR spektroskopisi sonuçlarına göre, tam buğday unlu ekşi hamurla hazırlanan bisküvilerin O-H bağı gerilme piklerinin diğer örneklerle göre

daha yüksek absorbansa sahip olduğu tespit edilmiştir. TBU ilavesi bisküvilerin sertlik değeri artırırken ($p<0.05$), TBU ekşi hamur ilavesi ise kontrol grubuna göre bisküvilerin sertlik değeri etkilememiştir ($p>0.05$). Tam buğday unlu bisküvilerin L^* (parlaklık) değeri, %15 TBU ilavesinden sonra azalırken, a^* (kırmızılık) değeri artmıştır ($p<0.05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre, kontrol grubu ve formülasyonda %15 TBU içeren ekşi hamur ilaveli bisküvi grubu en yüksek beğeni puanını alırken, ekşi hamurun daha yüksek ilave edildiği örneklerde genel beğeni puanının azaldığı gözlemlenmiştir ($p<0.05$). %15 TBU içeren bisküvi formülasyonunda, bu oranın ekşi hamur fermantasyonu ile sağlanması, bisküvilerin sertlik değeri azaltmış ve genel beğeni değeri artırmıştır ($p<0.05$).

Ekşi hamur Fermantasyonunun bisküvi üretiminde kullanımının, buğday ununu %15 oranında ikame etmesinin ürünün duyusal, fiziksel ve reolojik açıdan mümkün olduğunu, daha yüksek oranda kullanımının başta sertlik ve ürün kalınlığı olmak üzere, duyusal açıdan da ürünün kabul edilebilirliğini azaltabileceği görülmektedir. Aynı zamanda, tam buğday ununun bisküvide sebep olduğu sertlik artışının, tam buğday ununu ekşi hamur Fermantasyonu ile bisküvi formülasyonuna eklenerek sertlik değeri azaltılmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bisküvi, tam buğday unu, ekşi hamur fermantasyonu

The Effect of Wholemeal Sourdough to the Quality Properties of the Short Dough Biscuit

Tuba ALİOĞLU

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assist.Prof. Dr. Gökem ÖZÜLKÜ

Sourdough fermentation has been widely used in the production of bakery products (cake, cracker, pizza etc.). In this study, it is aimed to be reduced some physical quality issues like increase of the thickness, hardness, and decrease of the spread ratio that has been faced in biscuit production with wholemeal flour by using wholemeal flour sourdough. For this purpose, the biscuit wheat flour was replaced with wholemeal wheat flour at five different ratios (0%, 15%, 25%, 35%, 50%) were used in biscuit production and wholemeal sourdough was added to the formulation with keeping the same wholemeal flour ratio in the biscuit. pH values decreased, while the wholemeal flour ratio increased in the formulation ($p<0.05$). Addition of sourdough into the biscuit formulation also caused on decreasing of pH value. According to the dynamic oscillatory measurements it was determined that the viscoelastic structure of the control group biscuit dough was protected in addition of wholemeal flour and sourdough. Spread ratio of the biscuits decreased, while the wholemeal flour ratio increased in the formulation ($p<0.05$). Also it was determined that using the wholemeal flour as sourdough form in the biscuit formulation supported the increasing of the spread ratio of the biscuit. According to FT-IR spectroscopy results, it was determined that peaks of O-H bonds stretching that the biscuits that were prepared with wholemeal sourdough have higher absorption than other biscuits. As the addition of wholemeal flour increased the hardness values ($p<0.05$), the addition of sourdough to control

biscuits did not change the hardness value ($p>0.05$). The brightness L^* value of the wholemeal flour biscuits decrease when adding 15% wholemeal flour, while the a^* value (redness) increased ($p<0.05$). According to the sensory evaluations, the control group and 15% wholemeal flour containing sourdough formulation got the highest liking scores while the higher level of sourdough containing recipes scored lower for liking ($p<0.05$).

It was concluded that using wholemeal flour as sourdough in the biscuit formulation can replace up to 15% wheat flour without any negative effect on sensory, physical and rheology aspects. Also using sourdough as higher ratios in the biscuit formulation can effect on the hardness and thickness of the biscuit, viscoelastic structure of the biscuit dough and can decrease the sensory acceptance of the biscuits. This study shows that the hardness of wholemeal flour biscuits can be decreased with sourdough fermentation.

Keywords: Biscuit, wholemeal flour, sourdough fermentation

1.1 Literatür Özeti

Son yıllarda obezite ve kalp damar hastalıklarında meydana gelen artış ile birlikte toplumun beslenme alışkanlıklarında değişim gözlemlenmektedir. Bu değişim daha çok sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi yönünde olmaktadır. Sağlıklı beslenme bilincinin artmasıyla birlikte, son yıllarda tam tahıllı gıda ürünlerine olan tüketici taleplerinin de arttığı, buna paralel olarak tam tahıl içeren gıdaların üretiminin arttığı bilinmektedir [1].

Tam buğday unu, bilinen tam tahıllı gıdaların en başında gelmektedir. Buğday ununa kıyasla, tam buğday ununun elde edilmesi, buğday taneciklerinin ruşeym ve kepek kısımlarıyla beraber bir bütün haline öğütölme işlemiyle olmaktadır [2]. Ruşeym ve kepek kısmıyla birlikte özünden ayrılmadan öğütölen buğdayın vitamin ve mineral yönünden de daha zengin olduğu bilinmektedir. Bir başka deyişle tam buğday unu, içerdiği ruşeym ve kepekten dolayı, başta besinsel lifler olmak üzere, fitik asit gibi önemli antioksidanlar, B kompleks vitaminler, esansiyel amino asitler ve mineral maddeler açısından fazlasıyla zengin bir kaynak olarak bilinmektedir.

Bununla birlikte içerdiği yüksek nişasta oranı ve proteinlerin iyi azot dengesine sahip olması sebebiyle fazlasıyla uygun ve ucuz bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir [2]. Aynı zamanda başta obezite ve diyabet riski olmak üzere, sahip olduğu bileşenler ile kalp hastalıkları, kolon kanseri, yüksek tansiyon risklerini azaltma yönünde etki etmesi, tam buğday ununa olan talebi yıllar boyunca arttırmaktadır [3].

Bisküvi, tüketiminin dünyada hemen her toplum tarafından çokça kabul gördüğü, atıştırmalık kategorisinde bulunarak yenilmesinin kolaylığı ve tatlı ürünler kategorisindeki diğer ürünlere kıyasla tüketiciler tarafından daha sağlıklı olduğuna inanılan, lezzeti hemen herkes tarafından güzel olarak kabul görmüş bir unlu mamüldür [4]. Bu talebin ve beğeninin en temel sebeplerinin başında, sahip olduğu besin kalitesinin iyi olması ile birlikte aynı zamanda kolay bulunabilir, doyurucu,

lezzetli ve uygun fiyatlı olması gelmektedir (Sudha et al 2007b; Beğen 2012). Bisküvilerin sahip oldukları %1-5 oranındaki düşük nem içeriklerinden dolayı bayatlamadan uzun süre saklanabilmesi hem üretim hem de tüketim açısından kolaylık sağladığı gibi, son ürünün sahip olduğu tadın hem güzel hem de değişik seçeneklerle sunulması da tüketimindeki artışın devam etmesine ve aynı zamanda bisküvilerin öğün dışı beslenme kategorisinde de talebinin de yoğun olarak devam etmesine sebep olmaktadır [5].

Bu sebeple atıştırmalık gıda grubunda toplumun her kesimine hitap eden bisküvilerin, fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilerek desteklenmesi oldukça önemlidir.

Yapılan bu çalışmada bisküvinin başta fiziksel ve kalite özelliklerini etkileyen tam buğday ununun, ekşi hamur ile birlikte bisküvi üretiminde kullanılarak, tam buğday unlu bisküvi üretiminde karşılaşılan kalınlık ve sertlik artışı, yayılma oranının azalması [6] gibi bazı fiziksel kalite problemlerinin, tam buğday unlu ekşi hamur kullanımı ile azaltılması hedeflenmiştir.

1.1.1 Bisküvi

Türk Standartları Enstitüsü'nün hazırladığı TS 2383 Bisküvi Standardına göre bisküvi tanımı şu şekilde yapılmıştır: Bisküvi; tahıl unu veya unları içine kabartmayı sağlayıcı maddeler, şeker, tuz, yağ ve Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde kullanılmasına izin verilen maddelerden biri veya birkaçı katıldıktan sonra su ile yoğrularak tekniğine uygun bir biçimde işlenerek şekil verilmesi ve pişirilmesi sonucunda elde edilen bir mamüldür [7].

Bisküvi, tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de değişen yaşam şartlarıyla birlikte tüketimi artan unlu mamüllerden bir tanesidir. Atıştırılan yiyecekler kategorisinde olan bisküvi, hemen hemen her toplumda beğeniyle tüketilmektedir. Sahip olduğu iyi besin kalitesi ile birlikte, doyurucu olması ve ucuz bulunabilmesi de tüketimindeki artışındaki ana sebeplerdendir [5].

Bisküvi hamurunu oluşturan hammaddelerin başında yüksek miktarda un gelmekle birlikte, unu şeker ve yağ takip etmektedir. Son ürün yapısı oldukça kırılıgandır. Bisküviler, içerdikleri hammaddelere ve yapılış yöntemlerine göre belirli şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre sert-tatlı hamur, yarı-

tatlı hamur bisküviler, kesme hamur bisküviler, krakerler ve kurabiyeler olmak üzere dört ana sınıfa ayrılmaktadır [8].

Sert-tatlı hamur bisküviler, kuvvetli bir hamur yapısına sahip, düşük şeker ve yağ içeren ve pişme sonundaki nem oranının %1,5-3,0% civarında olduğu bisküvi çeşididir. Kraker ise, tuzlu tada sahip, tekstürü kırılgan olan ve gözenekli yapıda olduğu bilinen ürünlerdir. Kesme hamur bisküviler ise formülasyonunda sert-tatlı bisküvilere kıyasla daha yüksek oranda şeker ve yağ bulundurmaktadır. Bununla birlikte kesme hamur bisküvilerin hamurundaki nem oranının çok düşük olduğu bilinmektedir. Kurabiyelerin içerdiği şeker ve yağ miktarı kesme hamur bisküviler ile benzer olmakla birlikte, kurabiyeler pişirmenin ilk aşamasında yayılabilmesi adına pişirme ortamında yüksek nem miktarına ihtiyaç duymaktadır [11].

Yapılan bir araştırmada, bisküvilerin içerdiği ortalama protein oranı 6.9%, yağ oranı 16.1%, nem oranı 4.3% ve ortalama tuz oranı 1.1% olarak tespit edilmiştir.

Gündoğdu, bisküvi üzerine yaptığı bir çalışmada, kepekli bisküvilerin çap değerlerinin 38.1-39.1 mm arasında, kalınlıklarının 6.0-7.0 mm arasında yayılma faktörünün ise 5.59-6.38 arasında değiştiğini belirtmektedir [12].

Bisküvi çeşitlerinin hepsinde pişirme işlemi aşamasında genel olarak üç ana aşama görülmektedir. Bu aşamalardan birincisi, bisküvinin yapısında ve tekstüründe gelişim gözlemlenmesidir. İkinci ana aşama ise nem oranının azalması olmakla birlikte, üçüncü ana aşama ise yüzeydeki renk gelişimidir. Bu üç ana aşama, pişirme işlemi boyunca birbirleriyle çakışarak devam eder. Bisküvi yapısının geliştiği ve tekstürünün oluştuğu ilk aşama, pişirme süresinin ilk yarı süresine kadar devam ettiği gözlemlenmektedir. İkinci aşamada görülen nem içeriğindeki azalmanın en çok pişirme işleminin ortasında gerçekleştiği görülmekteyken, renk oluşumunun gerçekleştiği üçüncü safha ise pişirme işleminin en son aşamalarında gerçekleşmektedir [12].

1.1.2 Temel Hammaddelerin Bisküvi Kalitesi Üzerine Etkisi

Bisküvi üretiminde yüksek kalitede ürün elde edebilmek adına bazı önemli kriterler mevcuttur. Bu kriterler, bisküvi tekstürü (gözenekli, ince, gevrek gibi bisküvi sınıfına göre değişkenlik gösteren yapı), bisküvi yoğunluğu ve hacmi, bisküvinin ağızda bıraktığı his (pürüzsüzlük, kırılganlık, yumuşaklık), lezzet ve tat gibi

kriterlerdir. Bisküvinin kalite özelliklerinin belirlenmesinde, bisküvinin sahip olduğu genişlik, kalınlık, tekstürel yapı, kırılgenlik, yüzey çatlaklarında bulunan sığ ve dar yapı önemli rol oynamaktadır. Pişirme parametreleri ve yöntemleri de bisküvi kalitesini doğrudan etkileyen sebeplerden biridir [12].

Bisküvilerde kullanılan hammaddeler, son ürün kalite özelliklerine etki etmektedir. Bu sebeple, kullanılan hammadde ile bisküvi kalitesi arasında yakın ve paralel bir ilişki bulunmaktadır. Bisküvinin kalite kriterleri içerisinde, son ürünün çapı, yayılma oranı, sertliği, rengi ve tadı yer almaktadır. En çok talep gören bisküvilerin, kalite özelliği bakımından yayılma oranı yüksek, kalınlık değeri düşük ve aşırı geniş çatlaklara sahip olmayan bisküviler olduğu belirtilmektedir (Kissell ve ark. 1971). Aynı çalışmada bisküvilerin L* değerinin 67.2-68.3, a* değerinin 6.5-7.4, b* değerinin ise 33.0- 35.5 arasında değiştiği belirtilmektedir [13].

Öztürk tarafından yapılan bir çalışmada, bisküvinin hammaddelerinde bulunması gereken özellikler şu şekilde sıralanmaktadır; bisküvi yapımında kullanılan un ince taneli, düşük glutene sahip (%7.5-12), nem dengesi sağlanmış ve düşük kül içerikli olmalıdır. Üretilen bisküvi çeşidi ve bisküvide talep edilen özelliklere göre şeker, toz, pudra veya sıvı formda (invert şeker, glikoz şurubu vb.) kullanılmalıdır [14]. Bisküvi üretiminde kullanılacak olan yağların yağlama özelliğinin fazla olması beklenirken, yumuşak yapıda ve bozulmaya direnç gösterecek kadar katı olması gerekli olduğu belirtilmiştir [15]. Bisküvide yağın fonksiyonu hamurun yayılmasına etki ederken, aynı zamanda hamurun kabarmasına destek olmaktadır. Farklı bisküvi formüllerinde yüksek yağ kullanımı bisküvinin daha kısa sürede pişmesine yardımcı olmaktadır [16]. Bisküvilerde kullanılan süt ve süt ürünlerinin, son ürünün rengine, tadına ve tekstürüne olumlu katkı sağlamak amacıyla katıldığı belirtilmektedir [17][18]. Draman, bisküvilerle alakalı yaptığı çalışmada, Trakya Bölgesi'nde bisküvi üretimi yapan iki farklı firmadan temin ettiği 19 adet bisküvi örneğinde incelemeler yapmış, bu incelemeler sonucunda ortalama nem değerinin %2.1, protein miktarının %8, yağ miktarının ise %20,3 olduğunu bildirmiştir [18].

Atlı vd., Orta Anadolu Bölgesi'nde yetiştirilmekte olan bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin bisküvilik kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, yaptıkları analizler ile bisküvilerdeki yayılma faktörlerini incelemiş, bunun

sonucunda ise yumuşak buğday unlarında 7.89 ile 9.56 arasında bulunan bisküvideki yayılma fakörlerinin, sert buğday unlarında ise 10.13 ile 13.86 arasında değiştiğini bildirmektedir [19].

Ozan ve Karababa yaptığı çalışmalarında buğdayın çeşitliliğinin ve çevrenin bisküvinin kalitesi üzerine etkilerini incelemiş, bu çalışma sonucunda bisküvilerin sahip olduğu çap değerlerinin 8.2-9.8 cm arasında, kalınlık değerlerinin 0.8-1 cm arasında, yayılma oranının ise 8.3-12.1 arasında değiştiğini belirtmektedir. Araştırma sonucunda, çeşit ve çevrenin bisküvi çapı, yayılma oranı ve üst görünüşünü etkilediğini, kalınlık üzerine çevrenin pek etkili olmadığını, çeşidin ise kalınlık değerini etkilediğini bildirmektedir [20]. Simmonds; Yamazaki ve Donelson; Miller vd., yaptıkları çalışmalarında, bisküvi ve benzeri ürünlerin üretiminde çoğunlukla yumuşak ekmeklik buğday ununun kullanıldığını belirtmiştir [21]. Yumuşak ekmeklik buğday ununun kullanımındaki en temel sebepler, bu un çeşidinin sahip olduğu düşük su absorpsiyon özelliği ile birlikte ince tanecikli olması ve düşük protein miktarına sahip olmasıdır. Sahip olduğu bu özelliklerin, bu unlarla üretilen bisküvlerin daha düzgün ve yumuşak yapıda olmasına, aynı zamanda bisküvilerin istenilen yayılma özelliklerine sahip olmasına yardımcı olduğu belirtilmiştir [22].

1.1.2.1 Buğday Unu

Bisküvi formülasyonunda en yüksek orana sahip hammadde buğday unudur. Buğday unu hemen hemen her tür bisküvi formülasyonunun temel bileşeni olarak kullanılabilir. Unun bisküvi yapısının oluşmasında önemli bir etkisi olduğu bilinmektedir. Buğdayın sahip olduğu gluten proteinleri, bisküvi hamurunun şekillenme kapasitesinde rol oynamaktadır [23]. Kullanılan buğday unu aynı zamanda, pişirme işlemi sırasında oluşan gaz kabarcıklarının bisküvi yapısı içerisinde tutulmasını sağlamaktadır. Bu sayede son üründe gözenekli yapı oluşumunu ve bisküvideki yeme hissinin olumlu yönde gelişmesine destek olmaktadır [22].

Kullanılacak unun özellikleri, bisküvinin yapısını çok büyük oranda etkilemektedir. Bu sebeple unun özelliklerinin bilinmesi, bisküvi kalite özelliklerinde çok büyük önem taşımaktadır. Bisküvinin gevrek ve lezzetli bir yapıya sahip olması istendiğinde, unun tane inceliği göz önüne alınmakta ve ince nitelikte un

kullanılmaktadır [24]. Unun yapısının ince olması, absorbe edebileceği su oranını artırmakla birlikte, bisküvinin ağızda dağılmasını olumlu yönde etkilemektedir. Bir başka deyişle, unun partikül boyutlarının küçülmesi ile yüzey alanı artar, bu artış da su tutma kapasitesinin artmasına yardımcı olur. Gliadin-glutenin kompleksine sahip olan un gluteninin düşük özellikte olması, bisküvi formülasyonunda kullanılacak unlarda istenilen bir özelliktir [17].

Buğday tanesinin içeriğinde, ortalama %82 unsu endosperm tabakaları, %8 kabuk, %7 aleuron ve %3 ruşeym bulunmaktadır [4]. Kabuk (perikarp+testa) özellikle selüloz, mineraller ve pigmentler; aleuron tabakası besin değeri yüksek ve suda eriyebilir karbonhidratlar, proteinler, mineraller, lipitler, vitaminler (özellikle B kompleksi) ve fenolikler; ruşeym kısmı ise aleuron gibi eriyebilirliği yüksek proteinler, lipitler, şekerler, enzimler ve özellikle vitamin B ve E vitaminince zengindir [25]. Değirmencilikte una esas teşkil eden unsu endosperm tabakası ise, özellikle nişasta deposu olup, ikinci dereceden de önemli düzeyde protein (gluten) ihtiva etmektedir [25] .

Değirmencilik sektöründeki ekstraksiyon oranına bağlı olarak, buğdayın öğütülmesi esnasında ayrıştırılan fraksiyonlardan dolayı rafine unlarda demir miktarında % 7.0- 62.5, çinko miktarında % 85.5-90.7, magnezyum miktarında % 47.4-63.1, kalsiyum miktarında ise % 3.3-56.5'lik kayıpların meydana geldiği de ortaya konulmuştur [26].

Son yıllarda buğdayın insanın sahip olduğu metabolizmayla en güçlü sinerjik etkiye sahip bitkisel gıda olduğuna dair bir algı olduğu gözlemlenmektedir. Bu algıyla birlikte buğday içeren ürünlere dair talebin artmasına paralel olarak, tam buğday unu ve tam buğday ununu çağrıştıran kepekli ekmeklerin pazar paylarında hızla artış gözlemlenmiştir [27][28].

Tam buğday ununun, kepek ve ruşeym tabakalarını bünyesinde bulundurmakla sahip olduğu besinsel avantajların etkisi olarak, son yıllarda artış gösteren sağlıklı beslenme talebinde, tam taneli tahıllara ve aynı zamanda bu tahıllardan üretilen unlarla beslenme taleplerinde bir artış olup, bununla birlikte tam buğday ve diğer tahıl ürünlerinin, ekmek, bisküvi, makarna, bulgur ve kahvaltılık tahıl ürünlerinde kullanımı teknolojik ve besinsel açıdan detaylı şekilde araştırılmaya başlanmıştır [2].

Ülkemizde de tam tahıl ve buğday ununun, artan tüketici talebiyle birlikte fırıncılık ürünlerinde hızla kullanılmaya başladığı açıkça görülmektedir.

Tam buğday unu ve tam buğday unundan elde edilen ürünler ile alakalı yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Truswell, rafine una göre, tam buğday unlarının selenyum içeriğinin %92 oranında daha fazla olduğunu tespit etmiştir [29].

Sebecic ve Vedrina-Dragojevic, tam buğday unu içerecek şekilde yapılan bisküvilerde, yaklaşık olarak %200 oranında çinko, %150 oranında ise bakır artışının olduğunu tespit etmiştir [30].

Harland ve Harland, rafine beyaz un ekmeği ile tam buğday ekmeklerinin mineral madde içeriklerini inceledikleri çalışmalarında, tam buğday unu ekmeklerinin rafine beyaz un ekmeklerine göre, demir içeriğinin yaklaşık %120, fosfor içeriklerinin ise %297 daha fazla olduklarını tespit etmişlerdir [31].

Bryson ve ark., yaptıkları çalışmalarında tam buğday unu ekmeklerinin enerji değerlerinin 216 kcal, %70 randımanlı beyaz un ekmeklerinin ise 233 kcal olduğunu tespit etmişlerdir. [32]

Haris ve ark., yaptıkları çalışmalarında tam buğday ekmeklerin toplam tokoferol miktarının 1.30 mg/g, beyaz un ekmeğinin ise 0.28 mg/g olduğunu bildirmişlerdir [33].

1.1.2.2 Yağ

Yağ, bisküvideki yapı ve lezzeti önemli oranda etkileyen bir bileşendir. Bisküvilerde kullanılan yağ, bisküvinin yapısını, kalitesini ve lezzetini doğrudan etkilemektedir [34]. Bisküvi formülasyonunda kullanılan yağlar çok çeşitli olmakla birlikte, bu yağların genel bir adı olarak ‘pastacılık yağ’ terimi ya da “shortening” adı kullanılmaktadır. Shortening terimi “shortness” (gevreklik) isminden yola çıkılarak türetilmiştir. Shortening yağlarının en temel özelliği, bisküvi gibi elastik yapıya sahip olması istenmeyen ürünlerde gluten oluşumunu engelleyerek, ürüne ağızda erime hissi, gevreklik gibi yapısal özellikleri bisküviye kazandırmaktır. Hayvansal katı yağlar, margarinler, bitkisel sıvı ve katı yağlar bisküvide kullanılan başlıca yağ çeşitleridir [34]. Bu yağların özelliği, bisküvi hamurunda kullanıldığında, hamurun içerisinde bulunan ve birbirleriyle sarmal halinde

bulunarak uzun bir dizilişle sahip olan nişasta ve glutenin yapısındaki hücre duvarını kırmak, bu sayede hamura uzun lifler yerine kısa ve yağ oranı yüksek lif parçalarına sahip olan yumuşak bir tekstür kazandırmaktır. Bu sayede ürün daha yumuşak ve hazmedilebilir bir yapıya sahip olmaktadır.

Fırıncılık ürünlerde shorteningler, bisküviye düzgün ve stabil bir yapı vermek ile birlikte bisküvide istenilen tadın oluşmasında, aynı zamanda bisküviye kalitatif özelliklerin kazandırılmasında, bisküvilerin depolanma kalitesinin ve bisküvilerin sahip olduğu kalori değerinin arttırılmasında etkili olmaktadır [17]. Palm, pamuk tohumu, yer fıstığı, ayçiçek ve mısır yağları gibi bitkisel yağlardan hidrojenasyon yöntemi ile elde edilen ve oda sıcaklığında katı formda bulunan shorteningler, içeriğinde su bulundurmamaktadır. Bu sebeple pişirme sırasında bisküvi hamurundan su çıkışı olmaz. Hamurdan su çıkışının olmaması da bisküvi hamurunda istenmeyen gluten gelişimini sınırlandırmada rol oynar [35].

Hamurun kabarcıklı yapıda olmasında da yağın rolü büyüktür. Yağ zerrecikleri yoğurma sırasında hava kabarcıklarını da içerisine alarak hamura yayılmaktadır [17]. Karıştırma işlemi süresince yağ, un partiküllerinin çevresini kaplar ve bu şekilde suyun un ile temas etmesini sınırlandırmaktadır. Bu sayede glutenin oluşumu da sınırlandırılmış olur. Fazla gluten oluşumu, hamura istenmeyen oranda sert ve uzayabilme özelliği verdiğinden dolayı, ekmek gibi mamüllerde istenen bir özellik iken, pişmiş bisküviye sert ve zor çiğnenebilirlik özelliği kattığından dolayı, bisküvi hamurunda gereğinden fazla gluten oluşumu istenmemektedir [36][37].

1.1.2.3 Şeker

Şeker tüm bisküvi çeşitlerinde önemli ve büyük bir yere sahiptir. Bisküvi hamurunda kullanılan başlıca şeker çeşitleri, pudra şekeri, glikoz şurubu ve invert şeker olmakla birlikte, melas, malt şurubu gibi şeker ürünleri de kullanılmaktadır [38].

Şekerin bisküvi formülasyonundaki fonksiyonu, ürüne tatlılık vermek ve aynı zamanda yapı ve tat oluşumunda etkin rol oynayarak yapıyı ve yadı değiştirmek veya güçlendirmek, aynı zamanda renk oluşumunda etkili olmaktır [39]. Bisküvi hamurunda mevcut bulunan şekerin çözünmesi, formülasyona eklenen su miktarı ile ilişkili olacak şekilde, tamamen veya kısmi olarak gerçekleşmektedir [40].

Şeker, bisküvide son ürünlerdeki yapıya gevreklik özelliğini kazandırmaya destek olmakla birlikte, hamur karıştırma sırasında gluteni yumuşatarak ihtiyaç duyulan su miktarını azaltmaktadır [41]. Bir yandan yayılmayı kontrol ederken, öte yandan bayatlamamanın gecikmesini sağlayarak raf ömrünün uzamasında rol oynamaktadır [42].

Bisküvi hamurunda kullanılan, tamamen ya da kısmi olarak çözünen şeker, pişirme işleminin ardından yeniden kristalize olmakta ya da amorf katı yapısının oluşumu görülmektedir [43]. Her iki durumun oluşumu da bisküvinin tekstürü üzerinde büyük bir rol oynamaktadır. Yüksek oranda kullanılan şeker miktarı, bisküvide istenmeyecek ölçüde sert ve kırılgan bir yapı olmasına sebep olur. Aynı zamanda bisküvi hamurunda kullanılan şeker miktarının ve şeker kristallerinin sahip olduğu boyutların hamurun yayılma oranına, pişmiş bisküvinin görüntüsüne, sertliğine ve gevrekliğine önemli ölçüde etki ettiği bilinmektedir [44].

Şekerin bisküvi hamurundaki bir başka görevi de nişasta içindeki kristalin bölgenin stabilize hale gelmesi ve bu sayede suyun şeker molekülleri tarafından immobilize edilmesine destek olmak, böylece nişastanın jelatinizasyonunun daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelmesini sağlamaktır. Bu sayede bisküvi hamuru fırın içerisinde daha uzun süre kabarma imkanı bulmaktadır [45] [46].

1.1.2.4 Su

Bisküvi üretiminde suyun başlıca fonksiyonu, hamurun istenilen viskoelastik yapıya sahip olmasına destek olmak, aynı zamanda diğer bileşenlerin homojen karışımını sağlamaktır. Suyun, hamurda bulunan tuz, şeker ve çözünür proteinler başta olmak üzere pek çok organik ve inorganik maddeler için çözücü niteliği olmakla birlikte, suda çözünmeyen proteinlerin de hidrolizasyonunda görev alarak gluten oluşumunda rol oynayan bir maddedir [25]. Bisküvi formülasyonunda kullanılacak olan su pH'ı 6.5-6.8 arasında olmalıdır [47].

1.1.2.5 Kabartıcılar

Kabartma ajanları, inorganik ve ince granüler yapıda bileşikler olmakla birlikte, hamura tek ya da farklı kombinasyonlar ile ilave edilebilen ve hamurun içerisindeki karbondioksitin salınımı ile hamurun kabarmasına destek olan, aynı zamanda bisküvi yapısının da oluşumuna yardımcı olan maddelerdir [12].

Kabartıcı maddelerin temel kullanım amacı, bisküvi ve kek gibi unlu mamüllerden yapılan fırıncılık ürünlerinin hızlı yolla kabartılmasıdır [48]. Bileşimlerinde genellikle sodyum bikarbonat gibi bir alkali bileşen ve mısır nişastası gibi bir ya da birden fazla sayıda asidik tuz ve dolgu maddesi bulunmaktadır [25].

Bisküvi üretiminde başlıca sodyum bikarbonat ve amonyum bikarbonat kabartıcı olarak kullanılmakla birlikte, asit dengesini sağlayabilmek için gerektiğinde fosfat bileşikleri kullanılmaktadır [12].

Mayaların biyolojik kabartıcı olarak kullanıldığı formülasyonlar da mevcuttur. Kabartıcıların görevi, bisküvi hamurunda pişme esnasında gaz oluşumunu sağlamaktır. Oluşturulan gaz çeşitleri, CO₂ ve amonyak olabilir. Bisküvide kullanılacak olan kabartıcılar asit ve alkali çeşit olarak iki gruba ayrılır. Asit ve alkali kabartıcı oranının bisküvi formülasyonunda dengeli olması gerekmektedir. Aşırı alkali kabartıcı oranı, renkte sararmaya ve sabun tadı oluşumuna sebep olurken, aşırı asit kabartıcı içeren bisküvilerde asidik, ekşi bir tat oluşumu gözlemlenmektedir [50].

Sodyum bikarbonat, gıda ürünleri için yeterince yüksek saflıkta olduğundan, toksik olmadığından, son ürün tadında olumsuz etki yapmadığından ve kolay ulaşılabilirliğe sahip olduğu için en çok tercih edilen kabartıcılardan biridir. [12]. Sodyum bikarbonatın hamurdaki çözünmesi iki farklı yolla olmaktadır. Bu çözünmeler ya bisküvi hamurunun içerisinde veya sulu hamurun su fazında gerçekleşmektedir. Çözünen asit ile birlikte hidrojen iyonu bikarbonat iyonu ile reaksiyona girmektedir. Bu reaksiyonun sonucunda açığa çıkan CO₂, bisküvinin sahip olduğu hacimde artışa sebep olur. Sodyum bikarbonatın ve asidik hammaddesinin hamur ile birleşerek homojen olarak karışması sırasında, su ile temas edilir. Kabartıcı ajanların su ile temas etmesi kimyasal reaksiyona sebep olur. Bu reaksiyon sonucunda ortamda CO₂ gazı oluşumunun başladığı gözlemlenmektedir. Ortamda yeterince asit kaynağı bulunmadığı takdirde sodyum bikarbonatın bir kısmı, sodyum karbonat olarak ürünün içerisinde kalır [36]. Oluşabilecek erken reaksiyonları önleyebilmek adına, kabartıcı ajanların içerdiği bütün unsurların düşük nem içeriğine sahip olması gerekmektedir. Kabartıcı ajanlar çoğunlukla %12'den fazla CO₂ gazı verecek şekilde ayarlanmaktadır [51].

Amonyum bikarbonatın kullanımı en fazla 5% nem oranına sahip olacak kadar pişirilen ürünlerde mümkün olmaktadır. Daha yüksek oranda nem miktarına sahip ürünlerde amonyum bikarbonat kullanıldığında, amonyum bikarbonat amonyak olarak pişmiş olan son ürün içerisinde tutulmaktadır. Bu durum da tadı olumsuz derecede etkilemektedir. Bu sebeple kurabiye veya bisküvi gibi nem oranı düşük olan ürünlerde böyle istenmeyen bir durum oluşmamaktadır [12].

Amonyum bikarbonatın ayrışmasının en hızlı olduğu aşama, pişme içerisinde 60 °C'dedir [36].

1.1.3 Bisküvi Hamurunun Temel Reolojik Özellikleri

Reoloji, maddelerin belirli bir zamanda sahip olduğu gerilimin katı ve sıvı maddeler üzerinde sebep olduğu davranış ve değişiklikleri inceleyen bilim dalıdır. [52]. Bu bağlamda kapsadığı alan, maddelerin deformasyon ve viskozite özelliklerinin araştırılmasıdır. Gıda teknolojisinde ürünlerin reolojik açıdan incelenmesi, gıdaların viskozitesi, esnekliği gibi konuları kapsamaktadır.

Reolojik analizlerin temel amaçları özetle üç başlık altında incelenmektedir. Bu başlıklar:

- Materyallerin mekanik özelliklerinin kantitatif esnasında fırın tayini
- Materyallerin moleküler yapısı ve bileşimiyle alakalı bilgilerin analizi
- Kalite kontrol amacıyla, materyallerin işlenmeleri sırasındaki performanslarının karakterizasyonudur [52].

Fırıncılık ürünlerinde ise, hamurlara ait yapılmış olan reolojik analizler, en başta hamur formülasyonu hakkında bilgi vererek, gerekli değişikliklerin ve geliştirmelerin yapılmasında ve son ürünün üretim akışında kontrolü sağlayarak, gerekli iyileştirilmelerin, optimizasyonun da yapılmasında en büyük rol oynayan parametrelerden biridir [53].

Bu sebeple hamurun sahip olduğu reolojik özellikler, fırıncılık ürünlerinde son ürün kalitesini direkt etkilemesinden ötürü oldukça önemlidir [54].

Hamurda kullanılan unun kalitesini analiz edebilmek amacıyla geliştirilmiş olan birçok yöntem mevcuttur [55]. Reolojik analizlerin yapılabilmesi için kullanılan başlıca cihazlar, farinograf, ekstensograf, alveograf ve miksograf olmaktadır.

Kullanılan en başlıca reolojik analizler, iki temel uygulamaya göre sınıflandırılmaktadır. Bu uygulamalardan birincisi maddeye uygulanan germe tekniği (sıkıştırma, uzatma, kayma, bükme) olurken, ikincisi ise maddeye uygulanmış olan deformasyonun büyüklüğü olmaktadır [56].

Bisküvi hamuru, sahip olduğu viskoelastik yapıdan ötürü en sık analiz edildiği reolojik yöntem dinamik salınım ölçümleri ve sünme-iyileşme ölçümleri olmaktadır [57]. Bisküvi hamurunun reolojik analizlerinde kullanılan temel teknikler ise tanımlayıcı ampirik teknik ve temel reolojik teknik olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

Tanımlayıcı ampirik teknikler temel reolojik tekniklere göre daha kolay uygulanabilir, daha düşük maliyete sahip yöntemler olduğundan daaha çok tercih edilmektedir. Tanımlayıcı ampirik tekniklerde yapılan ölçümler başlıca farinograf, ekstensograf, penetrometre, amilograf, miksograf, alveograf, çeşitli akış viskozimetreleri ve Fermantasyon kayıt cihazları ile olmaktadır [57]. Temel reolojik tekniklerde ise sıklıkla kullanılan test teknikleri düşük deformasyonlu salınım testleri (oscillatory testing), sünme ve iyileşme ölçümleri (creep and recovery), genleşme (extensional) ölçümleri, gerilim gevşemesi (stress relaxation) ve basit yapışkanlık ve tekstür analizleri gibi diğer yüksek deformasyonlu analizlerdir [57].

Unda bulunan protein ve glutenin, hamurun oluşumundan sorumlu olmakla birlikte, hamurun karıştırılma ve Fermantasyon aşamasında da hamurun reolojik karakterine önemli derecede etki etmektedir [58].

Hadnadev vd., bisküvi hamuru üzerine yaptıkları araştırmada, bisküvi hamurunun sahip olduğu reolojik unsurların son ürün yapısı ve kalitesi üzerinde direkt etkili olduğunu belirtmişlerdir [59]. Bununla birlikte yumuşak ve yapışkan yapıya sahip olan bisküvi hamurlarının pişmesiyle yumuşak ve kalın bisküviler elde edilirken, sert ve yapışkan özelliğe sahip olmayan bisküvi hamurlarından ise sert ve ince yapıda bisküvilerin son ürün olarak elde edileceğini tespit etmişlerdir [60]. Depolama (G') ve kayıp modülü (G'') değerleri gibi başlıca reolojik özellikler, dinamik salınım ölçümlerinde salınımlı gerilim uygulaması ile ölçülmektedir. Bisküvi bileşimine tahıl ve meyve-sebze orjinli besinsel liflerin eklenmesiyle

alakalı yapılmış olan çalışmalarda, bisküvi hamuruna ilave edilen lifin, hamur reolojisine ve bisküviye duyusal yönde olumlu olarak etki ettiği belirlenmiştir [61].

1.1.4 Ekşi Hamur

Ekşi hamur, su ve un karışımının laktik asit bakterileri ve maya kullanılarak fermente edilmesi ile elde edilen hamur çeşididir. Günümüzde ekşi hamur genellikle son ürünlerdeki tadın geliştirilmesi ve buğday ve çavdar ekmeklerinde bulunan karakteristik yapıyı ve tadı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır [23] [62]

Ekşi hamur, içerisinde bulundurduğu laktik asit bakterileri (LAB) ve mayanın birlikte etkileşim halinde olmasından ve üretim parametreleri ve bulunduğu hammaddelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilen kompleks bir yapıya sahiptir [63]. Su ve una ilave olarak, mikrofloradaki Fermantasyonu desteklemek için şeker veya enzimler gibi ilave hammaddeler ekşi hamur üretiminde ilave edilebilir.

LAB ve mayaların aktif rol oynadıkları ekşi hamur fermantasyonunda, heterofermantatif LAB'ler mayalar ile birlikte simbiyotik yaşam sürdürerek hamurdaki kabarmaya yardımcı olur. LAB ve mayaların interaksyonu ayrıca son üründe aroma oluşumuna büyük katkı sağlamaktadır [64].

Ekşi hamurda hakim florayı laktik asit bakterileri ve mayalar oluşturmaktadır. *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida humilis*, *T. Delbrueckii* türleridir. *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Streptococcus* ve *Weissella* cinsi bakteriler de ekşi hamurda bulunabilecek laktik asit bakterileridir [65] [66].

Ekşi hamur yönteminin üç önemli aşaması; mayalama, asit oluşumu ve aroma maddelerinin oluşumudur [67]. Fermantasyon esnasında oluşan aroma bileşenleri, son ürün lezzetinin temelini oluşturmaktadır [68]. Uçucu aroma bileşenlerinin pek çoğu, pişirme esnasında oluşmasına rağmen, ekşi hamur ekmeğinin karakteristik aroması üzerine ekşi hamur Fermantasyon işleminin de etkisi büyüktür [69].

Ekşi hamur, sanayi ve ev tipi üretim teknolojileri göz önüne alındığında 3 sınıfa ayrılmaktadır [70].

Bu sınıflar;

1. Tip I veya geleneksel ekşi hamur
2. Tip II veya hızlandırılmış ekşi hamur
3. Tip III veya kurutulmuş ekşi hamur

Tip I ekşi hamur: Geleneksel tekniklerle süreklilik esasına dayanılarak üretilen ekşi hamurdur. Hamur mikroflorasını canlı ve aktif tutabilmek adına hamur günlük olarak tazelenir. Hamur, yüksek mikroflora oranına sahip olduğundan, aynı zamanda yüksek metabolik aktive göstermektedir. Mikroflora 20-30 °C'de tutularak canlandırılır. Ekşi hamurun son final pH'ı 4.0-4.5 oluncaya kadar da beslemeye devam ettirilir [71].

Tip I ekşi hamur, kendi içinde üç alt sınıfa ayrılmaktadır.

Tip Ia: Farklı kaynaklardan elde edilen starter LAB'leri ile hazırlanan saf kültür ekşi hamurlarıdır.

Tip Ib: Buğday, çavdar veya bunların karışımlarından çok kademeli Fermantasyon işlemiyle hazırlanan ve spontan Fermantasyon yöntemi ile fermente olan ekşi hamurlardır.

Tip Ic: Tropikal bölgelerde yüksek sıcaklıklarda üretilen ekşi hamurlardır.

Tip II ekşi hamur: Tek aşamalı, sürekli çoğaltmanın yapılarak hızlandırılmış Fermantasyon yöntemidir. Daha çok endüstriyel amaçla kullanılmaktadır. Bu amaçla hamurda 30 °C üzerindeki yüksek sıcaklıkta Fermantasyona tabi tutularak, 2-5 gün sonunda hamur pH'sının 3.5 altına düşmesi sağlanır [71]. Hamurun formu yarı akışkan şeklindedir. Bu tip ekşi hamurlarda mikroorganizmalar sabit fazın ilerisinde gelişim gösterdikleri gibi, aynı zamanda sınırlı metabolik aktivite göstermektedir [71].

Tip III ekşi hamur: Toz formda, tanımlanmış starter kültürler tarafından fermente edilerek kurutulmuş olan ekşi hamur çeşididir. Ekmek yapımında asitlik verici ve aynı zamanda aroma taşıyıcı olarak kullanılmaktadır [72].

Tip I ekşi hamurunun aksine, Tip II ve Tip III ekşi hamurlarında mayalanmayı sağlamak için ekmek mayası (*S. cerevisae*) kullanılması gerekir. Kendiliğinden fermente olabilen ekşi hamurların mikroflorasının oluşumu üzerine yapılan çalışmalarda LAB'nin dominant karakterde olduğu gösterilmiştir [73].

Ekşi hamurun üretiminin esası, hamuru, içerdiği mikroflora ile birlikte, bulunduğu ortamdan gelen yabani mayalar ve LAB'ni, ticari kültür mayaları ile birlikte kullanıp, belirli koşullarda fermente ederek, sonrasında devamında hazırlanacak diğer hamurda maya olarak kullanmaktır [74].

Ekşi hamur teknolojisi, un ve su karışımının hem ortamdan hem de hammaddeden gelebilen LAB ve mayalarla doğal fermantasyona uğratılması, kademeli fermantasyonla hamur mikroflorasının teşekkülünün sağlanması ve asitlik gelişiminin sağlanması ile ekmek üretimi için hamurun hazır hale getirildiği bir yöntemdir [75].

Kendiliğinden gelişen mikrobiyal populasyonun metabolik aktivitesi asidifikasyonla ekşi hamurun biyolojik stabilitesine olanak sağlar. Ve böylelikle özel aroma ve tekstür sağlanmış olmaktadır [73].

Aynı zamanda ekşi hamur, ekmeğin besleyicilik değerini, duyu özelliklerini ve raf ömrünü geliştirmek için binlerce yıldır kullanılmaktadır [76].

Ekşi hamur ilave edilmiş ekmek yapma geleneği Akdeniz ve Orta Doğu ülkeleri ile ABD'de San Francisco'da hala yaygın bir şekilde sürdürülmektedir. Avrupa'da fırıncılık ürünlerinin yıllık tüketim miktarı 50-85 kg olmaktadır. Ve bunun %20'si buğday ya da çavdar unlarıyla ekşi hamur fermantasyonu sağlayarak üretilmektedir [77].

Geleneksel ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu sebeple ekşi hamur ekmeklerine olan talep de artmaktadır. Tüketiciler raf ömrü uzun, daha besleyici ve daha lezzetli, koruyucu içermeyen ürün çeşitlerini istemektedir [78]. Bundan dolayı modern ekşi hamur ekmeği üretimindeki en önemli amaçlardan birisi ekmeğin raf ömrünü uzatmak ve ekmek içi tat ve aromayı geliştirmektir [79]. Yapılan çalışmalarda ekmeklerde ekşi hamur kullanılmasının kaliteyi artırdığı görülmüştür.

Ekşi hamur ile hazırlanan ekmeklerin avantajları aşağıda belirtildiği şekilde sıralanmaktadır;

1. Hamur özelliklerinin düzenlenmesi; ekşi maya, hamura elastik bir özellik (reolojik özellik) kazandırmaktadır ve suda çözünme özelliği olmayan bir protein olan gluten'in ekmek içerisinde pozitif yönde bir etki sağlamasına sebep olmaktadır [80].

2. Ekşi hamur kullanılarak yapılan ekmekler şekil açısından daha düzgün ve daha yumuşak olmaktadır [72]. Hamur daha iyi kabarır ve bu yüzden ekmek hacmi de daha iyi olmaktadır [81].

3. Tat ve aromanın daha iyi olduğu tespit edilmiştir [72].

4. Bayatlamayı geciktirdiği vurgulanmıştır [82].

5. Ekşi maya, aynı zamanda undaki nişastanın enzimatik olarak parçalanmasını geciktirmektedir ve unun su tutma kapasitesini arttırmaktadır [82].

1.2 Tezin Amacı

Günümüzde, gıda tüketiminde sağlıklı beslenme bilincinin, bununla birlikte daha az katkı ve koruyucu madde içeren ürünlere olan tüketici taleplerinin arttığı görülmektedir. Tüketicilerde artan sağlıklı beslenme talebine karşılık gıdaların fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmesi oldukça gündemdedir. Tam tahıl ve bileşenlerinin bu amaçla sıklıkla kullanılmaya başladığı bilinmektedir.

Ekşi hamur, eski çağlardan beri başta ekmek üretimi olmak üzere pek çok fırıncılık ürünüde kullanılan bir yöntem olmakla birlikte, içerisinde bulunduğu ürünün tadını ve kalite niteliklerini doğrudan olumlu yönde etkilemektedir.

Bu çalışmada, tüketiminin ve talebinin arttığı tam buğday ununun bisküvide TBU ekşi hamur formunda kullanılarak, TBU'ndan kaynaklanabilecek bazı fiziksel kalite problemlerinin azaltılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, bisküvilik buğday unu farklı oranlarda (0%, 15%, 25%, 35%, 50%) TBU ile ikame edilerek, aynı zamanda aynı oranlarda TBU içeren ekşi hamur ilavesi ile ekşi hamurun son ürün ve bisküvi hamuru kalitesi üzerine fiziksel, kimyasal, reolojik ve duyuşal etkileri incelenmiş, hazırlanan bisküvi hamurlarının, bisküvi üretimi için uygunluğu araştırılmıştır.

1.3 Hipotez

Tam buğday unu, başta besinsel lifler olmak üzere içerdiği yüksek miktarda antioksidanlar, vitaminler, esansiyel aminoasitler ve mineral maddeler açısından zengin bir kaynak olmasından dolayı fırıncılık ürünlerinde en çok tercih edilen ürünlerden biridir. Bu sebeple, çalışmamızda bisküvinin fonksiyonel özelliklerini arttırabilmek adına tam buğday unu tercih edilmiştir.

Ekşi hamur fermentasyonu, fırıncılık ürünleri başta olmak üzere bir çok gıda ürününde kullanılmaktadır. Tam buğday unlu bisküvi üretiminde, tam buğday unundan kaynaklanan başta kalınlık ve sertlik artışı olmak üzere, yayılma oranının azalması gibi bazı fiziksel kalite problemlerinin, formülasyona tam buğday ununun ekşi hamur olarak dahil edilmesiyle azaltılması, bu çalışmanın hipotezini oluşturmaktadır.



2.1 Materyal

Çalışmada kullanılan, bisküvilik yumuşak buğday unu ile organik tam buğday unu piyasadan temin edilmiştir. Bisküvi formülasyonunda kullanılan bisküvilik yumuşak buğday unu ile diğer hammaddeler pudra şekeri, esmer şeker, shortening, yüksek fruktozlu mısır şurubu, yağı tamamen alınmış yağsız süt tozu, tuz, sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat ise Ülker Bisküvi A.Ş. tarafından temin edilmiştir.

Bisküvi hamurunun karıştırılma aşamasında karıştırıcı olarak Hobart Mikser (Model N50) kullanılmıştır. Bisküvi hamuru AACC (10-54) tel-keski yöntemi esas alınarak hazırlanmış [84]. Bu yöntemle göre gerekli modifikasyonlar yapılarak hamur hazırlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan su, saf su olarak kullanılmıştır.

2.2 Yöntem

2.2.1 Bisküvi Üretiminde Kullanılan Unların Fizikokimyasal Analizleri

Bisküvilerde kullanılan unlarda yapılmış olan fiziksel analizler ve esas alınan metodları Tablo 2.1’de verilmiştir [84] [85].

Tablo 2.1 Unların Fizikokimyasal Analiz Metodları

Analiz Adı	Analiz Metod Detayları
Nem Tayini	AACC 44-19 - (135 °C'de 2.5 saat kurutma)
Kül Miktarı Tayini	AACC 08-01
Protein Miktarı Tayini	AACC 46-12 (Kjeldahl metodu ile yapılmıştır, sonuçlar 5.70 çarpım faktörü ile kuru madde esasına göre verilmiştir.)
Yaş Gluten Miktarı Tayini Gluten İndeks Değeri Tayini	AACC 38-12 - Glutomatic-2200 (Perten Instruments, İsveç)
Zeleny Sedimentasyon Değer Tayini	ICC-Standart Metod No.116/1

2.2.2 Bisküvi Üretim Metodu

Çalışmada, kontrol (Bkontrol), tam buğday unlu (TBU) un karışımından hazırlanan bisküviler (B50T, B35T, B25T, B15T) ve TBU'lu ekşi hamurdan hazırlanan bisküviler olmak üzere toplamda 3 kategoride bisküvi üretimi gerçekleştirilmiştir. AACC Metod No: 10-54 "Tel-keski yöntemi" (AACC, 1990) esas alınmıştır. Bu yöntemde, kontrol hamuru tam buğday unu ilave edilmeden, sadece bisküvilik un ile hazırlanırken, tam buğday unlu bisküviler (TBU), ilk etapta %15, %25, %35, %50 oranlarında TBU katılarak hazırlanan un karışımlarıyla ile ayrı ayrı üretilmiştir. Bisküvi üretim aşamasında, mikserin haznesine (Hobart, Model N50, USA) shortening (32.00 g) tartılmıştır. Formülasyonda bulunan kuru hammaddelerden pudra şekeri (25.60 g), esmer şeker (8.00 g), yağsız süt tozu (0.80 g), tuz (1.00 g) ve sodyum bikarbonat (0.80 g), ayrı bir kap içerisinde karıştırılarak, shortening üzerine ilave edilmiştir. Mikser haznesinde bulunan bu malzemeler toplamda üç dakika karıştırılmıştır. Her bir dakika içerisinde mikser durdurularak, mikser haznesinde sıyırma işlemi yapılmıştır. 3 dakikanın sonunda krema kıvamında bir karışım elde edilmiştir. Bir başka kap içerisinde yüksek fruktozlu mısır şurubu (1.20 g), su ve amonyum bikarbonat (0.40 g) karıştırılmıştır. Ardından bu karışım mikser kabındaki krema kıvamındaki hammaddelerin karışımına ilave edilmiş ve her on beş saniyede birer kere sıyırma işlemi gerçekleştirilerek toplamda iki dakika daha karıştırılmıştır. Sonrasında bu karışıma un ilave edilmiştir. Her on beş saniyede bir kere sıyırma işlemi gerçekleştirilerek toplamda iki dakika daha karıştırılmış ve bunun sonucunda hamur elde edilmiştir. Mikserin haznesinden hamur alınarak, oklava ile hamurun 6 mm inceliğe kadar açılması sağlanmıştır. Hamura 6 cm çapındaki kalıp ile döner disk şekli verildikten sonra $185\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'deki fırına (Wiesheu, Minimat 43S, Almanya) yaklaşık 15 dakika pişirilmiştir (Şekil 2.1). Bisküvilerin pişmesi tamamlandıktan sonra fırından çıkarılmış ve oda sıcaklığına geldikten sonra kalite analizleri yapılmıştır. Her bir örnek 9 paralel olarak hazırlanmıştır. Tablo 2.3, hamur ağırlığı bazında, bisküvi formülasyonunda bulunan tam buğday unu, buğday unu, su ve diğer bileşenlerin % miktarlarını (w/w) göstermektedir.

Tablo 2.2 Bisküvi formülasyonunda bulunan bileşenlerin hamur ağırlığı bazında % oranı

	Bkontrol	B50 T	B35 T	B25 T	B15 T	TBEH2 0	TBEH4 0	TBEH6 0	TBEH8 0
Buğday unu	50	25	33	38	43	37	25	22	19
Tam buğday unu	0	25	18	13	8	7	15	19	24
Su	6	7	7	6	6	11	12	16	20
Diğer bileşenler	44	43	43	43	44	45	48	42	38

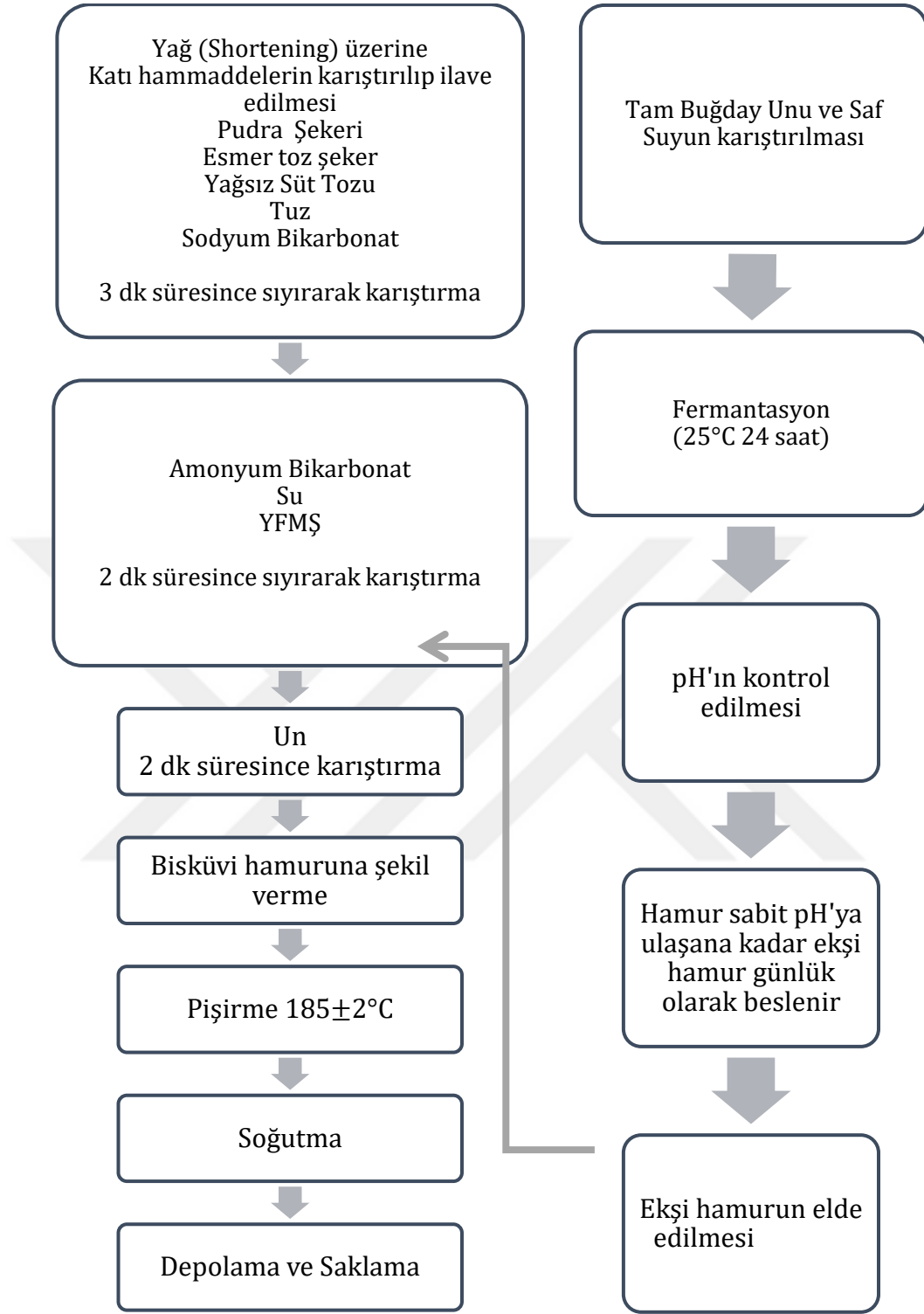
¹ Un miktarları 21±1°C; ² %13 rutubet esasına göre hesaplanmıştır.

TBU: Tam buğday unu

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 50 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

2.2.2.1 Ekşi Hamurlu Bisküvi Üretimi

Tam buğday unlu Tip I ekşi hamuru bisküvi formülasyonuna ilave edilmiştir. Tip I ekşi hamurunun hazırlanmasında ilk olarak, 120 g tam buğday unu ile 100 g su homojen şekilde 5 dakika boyunca karıştırılarak 25 °C'de 24 saat boyunca fermente edilmiştir. Fermantasyon işleminin ardından periyodik olarak yenileme işlemi yapılmıştır. Yenileme işleminde, her gün fermantasyondan çıkan ekşi hamurdan 22 g alınıp, 108 g tam buğday unu ve 90 g su ile homojen şekilde karıştırılmıştır. Bu işleme ekşi hamur pH'sı sabit oluncaya kadar günlük olarak devam edilmiştir (Şekil 2.1). 3., 4., ve 5., günlerin sonunda hamur pH'sının (~3.90-3.93) değişmediği görülmüş ve bu hamur bisküvi üretim formülasyonuna katılmıştır. Tam buğday unlu ekşi hamur, bisküvi formülasyonuna, ekşi hamur içermeyen TBU'lu bisküvilerdeki hamur ağırlığı bazında % oranları karşılayacak şekilde 20 g, 40 g, 60 g ve 80 g olmak üzere ilave edilmiştir. Hamur yoğurma sırasında, teknolojik açıdan uygun bir bisküvi hamuru elde edilemediği için ekşi hamurlu formülasyonlara buğday unu ilave edilmiş ve bunun sonucunda değişen, hamur ağırlığı bazında % oranlar Tablo 2.3'de belirtilmiştir. Her bir örnek 9 paralel olarak hazırlanmıştır.



Şekil 2.1 Bisküvi formülasyonu ve üretim akış şeması

2.2.3 pH Analizleri

Bisküvi hamurunun pH analizleri, 250 mL'lik bir behere 10 g bisküvi hamuru tartıldıktan sonra, üzerine 90 ml oda sıcaklığında saf su ilave edilmiştir.

Homojenize edilen bu karışımın pH ölçümleri, dijital pH metre (Mettler Toledo, İsviçre) ile yapılmıştır.

2.2.4 Bisküvi Hamurunda Dinamik Salınım Analizleri

Reoloji analizlerinde, bazı değişiklikler yapılarak Yıldız ve Bravo-Nunez'in önerdiği yöntemlerden yararlanılmıştır [88]. Bisküvi hamuru örneği, 25 mm çapında paralel plakalar arasına yerleştirildikten sonra 2 mm aralığındaki ölçüm pozisyonuna getirilmiş ve reometre cihazında (Anton Paar MCR 302, Avusturya) 25°C'de analizler gerçekleştirilmiştir.

Dinamik salınım testinden önce, lineer viskoelastik bölgenin belirlenmesi amacıyla örnekler 1 Hz frekansta ve % 0.1 ile % 100 gerinim aralığında genlik kayma testi (amplitude sweep test) uygulanmıştır. Her bir hamur formülasyonun doğrusal bölge içinde olduğu gerinim değeri (strain) %0.2 olarak belirlenmiştir.

Dinamik salınım testinde %0,2 gerinim değeri kullanılmış, 30 Hz ile 0,1 Hz aralığında ölçümler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, her bir hamur örneğine ait depolama modülü (G'), kayıp modülü (G''), $\tan \delta$ ve kompleks viskozite (η^*) değerleri 3 paralel ölçüm yapılarak hesaplanmıştır [57].

2.2.5 Bisküvilerde Yapılan Analizler

2.2.5.1 Çap, Kalınlık, Yayılma Oranları

Bisküvilerin çap ve kalınlık ölçümleri, kumpas (Mitutoyo, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Yayılma oranı, bisküvinin çapının, bisküvi kalınlığına oranlanması ile hesaplanmıştır [87].

Bisküvilerin çaplarının ölçümü, aynı gruba ait bisküvilerden rastgele beş adet seçilerek ölçülüp ortalaması alınmıştır. Aynı bisküviler dikey yönde döndürülerek kalınlıkları ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır. Bisküvilerin çaplarının ölçümü, bisküvilerin her birinin iki noktasından yapılmış. Kalınlık ölçümleri ise her bir bisküvinin dört noktasından yapılmıştır.

2.2.5.2 Renk Analizleri

Bisküvilerin renk analizleri, CIE* L^*, a^*, b^* renk skalası kullanılarak, CR-100 Konica Minolta (Japonya) cihazında gerçekleştirilmiştir. CIE* L^*, a^*, b^* renk skalasına göre, L^* ; 0 (siyah)'tan 100 (beyaz)'a kadar ürüne ait açıklık koyuluk değerlerine, a^* ; -

100 (yeşil)'den +100 (kırmızı)'ya kadar kırmızılık değerine ve b*; -100 (mavi)'den +100 (sarı)'ya kadar sarılık değerine ait renk değişimlerini ifade etmektedir [86]. Her bir bisküvi grubu için beş bisküvi numunesi üzerinde renk tayini yapıp ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

2.2.5.3 Tekstür Analizi

Bisküvilere ait sertlik değeri (N), tekstür profil analiz cihazında (SMS TA.XT2 Plus, İngiltere) 3 nokta kırılma testi (three point bend rig) tekniğine göre yapılmıştır. 50 N'luk kuvvet ve 3 mm/s'lik test hızıyla ölçüm gerçekleştirilmiştir.

2.2.5.4 Bisküvi Örneklerinde FT-IR Spektroskopi Analizi

FT-IR analizlerinde, Bruker Tensor 27 FTIR spektroskopisi (Almanya) ATR (Attenuated Total Reflectance) modülü kullanılmıştır. Bisküvi örnekleri, toz haline getirildikten sonra ATR modülü üzerinde bulunan kristal kısma yerleştirilmiştir. Her ölçüm 3 kez tekrarlanmış ve ölçüm öncesi hava ile zemin taraması yapılmıştır. FTIR- ATR spektrumları, 4000-600 cm⁻¹ orta kızılötesi bölgede, 4 cm⁻¹ çözünürlükte, 16 tarama yapılarak kaydedilmiştir. Veri analizi, OPUS Version 7.2 (Bruker, Almanya) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir [91, 92].

2.2.5.5 Duyusal Analiz

Bisküvilerin duyusal değerlendirmesi, yaşları 18-45 arasında değişen, 22 kişilik (13 kadın, 9 erkek) panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelist seçiminde, haftada düzenli olarak en az 1 kez bisküvi tüketen kişiler olması dikkate alınmıştır. Tadım öncesi panelistler, duyusal değerlendirme ile alakalı tanımlar ve hedonik skala ile alakalı yazılı ve sözlü olarak bilgilendirilmiştir. Her bir bisküvi grubu ayrı ayrı numaralandırılarak panelistlerin tadımına sunulmuştur. Bisküvi numuneleri panelistler tarafından tat, koku, görünüm, renk, gevreklik ve genel olarak objektif metodla değerlendirilmiştir. Sahip oldukları fiziksel özelliklerine göre, hazırlanan bisküvi numunelerinden kontrol grubuna en yakın değerlere sahip olan 2 adet TBU bisküvi, 2 adet de TBU ile hazırlanmış ekşi hamur ilaveli bisküvi grubu seçilerek, kontrol grubu bisküviler ile duyusal değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bisküvi örnekleri, tat, koku, gevreklik, görünüm, renk, genel duyusal özellikleri göz önüne alınarak 1-9 hedonik skalası kullanılarak hazırlanmış duyusal analiz formları üzerinde değerlendirilmiş ve elde edilen verilerin standart sapma

ve ortalama değerleri alınarak istatistiksel olarak hesaplanmış ve harflendirilmiştir. Çalışma iki tekerrür ve iki paralelli olarak yürütülmüştür [89] [90].

Kullanılan hedonik skala aşağıdaki gibidir Ek 2.1'te belirtilmiştir.

Duyusal değerlendirme için hazırlanan formda bulunan kriterler ve bu kriterlerin ifade ettiği tanımlar aşağıda özetlenmiştir.

- a) Tat:** Tadım esnasında algılanan, tada ve kokuya ilişkin ifade edilebilen duyguların bir bileşimidir. Bu kategoride puanlama yapıldığında, lezzetin yoğunluğuna göre değerlendirme yapılması istenmiştir.
- b) Koku:** Bisküvide pişme esnasında Maillard reaksiyonu gibi reaksiyonlar sonucunda oluşan ve bisküviye ayrıca eklenmiş olan aroma çeşidine göre son üründe hissedilen koku yoğunluğunu ifade eder.
- c) Renk:** Bisküvi yüzeyinde oluşan rengin durumunu ve beğeni durumunu ifade eder.
- d) Görünüm:** Bisküvinin genel olarak nasıl görüldüğünün, yüzeyde oluşan çatlak vb. durumların kabul edilebilirliğini ifade eder.
- e) Gevreklik:** Bisküvinin ısırılması ve tüketilmesi sırasında ağızda algılatığı gevreklik durumunu ve bunun beğeni durumunu ifade eder.
- f) Genel:** Bisküvide algılanan tat, koku, renk parametrelerinin genel olarak kabul edilebilirliğini ifade eder.

2.2.6 İstatistiksel Analiz

Bisküvi analizlerine ait araştırma sonuçlarından elde edilen verilerin incelenmesi için JMP ver.6 software (SAS Institute, Inc. 2005) programı kullanılmıştır. Tek yönlü varyans analizinde ortalamalar arasındaki farkı ortaya koymak için 'Student t test'i 0,05 önem düzeyinde uygulanmıştır.

3.1 Bisküvi Üretiminde Kullanılan Unların Fizikokimyasal Özellikleri

Tam buğday unu (TBU) ve bisküvilik buğday ununda yapılmış olan kimyasal analiz sonuçlarına göre, kullanılan unların sahip olduğu renk değerleri ile birlikte içerdiği nem, protein, yağ, kül, toplam lif, su aktivitesi, yaş gluten, gluten indeks ve Zeleny sedimantasyon değerleri Tablo 3.1’de belirtilmiştir.

Tablo 3.1 Bisküvi yapımında kullanılan bisküvilik buğday unu ve tam buğday ununa ait analiz sonuçları

Hammadde	Bisküvilik Buğday Unu	Tam Buğday Unu
Renk		
L*	96.09±0.52	86.09±0.12
a*	-0.74±0.01	0.94±0.03
b*	8.13±0.19	11.24±0.19
Kimyasal Özellikler		
Nem (%)	12.8±0.54	10.40±0.12
Protein (%) ^{1,2}	9.58±0.22	11.14±0.16
Yağ (%) ¹	0.42±0.01	1.65±0.21
Kül ¹	0.67±0.01	1.34±0.02
Toplam Lif (%) ¹	0.26±0.01	2.14±0.10
Su aktivitesi (aw)	0.62±0.02	0.33±0.01
Fizikokimyasal Özellikler		
Yaş Gluten (%) ¹	22.40±0.92	26.5±0.21
Gluten İndeks (%) ¹	82.10±1.04	71.60±1.82
Zeleny sedimantasyon (cc) ³	21.10±0.32	17.20±0.85

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. ²Protein=Nx5,70 faktörü kullanılarak hesaplanmıştır.

³14% su üzerinden hesaplanmıştır.

Buğday unu tebliğine göre, bisküvilik buğday ununda ve tam buğday ununda bulunması gereken nem miktarı en fazla %14 (m/m) olmalıdır [93]. Çalışmalarda kullanılan bisküvilik buğday ununun ve tam buğday ununun sahip olduğu nem oranı, bisküvide kullanımına uygun olduğu görülmüştür. Aynı tebliğe göre, bisküvilik buğday ununda kül oranı aranmazken, tam buğday ununda kül oranı en

az %1.2 (m/m) olmalıdır. Çalışmada kullanılan tam buğday unu, sahip olduğu kül oranıyla (1.34 ± 0.02) bu özelliği sağlamaktadır. Bununla birlikte, protein oranı da aynı tebliğ üzerinden değerlendirildiğinde, bisküvilik buğday ununda kuru maddede en az %7 oranında bulunması gerekirken, bu oran tam buğday ununda %11 olmalıdır. Çalışmada kullanılan bisküvilik buğday ununun protein oranı (9.58 ± 0.22) ve tam buğday ununun protein oranının (11.14 ± 0.16) tebliğde belirtilen şartları sağladığı görülmüştür.

Yapılan analizler sonucunda, bisküvi yapımında kullanılmış olan tam buğday ununda, bisküvilik buğday ununa göre daha yüksek protein, yağ, kül ve life sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç, tam buğday ununun sahip olduğu zengin kimyasal bileşenlerin, son ürünün besinsel kalitesinin artırılması amacıyla kullanımına uygun olduğunu göstermektedir [94].

Aktaş'ın yaptığı bir çalışmada buğday ununda analiz etmiş olduğu renk değerlerini L^* , a^* , b^* sırasına göre, 96.13, -0.57 ve 8.27 olarak tespit etmiştir [95]. Elde edilen sonuçlara göre, bu çalışmada kullanılan buğday ununun renk değerlerine yakın sonuçlar olduğu görülmüştür (Tablo 3.1).

Unun içerdiği protein ve nişasta oranı, kek, ekmek, bisküvi gibi fırıncılık ürünlerinde hamurun viskozitesini ve son ürünün kalitesini doğrudan etkileyen bir parametredir. Un yüksek oranda protein içerdiğinde, kullanıldığı bisküvi hamurunda, hamurun daha yüksek oranda su tutmasına sebep olmaktadır. Bu durumda hamurun viskozitesinde artış gözlemlenmektedir. Bisküvi hamurunda viskozitenin yüksek olması, hamurun yayılma oranının azalmasına sebep olmaktadır. Yayılma oranının düşük olması bisküvilerde önemli bir kalite kriteri olarak bilinmektedir [96].

3.2 Bisküvi Hamurunun Fizikokimyasal Özellikleri

3.2.1 Bisküvi Hamurlarının pH Değerleri

Bisküvi hamurunun pH değeri, pişme sonrası son ürünlerdeki renk üzerinde fazlasıyla etkilidir. Özer vd. tarafından yapılmış olan çalışmalar sonucunda, bisküvi hamurunda pH değeri 6'nın altında ise veya pH değeri 8'in üzerinde ise, böyle durumlarda son ürünlerdeki aromanın ve tadın istenmeyen yönde gelişebileceği belirtilmiştir [97].

Bisküvi formülasyonundaki TBU oranının artışı ile birlikte hamurun sahip olduğu pH değerleri Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bisküvi hamurundaki pH değerleri 6.46 ile 7.63 arasında olduğu görülmüş ve son üründe istenmeyen aroma ve tadın olumsuz etkilenmeyebileceği sonucuna varılmıştır [97].

Tablo 3.2 Farklı oranlarda TBU ve ekşi hamur içeren bisküvi hamurlarına ait pH değerleri

Bisküvi Grubu	pH değeri
Kontrol	7.63±0.012 ^a
B15T	7.56±0.016 ^{bc}
B25T	7.48±0.007 ^b
B35T	7.34±0.002 ^c
B50T	7.15±0.001 ^d
BEH20	7.20±0.015 ^d
BEH40	6.90±0.096 ^e
BEH60	6.62±0.020 ^f
BEH80	6.46±0.032 ^g

Sonuçlar üç ölçümün ortalamasıdır.

*Farklı harfle gösterilen ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.05$). **TBU**: Tam buğday unu

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

En yüksek pH değeri kontrol grubundaki bisküvilerde ($pH\ 7.63\pm0.012$) görülmekle birlikte, en düşük pH değeri ise ekşi hamur ilaveli (BEH40, BEH60, BEH80) grubundaki bisküvilerde görülmüştür. Ekşi hamur ilavesinin bisküvi hamurlarının pH değerlerini azaltması beklenen bir sonuç olmasına rağmen, %35 ve %50 oranında TBU kullanımı da bisküvi hamurlarının pH değerini kontrole göre önemli derecede azaltmıştır ($p<0.05$).

Bisküvi hamurundaki pH’ın düşük olduğu durumlarda son ürünün iç renginin daha beyaz olduğu ve pH’ın yüksek olduğu durumlarda ise ürünün için renginin daha koyu renkte olduğu bildirilmiştir [19]. Çalışmamızda ürün iç renginin en beyaz olduğu bisküvi grubu BEH80, sahip olduğu 6.46 ± 0.032 pH değeri ile bu sonucu desteklemektedir.

3.2.2 Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri

Bisküvi hamurlarının sahip olduğu reolojik özellikler, son ürünün kalite özelliklerine direkt etki etmekle birlikte, üretim esnasında karşılaşılabilecek sorunlar ve iyileştirmeler hakkında bilgi vermesinden dolayı hamura ait en önemli kontrol kriterlerinden biri olarak kabul edilmektedir [14].

Bisküvi hamurların reolojik analizlerinde, 0.1-10 Hz frekans aralığında, sabit gerinim değerinde (%0.5) dinamik salınım ölçüm testi kullanılmıştır. TBU ve EH ilavesinin, bisküvi hamurlarının G' (depolama modülü), G'' (kayıp modülü), kompleks viskozite (η^*) ve $\tan \delta$ değerleri üzerine etkisi 1 Hz ve 10 Hz olarak seçilen sabit frekanslarda değerlendirilmiştir.

1 Hz ve 10 Hz frekans değerinde elde edilen dinamik salınım ölçüm sonuçları Tablo 3.3'de ve Tablo 3.4'de verilmiştir.

Depolama modülü (G'), materyal tarafından tutulan ve her bir döngüde yeniden kazanılan enerjinin ölçümü olarak tanımlanır ve materyalin elastik özellikleri hakkında fikir verir. Kayıp modülü ise deformasyon sırasında kaybolan enerjinin bir ölçüsüdür ve materyalin viskoz özellikleri hakkında fikir vermektedir [99].

Tablo 3.3 Bisküvilerin Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının 1 Hz frekansta G' , G'' , η^* ve $\tan \delta$ değerleri

	G' (Pa)	G'' (Pa)	η^* (Pa.s)	$\tan \delta$
Kontrol	50200.00±4101.22 ^{bc}	26800.00±2969.85 ^{bc}	9250.00±806.10 ^{bc}	0.533.00±0.02 ^c
B15T	56250.00±636.40 ^b	28950.00±353.55 ^b	10300.00±141.42 ^b	0.515.00±0.00 ^c
B25T	77500.00±4990.66 ^a	41100.00±8768.12 ^a	14300.00±828.43 ^a	0.529.00±0.01 ^c
B35T	83500.00±2303.66 ^a	44100.00±6788.23 ^a	15350.00±333.45 ^a	0.528.00±0.00 ^c
B50T	85450.00±5727.57 ^a	44900.00±2969.85 ^a	15700.00±89.95 ^a	0.525.00±0.00 ^c
BEH20	48650.00±1767.77 ^{bcd}	24900.00±424.26 ^{bcd}	8885.00±134.35 ^{bcd}	0.512.00±0.01 ^c
BEH40	31000.00±989.95 ^e	17100.00±282.84 ^d	5730.00±127.28 ^e	0.552.00±0.01 ^{bc}
BEH60	32900.00±1555.63 ^{de}	19350.00±1626.35 ^{cd}	6210.00±353.55 ^{de}	0.588.00±0.02 ^{ab}
BEH80	36350.00±1909.19 ^{cde}	22500.00±3252.69 ^{bcd}	6955.00±544.47 ^{cde}	0.617.00±0.06 ^a

Aynı sütunda aynı harfler ile belirtilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p>0.05).

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Tablo 3.4 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının 10 Hz frekansta G' , G'' , η^* ve $\tan \delta$ değerleri

	G' (Pa)	G'' (Pa)	η^* (Pa.s)	$\tan \delta$
Kontrol	82450±2616.295 ^c	53000±1131.371 ^{cd}	1625±49.497 ^{cd}	0.643±0.007 ^a
B15T	94300±141.421 ^c	59650±494.975 ^c	1850±0.000 ^c	0.633±0.006 ^a
B25T	126000±19798.990 ^b	80700±13435.029 ^b	2485±388.909 ^b	0.640±0.006 ^a
B35T	134000±11313.708 ^b	86300±7778.175 ^{ab}	2660±254.558 ^a	0.644±0.004 ^a
B50T	155500±6363.961 ^a	97150±8273.149 ^a	2975±261.630 ^{cd}	0.624±0.028 ^a
BEH20	80900±707.107 ^c	51950±494.975 ^{cd}	1600±0.000 ^e	0.642±0.012 ^a
BEH40	57350±1484.924 ^d	36100±424.264 ^e	1145±49.497 ^e	0.630±0.009 ^a
BEH60	56550±70.711 ^d	35950±494.975 ^e	1115±7.071 ^e	0.636±0.008 ^a
BEH80	61950±3889.087 ^d	39500±4384.062 ^{de}	1220±98.995 ^{de}	0.637±0.03 ^a

Aynı sütunda aynı harfler ile belirtilen ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p>0.05$). **Kontrol**: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 50 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Sabit 1 Hz ve 10 Hz frekansta bisküvi hamurlarına ait G' ve G'' değerleri incelendiğinde, hamurların her birine ait G' değeri (depolama modülü), G'' değerinden (kayıp modülü) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Elde edilmiş olan bu sonuç, her bir çeşit bisküvi hamurunun sahip olduğu yapının viskoelastik bir özellikte olduğunu göstermektedir [100]. Artan TBU miktarı, örneklerin depolama ve kayıp modülü değerlerini önemli derecede artırırken ($p<0.05$), depolama ve kayıp modülü arasındaki ilişkiyi ortaya koyan $\tan \delta$ ($\tan \delta = G'/G''$) değerini, 10 Hz frekansta etkilememiştir ($p>0.05$) (Tablo 3.4 ve Şekil 3.6). Bu durum bisküvi formülasyonunda TBU kullanımının, hamurun yapısal özelliklerini değiştirmeyip, viskoelastik özelliklerini etkilemediğini göstermektedir [101]. Laguna vd. [101], $\tan \delta$ değerinin ($\tan \delta = G'/G''$) yüksek frekansta sıfıra yaklaşması durumunda örnekte katı karakterin baskın olduğunu, düşük frekansta 1'e yaklaşması durumunda sıvı karakterin baskın olduğunu bildirmişlerdir. BEH80 örneğinin 1 Hz frekanstaki $\tan \delta$ değeri (Tablo 3.3 ve Şekil 3.5) diğer örneklerle göre önemli derecede yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). Bu durumda, bisküvi formülasyonunda %50 TBU içerecek şekilde ekşi hamur kullanımı (BEH80), bisküvi hamurunun viskoz özelliklerini artırdığı söylenebilir. Bisküvi hamur formülasyonlarına yapılan çeşitli modifikasyonların araştırıldığı bazı çalışmalarda, G' ve G'' bu modifikasyonlardan

etkilendiği fakat $\tan \delta$ değerinin etkilenmediği belirtilmiştir [57]. Bu sonuçlardan farklı olarak, Bravo-Nunez vd. [88]. Bisküvi hamuruna gluten (GP) ve hidrolize gluten proteinlerini (HGP) ilave ettikleri bir çalışmada, artan GP ve HGP miktarlarının $\tan \delta$ değerini artırdığını bildirmişlerdir.

Hamur örneklerinin açısal hız değerlerine karşılık G' , G'' ve η^* değerlerine ait elde edilen veriler Üslü yasa modeliyle modellenmiştir. Modelleme sonucunda örneklere ait kıvam katsayıları (K' , K'' , K^*), akış davranış indeksi (n' , n'' , n^*) ve R^2 değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.5). Modellemelere ait R^2 değerlerinin 0.95-0.99 arasında değiştiği görölmüştür.



Tablo 3.5 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının dinamik reolojik ölçümleri

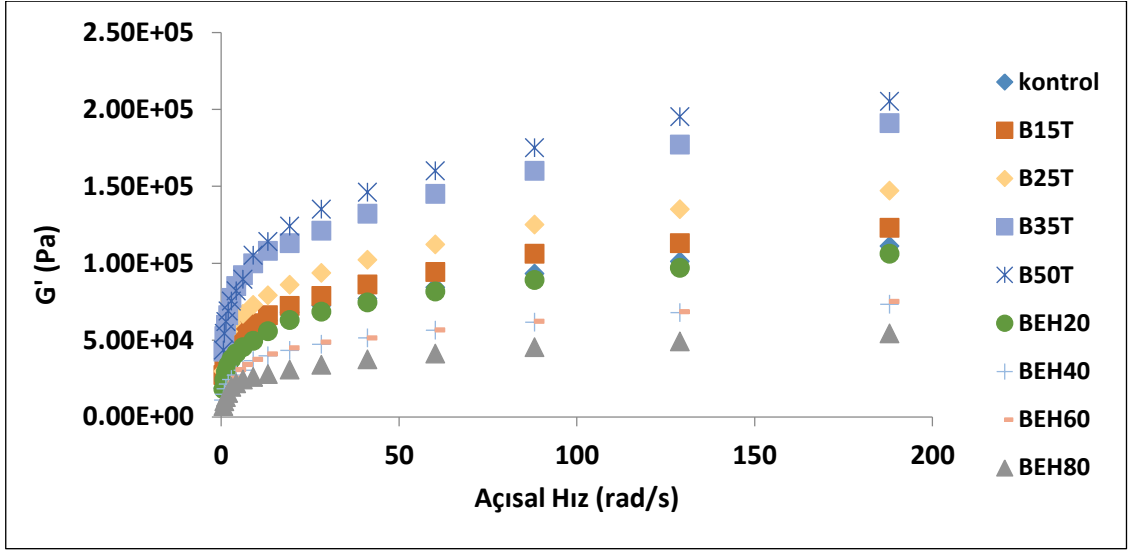
	$G'=K'(\omega)^{n'}$			$G''=K''(\omega)^{n''}$			$\eta^*=K^*(\omega)^{n^*-1}$		
	K' (Pa)	n'	R ²	K'' (Pa)	n''	R ²	K*(Pa.s)	n*	R ²
Kontrol	28899.0±808.9 ^d	0.262±0.0210 ^{bc}	0.975	17325.0±17 ^c	0.2732±0.0126 ^{bc}	0.967	33848.5±654.1 ^{cd}	0.275±0.0042 ^c	0.999
B15T	35191.5±751.7 ^c	0.2491±0.114 ^{bc}	0.984	19247.5±72.8 ^c	0.2741±0.0042 ^{bc}	0.977	39780.0±1121.5 ^c	0.252±0.0014 ^d	0.999
B25T	50807.0±1609.4 ^b	0.2479±0.0016 ^c	0.975	26956.0±3743.4 ^b	0.2666±0.0085 ^{bc}	0.980	54210.0±8107.7 ^b	0.248±0.0014 ^d	0.999
B35T	54201.0±1783.3 ^a	0.2424±0.0011 ^c	0.988	29271.5±3121.9 ^{ab}	0.2600±0.0028 ^{bc}	0.971	59184.5±6820 ^{ab}	0.248±0 ^d	0.999
B50T	55230.5±931.3 ^a	0.2568±0.0037 ^{bc}	0.994	30822.5±781.4 ^a	0.2796±0.0104 ^c	0.968	62924.0±1811.6 ^a	0.236±0.0028 ^e	0.999
BEH20	26245.0±786.3 ^e	0.2727±0.0146 ^b	0.974	16764.5±310.4 ^{cd}	0.2740±0.0025 ^{ab}	0.976	31403.0±625.1 ^d	0.276±0.0042 ^c	0.999
BEH40	16741.5±577.7 ^f	0.3049±0.0042 ^a	0.969	11104.5±249.6 ^e	0.2906±0.0013 ^a	0.992	30836.5±1426.2 ^{de}	0.301±0 ^a	0.999
BEH60	17072.5±473.1 ^f	0.2997±0.0127 ^a	0.953	12149.5±241.1 ^e	0.2698±0.0032 ^{bc}	0.988	21160.5±211.4 ^f	0.288±0.0085 ^b	0.996
BEH80	18374.0±461.0 ^f	0.3037±0.0066 ^a	0.961	13153.0±1073.4 ^{de}	0.2742±0.0069 ^{bc}	0.995	22776.0±1023.9 ^{ef}	0.293±0.0064 ^{ab}	0.997

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 50 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Tablo 3.5 incelendiğinde bisküvi formülasyonuna giren TBU ve EH, örneklerin K' , K'' , K^* , n' , n'' ve n^* değerlerini etkilemiştir ($p<0.05$). Depolama modülüne (G') ait, en yüksek kıvam katsayısı (K'), %35 ve %50 TBU içeren örneklerde görülürken, aynı miktarda TBU içeren ekşi hamurlu bisküvi formülasyonlarında ise azalmıştır ($p<0.05$). Depolama modülüne ait akış davranış indeksi (n') değerleri ise ekşi hamur kullanılan örneklerde diğer örneklerle göre önemli derecede yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). Ekşi hamurlu formülasyonlarda gözlenen bu durum hamur pH'sındaki azalma ile açıklanabilir. %25, %35 ve % 50 oranlarında TBU içerecek şekilde hazırlanan ekşi hamurlu örneklerin pH değerleri sırasıyla 6.90, 6.62 ve 6.46'dır (Tablo 3.3). Benzer şekilde, kayıp modülü (G'') ve kompleks viskoziteye ait kıvam katsayısı (K'' , K^*) değerleri de %35 ve %50 TBU içeren örneklerde en yüksek iken, akış davranış indeksi (n'' , n^*) değerleri, ekşi hamurlu örneklerle göre önemli derecede düşüktür ($p<0.05$).

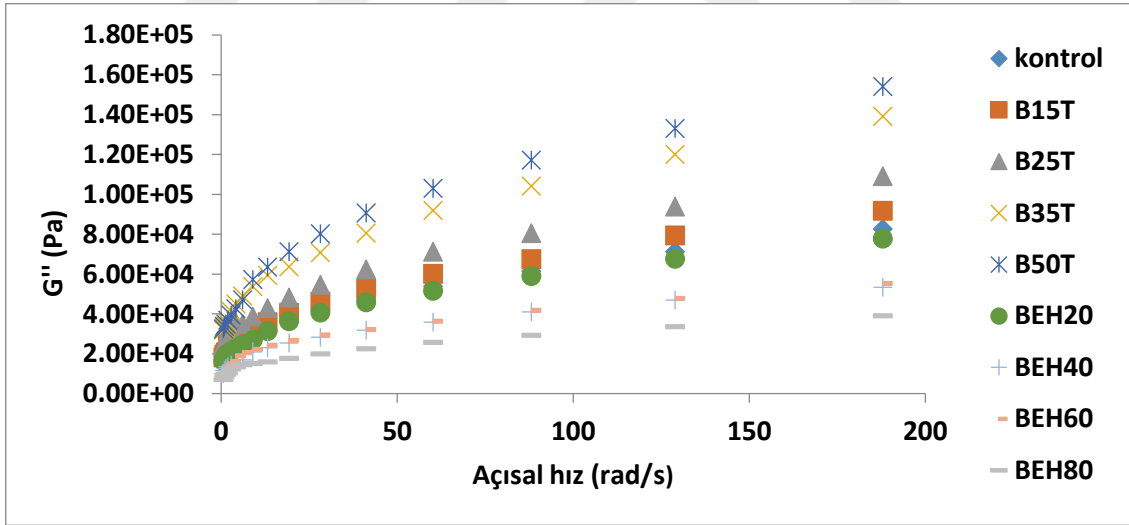
Şekil 3.1 ve 3.2 incelendiğinde ise artan açısal hıza karşılık, G' ve G'' azalarak artış göstermişlerdir. Şekil 3.5'de ise örneklerin n^* değerlerinde artan açısal hıza karşılık azalan bir davranış görülmüştür. Bu durum, viskoelastik akış davranışının tipik bir özelliği olarak açıklanmaktadır [102] [103].

Şekil 3.5 ve 3.6'de farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvi hamurlarının 1 Hz frekansta G' , G'' , η^* ve $\tan \delta$ değerleri Tukey harflendirme metodu ile gösterilmiştir ve farklı harfler ile belirtilen değerler, numunelerin istatistiksel açıdan anlamlı farklılığa sahip olduğunu göstermektedir ($p\leq 0.05$).



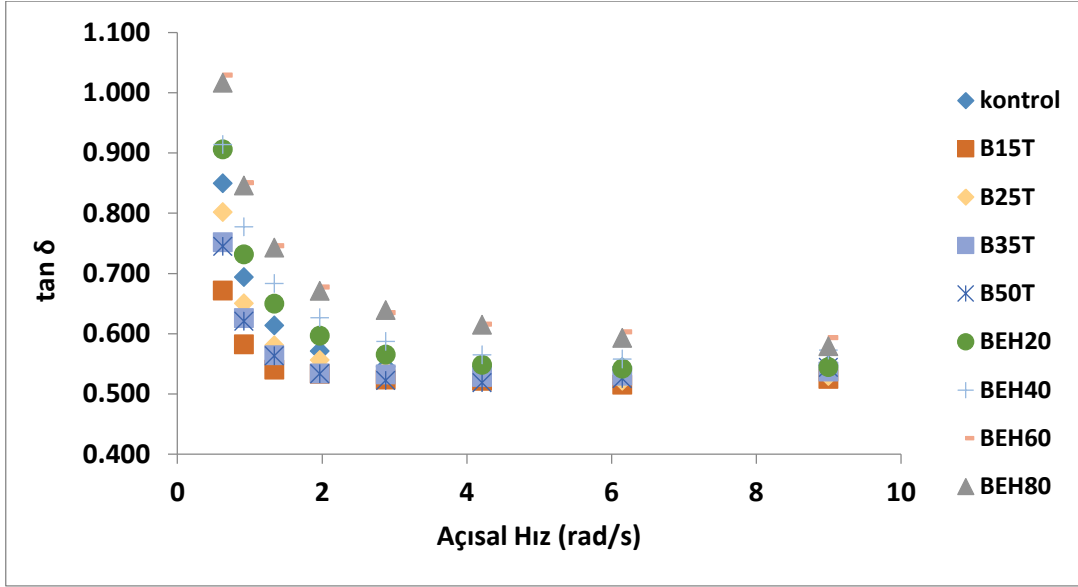
Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.1 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının depolama modülü (G') değerlerinin frekanslara göre değişimi



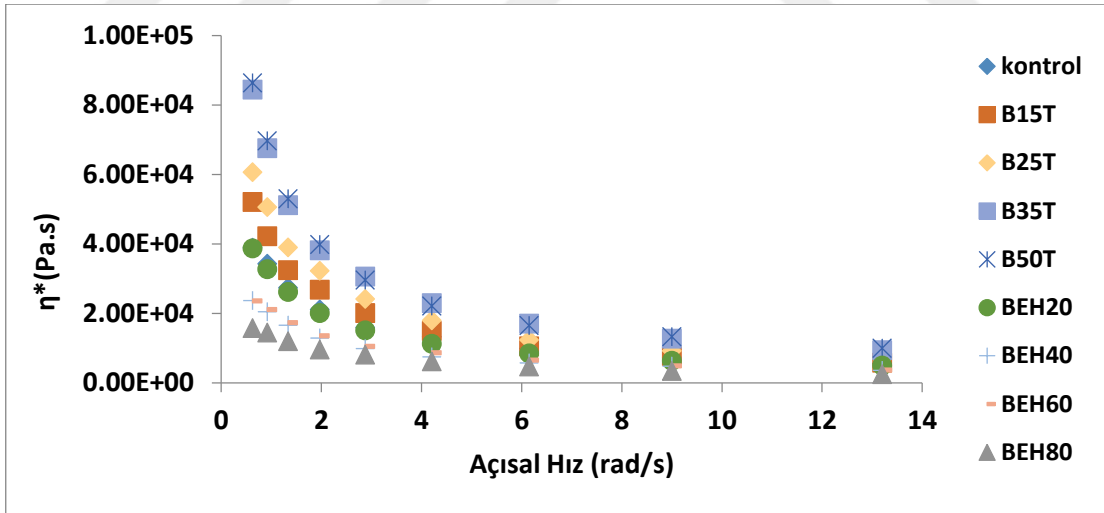
Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.2 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının kayıp modülü (G'') değerlerinin frekanslara göre değişimi



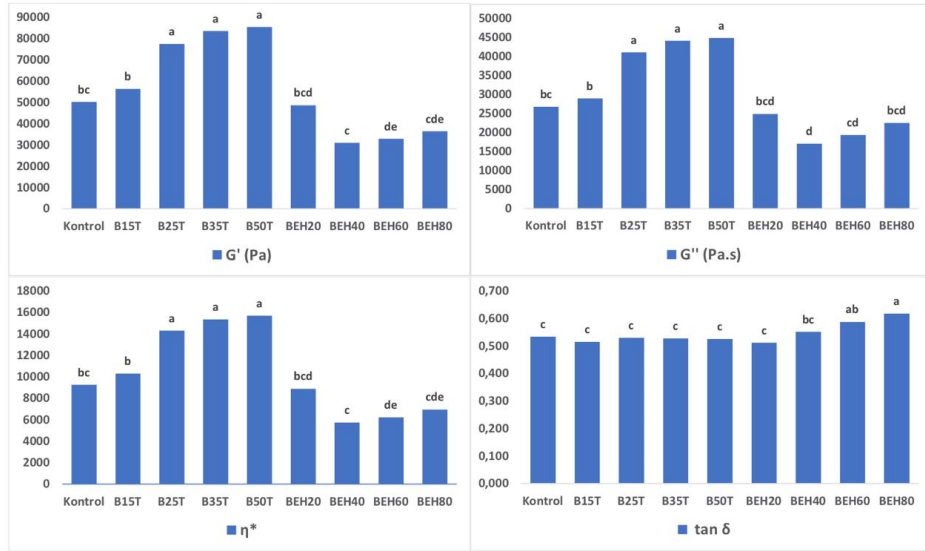
Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.3 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının tan δ değerlerinin frekanslara göre değişimi



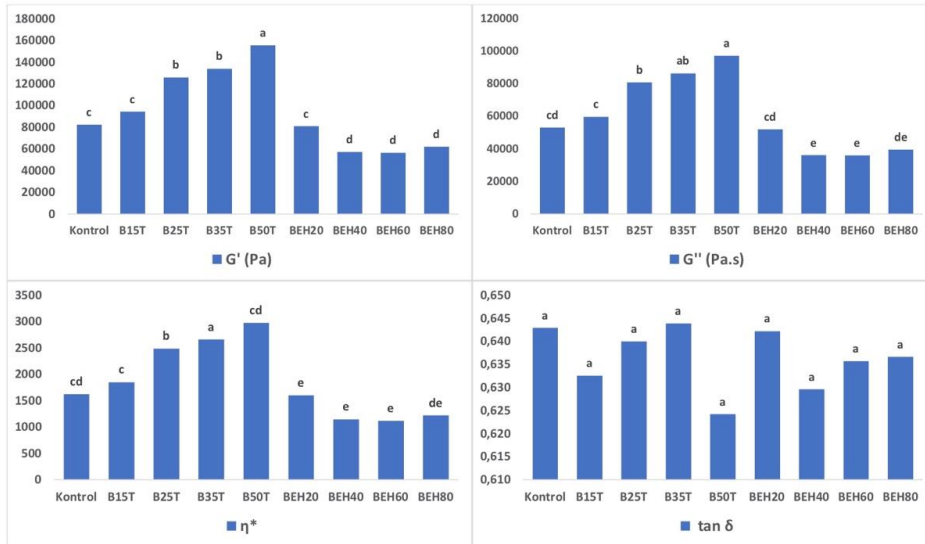
Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.4 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının kompleks viskozite değerlerinin (η^*) frekanslara göre değişimi



Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g

Şekil 3.5 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının 1 Hz frekansta G' , G'' , η^* ve $\tan \delta$ değerleri



Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.6 Farklı oranlarda TBU içeren bisküvi hamurlarının 10 Hz frekansta G' , G'' , η^* ve $\tan \delta$ değerleri

Farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvi hamurları sahip oldukları reolojik özellikler açısından incelendiğinde, TBU oranının artışıyla birlikte G' , G'' ve η^* değerlerinde de artış meydana geldiği görülmektedir. Ekşi hamur ilavesinde ise bu durumun tam tersi yönde olduğu, yani ekşi hamur artışıyla birlikte G' , G'' ve η^* değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu üç parametre istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, kontrol grubu bisküvi hamurunun reolojik özellikleri ile anlamlı olarak farklılık bulunmayan bisküvi hamur grupları B15T ile BEH20 olduğu görülmektedir. Diğer bisküvi gruplarında ortaya çıkan sonuç, formülasyonda TBU ve EH'in artışının hamurun reolojik özelliklerini anlamlı yönde etkilediği yönündedir. $\tan \delta$ modülünün aldığı değerler incelendiğinde ise bisküvi hamuru formülasyonundaki TBU ve EH miktarının $\tan \delta$ değerini anlamlı yönde değiştirmedeği anlaşılmaktadır.

3.3 Bisküvilerin Özellikleri

3.3.1 Bisküvi Örneklerinin Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı

Bisküvilerde çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri, bisküvilerin kalite kriterleri yönünden önemli parametrelerdendir. Kalite kriterlerine göre, bisküvilerin geniş çapta ve yüksek yayılma oranına, aynı zamanda düşük kalınlık değerine sahip olması beklenmektedir [104].

Farklı formülasyonlarla yapılmış olan tam buğday unu ve ekşi hamur ilaveli bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranı Tablo 3.2'de belirtilmiştir. Bisküvi formülasyonunda artan tam buğday unu ile birlikte bisküvilerin çapında azalma meydana gelirken, ekşi hamurun ilavesiyle bisküvilerin çapında artış gözlemlenmiştir. En yüksek çap değeri BEH40 grubu tam buğday unlu ekşi hamur ilaveli bisküvilerde ($6.62 \pm 0.08 \text{ mm}$) görülmekle birlikte, en düşük çap değeri BEH80 grubu tam buğday unlu ekşi hamur ilaveli bisküvilerde ($5.83 \pm 0.08 \text{ mm}$) görülmüştür ($p < 0.05$). Bisküvilerde çap değeri, bisküviye ait kalite özelliklerinin belirlenmesinde göz önüne alınan önemli parametrelerden biridir. Çap değerinin bisküvide büyük olması istenmektedir [104]. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre bisküvilerin çapları $5.83 \pm 0.08 \text{ mm}$ ile $6.62 \pm 0.08 \text{ mm}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 3.6).

Tam buğday unu ilavesinin bisküvi formülasyonunda artışıyla birlikte, bisküvilerin kalınlıklarında artış meydana geldiği gözlemlenmektedir. İstatistiksel olarak önemli etki ise, %40, %60 ve %80 oranında ekşi hamur içeren formülasyonlarda görülmüştür ($p<0.05$). En yüksek kalınlık değeri TBU'lu ekşi hamur içeren BEH80 örneğinde ($9.98\pm0.30\text{mm}$) görülmekle birlikte, en düşük kalınlık değeri kontrol bisküvisinde ($8.50\pm0.07\text{mm}$) tespit edilmiştir (Tablo 3.6).

Tablo 3.6 Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları

Bisküvi Grubu	Çap (cm)	Kalınlık (mm)	Yayılma Oranı
Kontrol	6.34 ± 0.04^{bc}	8.50 ± 0.07^f	0.75 ± 0.01^a
B15T	6.26 ± 0.10^{cd}	8.73 ± 0.07^{ef}	0.72 ± 0.01^{ab}
B25T	6.20 ± 0.08^{de}	8.85 ± 0.24^{de}	0.70 ± 0.02^{bc}
B35T	6.17 ± 0.08^{de}	9.03 ± 0.10^d	0.68 ± 0.01^{cd}
B50T	6.14 ± 0.11^e	9.11 ± 0.10^{cd}	0.67 ± 0.01^d
BEH20	6.21 ± 0.10^{de}	9.02 ± 0.12^d	0.69 ± 0.01^d
BEH40	6.62 ± 0.08^a	9.35 ± 0.11^{bc}	0.71 ± 0.01^{cd}
BEH60	6.39 ± 0.09^b	9.58 ± 0.42^b	0.67 ± 0.03^{cd}
BEH80	5.83 ± 0.08^f	9.98 ± 0.30^a	0.58 ± 0.02^e

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır. ($p<0.05$) **Kontrol:** Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Bisküvilerin yayılma oranları $0.58\pm0,02$ ile $0.75\pm0,01$ arasında değişmektedir. Kontrol bisküvisi 0.75 ile en fazla yayılma oranına sahipken, en yüksek ekşi hamur ilaveli bisküvi örneği (BEH80), $0.58\pm0,02$ ile en az yayılma oranına sahiptir ($p<0.05$). Tam buğday unu ilavesinin bisküvi formülasyonunda artışıyla birlikte, yayılma oranında azalmanın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Formülasyonda

%35 oranında TBU içerecek şekilde hazırlanan ekşi hamur ilavesinin (BEH40), yayılma oranında bir miktar artışa sebep olduğu, fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bisküvilerdeki yayılma oranı $0.75\pm0,01$ olarak ölçülmüştür. Kontrol bisküvisine en yakın yayılma oranının ise $0.72\pm0,01$ yayılma oranına sahip olan B15T grubu bisküvilere ait olduğu gözlemlenmiştir. Demir [87], farklı oranlarda tam buğday ununu (%0, %20, %40, %60, %80%, %100) bisküvi formülasyonuna ilave ettiği çalışmada, %20 oranında TBU ilavesinin bisküvi yayılma oranını önemli derece etkilemediğini, diğer ilave miktarlarında ise (%40, %60, %80%, %100) yayılma oranlarının kontrole göre azaldığını tespit etmiştir. Bununla birlikte artan TBU miktarının (%40-%100), bisküvi yayılma oranını önemli derecede etkilemediğini tespit etmiştir.

Levent [104], farklı lif kaynaklarını ve buğday kepeğini kullandığı bisküvi çalışmasında lif oranlarında artışa gidildiğinde yayılma oranının azaldığını bildirmiştir. Benzer şekilde bu çalışmada da TBU miktarı arttıkça, yayılma oranının azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 3.6).

Farklı oranlarda buğday kepeği ilave edilerek hazırlanan bisküvilerde yaptıkları çalışmada, formülasyondaki buğday kepeğinin artışına bağlı olarak bisküvi örneklerinin yayılma oranlarının azaldığı bildirilmiştir [105]. Yapılan bu çalışmada da, literatürde yapılan benzer çalışmalara bisküvi yayılma oranı açısından paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Souza ve Kweon [106], tel-keski yöntemiyle üretilen bisküvilerde, genişliğin 62,9-66 mm arasında ve kalınlığın ise 8,4 mm'den daha küçük olması durumunda tüketiciler tarafından kabul edildiğini bildirmişlerdir. Çalışmada üretilen bisküvilerden, BEH80 dışındaki tüm bisküvilerin çap değeri açısından bu kriterleri sağladığı, kalınlık değeri açısından ise sağlamadığı görülmüştür.

Yıldız, yaptığı çalışmasında, bisküvi üretiminde kullanılan badem ununun oranı arttıkça, bisküvi çapının azalırken, kalınlığının arttığını, buna paralel olarak da yayılma oranının önemli düzeyde azaldığını tespit etmiştir [112]. Bu veriler değerlendirildiğinde, badem ununun içerdiği yüksek diyet lif ve protein içeriğinin bisküvi çap, kalınlık ve yayılma oranını etkilediği sonucuna varılmıştır [112]. Bu çalışmadan yola çıkarak, bisküvilerde kullanılan tam buğday ununun sahip olduğu

yüksek protein ve lif içeriğinin bisküvinin çap, kalınlık ve yayılma oranını etkilediği söylenebilir.

3.3.2 Bisküvi Örneklerinin Renk Değerleri

Fırıncılık ürünlerinde renk, nihai tüketiciler tarafından ürünün kabul edilebilirliğini etkileyen önemli parametrelerden bir tanesidir. Bisküvilerde renk, pişirme sırasında oluşan karamelizasyon ve maillard reaksiyonlarının sonucuyla ortaya çıkmaktadır [107]. Renk oluşumunda, kullanılan un ve nişasta içeriği, pişme esnasında gerçekleşen Maillard Reaksiyonuna etki ettiğinden, son ürün renginde de önemli ölçüde etkilidir [96].

Tam buğday unu ve ekşi hamur ilavesi ile üretilen bisküvilerin sahip olduğu renk özellikleri Tablo 3.7 'de verilmiştir. Bisküvilere ait fotoğraflar ise Ek 3.1'de görülmektedir. %25, %35 ve %50 oranında TBU kullanımı bisküvilerin L*(parlaklık) değerini kontrole göre önemli derecede azaltırken, formülasyonda TBU'lu ekşi hamur kullanımının L* değerini artırdığı görülmüştür ($p<0.05$). Formülasyonda TBU miktarının artmasıyla bisküvilerde a* (kırmızılık) değerinin kontrole göre arttığı tespit edilmiştir. Fakat TBU'lu ekşi hamur ilaveli bisküvilerde ise, böyle bir duruma rastlanmamıştır. Yüksek oranda TBU'lu ekşi hamur içeren BEH80 örneği, en düşük a* değerine ($3,69\pm0,11$) sahiptir. TBU'nun formülasyonda %15 oranında kullanımı (B15T) bisküvinin a* değerinin kontrol bisküvisine göre önemli ölçüde arttırdığı gözlemlenirken, formülasyonda aynı oranda TBU içerecek şekilde ekşi hamur kullanılan bisküvinin (BEH20), a* değerini kontrole göre etkilenmediği görülmektedir ($p>0.05$).

Demir [87], farklı oranlarda tam buğday ununu %0, %20, %40, %60, %80, %100 bisküvi formülasyonuna ilave ettiği çalışmada, bisküvilik buğday ununun tam buğday unu ile ikamesinde, formülasyondaki tam buğday oranı arttıkça L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerlerinin azaldığını, a* (kırmızılık) değerinin ise arttığını bildirmiştir. Bu sonucun, çalışmamızda elde ettiğimiz sonuç ile paralel olduğu görülmektedir.

Tablo 3.7 Bisküvilerin renk değerleri (L*, a*, b*)

Örnek	L*	a*	b*
Kontrol	62.66±0.48 ^b	5.58±0.36 ^d	31.12±0.89 ^a
B15T	61.89±0.51 ^b	7.77±0.34 ^b	30.10±0.64 ^{ab}
B25T	60.46±1.04 ^c	6.49±0.05 ^c	29.50±1.03 ^b
B35T	56.13±0.86 ^d	8.39±0.27 ^a	29.19±0.43 ^b
B50T	55.29±0.11 ^d	8.72±0.40 ^a	29.02±0.20 ^b
BEH20	65.44±0.47 ^a	5.30±0.08 ^d	28.93±0.79 ^b
BEH40	61.74±0.16 ^{bc}	7.52±0.30 ^b	31.30±0.53 ^a
BEH60	65.99±1.73 ^a	5.42±0.28 ^d	29.02±1.01 ^b
BEH80	66.52±0.63 ^a	3.69±0.11 ^e	26.19±0.30 ^c

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır. (p<0.05) **Kontrol:** Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Bisküvi hamurunun pH değerinin bisküvi rengiyle ilişkilendiren çalışmalar yapılmıştır [19]. Bisküvi hamurundaki pH'ın düşük olduğu durumlarda son ürünün iç renginin daha beyaz olduğu ve pH'ın yüksek olduğu durumlarda ise ürünün içinde daha koyu renk oluşumu gözlenmiştir [19]. Çalışmamızda en düşük pH değerine sahip olan BEH80 bisküvi grubunun, en düşük b* (sarılık) değerine sahip olması (26.19±0.30), bu sonuç ile paralellik göstermektedir.

3.3.3 Bisküvi Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Tekstür, hem bisküvilerin kalite özelliklerinin değerlendirilmesinde, hem de nihai tüketicilerin ürünü tercih etmesinde fazlasıyla önemli bir parametredir. “Üç nokta kırılma testi”, bisküvilerin tekstürel özelliklerinin analiz edilmesinde en çok kullanılan testlerden biridir [109].

Tam buğday unu ve ekşi hamur ilavesi ile üretilen bisküvilerin tekstürel özellikleri Tablo 3.8’de verilmiştir. Bisküvilere ait sertlik değerleri incelendiğinde, en yüksek sertlik değerinin B50T örneğine (33,06±0,36 N) ait olduğu görülmektedir. Kontrol grubu bisküvilere ait sertlik değerine (24,8 ± 0,92 N) istatistiksel açıdan en yakın bisküvi grubunun BEH20 (25,65±0,35N), BEH40(24,14±1,10N) ve BEH60

(21,16±1,83N) olduğu tespit edilmiştir. TBU miktarının artması ile bisküvilerin sertlik değeri önemli derecede artmıştır (p<0.05).

Bisküvi formülasyonuna TBU'nun direkt olarak katılmasından ziyade TBU ile hazırlanan EH olarak katılması, bisküvilerin sertlik değerini azaltmıştır (p<0.05) ve kontrol bisküvisine yakın sertlik değerleri elde edilmiştir (Tablo 3.8). Bir başka ifadeyle bisküvi hamuruna ekşi hamur ilavesinin, tam buğday unu ikamesinin sebep olduğu bisküvideki sertliğin azalmasına ve kontrol grubu 100% buğday unu içeren bisküvilere daha yakın sertliğe sahip olmasına destek olduğu söylenebilir.

Tablo 3.8 Farklı oranlarda TBU ve ekşi hamur içeren bisküvilerin tekstürel özellikleri

Bisküvi Grubu	Sertlik Değeri (N)
Kontrol	24.8 ± 0.92 ^c
B15T	30.02±0.50 ^b
B25T	30.59±0.42 ^b
B35T	31.05±0.29 ^b
B50T	33.06±0.36 ^a
BEH20	25.65±0.35 ^c
BEH40	24.14±1.10 ^c
BEH60	21.16±1.83 ^d
BEH80	24.85±1.09 ^c

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır. (p<0.05) **Kontrol:** Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

** TBU: Tam buğday unu

***BEH: Tam buğday unlu ekşi hamur

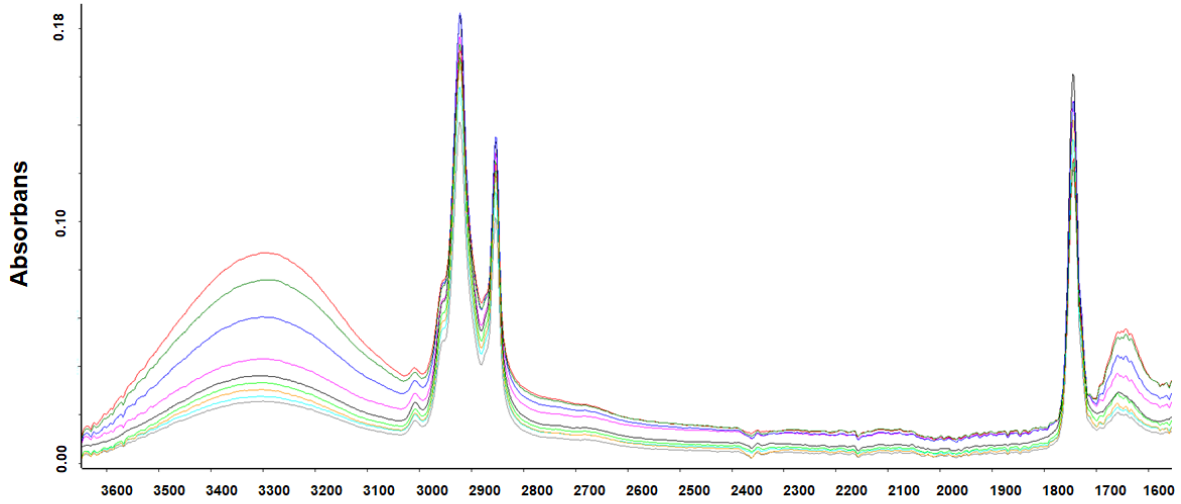
Demir, tam buğday ununu bisküvide kullandığı bir çalışmada, artan tam buğday unu miktarı ile bisküvilerin sertlik değerini önemli derecede artırdığını bildirmiştir [87]. Bu sonuç, çalışmamızda formülasyonda direkt olarak TBU kullanılarak üretilen bisküvilerin sertlik değerlerindeki sonucu desteklemektedir.

Sudha vd. tarafından yapılan, farklı tahılların buğday unu ve bisküvi kalitesi üzerindeki reolojik özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 20% oranında buğday, pirinç, yulaf ve arpa kepekleri ilave edilmiş bisküvilerin, kepek ilave edilmeyen bisküvilere kıyasla sertlik değerlerinin sırasıyla %14.7, 31.6%, 3.6% ve 28.7% oranlarında arttığı belirtilmiştir [4]. Çalışmamızda TBU'nun bisküvi formülasyonuna direkt katılmasıyla artış gösteren sertlik değerleri, bu sonuçları desteklemektedir.

3.3.4 Bisküvi Örneklerinin FT-IR Spektroskopisi

FT-IR Spektroskopisi, çeşitli gıda örneklerindeki fonksiyonel grupların çalışılmasında da kullanılan bir tekniktir. Nişasta retrogradasyonun belirlenmesinde kullanılması, fırıncılık ürünlerinde de kullanımını yaygınlaştırmıştır. FT-IR spektrumları, formülasyondaki bileşenlere yapılan çeşitli modifikasyonların ve son ürünlerdeki etkilerinin görülmesini sağlamaktadır. Şekil 3.9, çalışmada üretilen tüm bisküvi formülasyonlarına ait 3600 - 1600 cm^{-1} dalgaboyu arasında elde edilen FT-IR spektrumlarını göstermektedir. Bu aralıktaki spektrumlar incelendiğinde, 3600- 3000 cm^{-1} dalgaboyu aralığı ile 1700-1600 cm^{-1} dalgaboyu aralığında formülasyonlara ait net bir ayırım görülmüştür.

3328 - 3284 cm^{-1} aralığındaki pikler, O-H bağı gerilmesi ile ilişkilendirilmektedir. O-H bağı absorpsiyonundaki değişiklik, formülasyondaki fonksiyonel grupların artması ve daha iyi lipofilik ve hidrofilik özelliklere sahip olması ile açıklanmaktadır [110]. TBU'lu ekşi hamurlu formülasyonla hazırlanan bisküvilerin, O-H bağı gerilme piklerinin diğer örneklerle göre daha yüksek absorbansa sahip oldukları görülmüştür (Şekil 3.9).



Yukarıdan aşağıya:

Kırmızı; BEH60, **Yeşil;** BEH80, **Koyu Mavi;** BEH40, **Pembe;** B50T, **Siyah;** Kontrol, **Açık Yeşil;** B35T, **Turuncu;** BEH20, **Turkuaz;** B25T, **Gri;** B15T

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T :** Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T :** Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T :** Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T :** Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20 :** TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40 :** TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60 :** TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80 :** TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

Şekil 3.7 Farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvilere ait 3600- 1600 cm⁻¹ dalgaboyu arasında elde edilen FT-IR spektrumları

Fermente edilmiş bir bileşenin formülasyona katılmasıyla görülen bu farklılık, Adebıy vd. [92]'nin yapmış oldukları çalışmanın sonuçlarına benzerdir. Fermantasyon işleminin hint darısı ununun ve bisküvilerinin fizikokimyasal özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada, fermente edilen unlarda fermente edilmeyenlere göre ve bu unlardan üretilen bisküvilerde de, bu dalga boyu aralığında (3328- 3284) daha yüksek absorbans değerleri tespit etmişlerdir. Sun vd.[110], Fermantasyonla üretilen alkolün spektrumlardaki bu farklılığa sebep olabileceğini açıklamışlardır. 1653-1648 cm⁻¹ aralığı Amid-I bağı ile ilişkilendirilmektedir. Bu dalga boyu aralığında da ekşi hamurlu bisküvi örnekleri ile diğer örnekler arasındaki ayırım net bir şekilde görülmektedir (Şekil 3.7). Amid-I'deki güçlü pik ise fermente edilen örneklerdeki protein birikimi ile açıklanmaktadır [111]. Bu durumda, TBU'lu ekşi hamurun bisküvi formülasyonuna girmesi ile örneklerdeki protein miktarının arttığı söylenebilir.

3.3.5 Bisküvi Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Bisküviler, duyusal analize tabi tutulmadan önce sahip oldukları pH değerleri, reolojik, fiziksel ve tekstürel analiz sonuçları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, BEH60 ve BEH80 grubu bisküvi numuneleri, kontrol grubu bisküvilere kıyasla en az yayılma oranına sahip, en yüksek kalınlığa sahip, bununla birlikte renk değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan farklılık gösterecek şekilde olması, B35T, B50T, BEH60 ve BEH80 bisküvi örneklerinin duyusal değerlendirmeye tabi tutulmamasına sebep olmuştur. Sonuç itibarıyla kontrol bisküvisi ile birlikte B15T, B25T, BEH20 ve BEH40 bisküvilerinin duyusal analizleri yapılmıştır.

Bisküvilere ait duyusal değerlendirme sonuçları Tablo 3.9 ve Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Elde edilen duyusal analiz sonuçlarına göre, kontrol bisküvisinin tüm duyusal parametreler açısından en yüksek skoru aldığı görülmüştür ($p<0.05$). Sonuçlar tat parametresi açısından değerlendirildiğinde BEH40 örneği dışındaki diğer örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca kontrol grubu bisküvilere en yakın değerlerin B15T ve BEH20 numunelerinin aldığı görülmektedir. Renk, görünüm ve gevreklik parametresi için de duyusal analiz sonuçları benzer şekilde alınmıştır. Duyusal analiz sonuçları genel beğeni açısından değerlendirildiğinde ise, kontrol, B15T ve BEH20 örnekleri en yüksek puanları alırken, B25T ve BEH40 örneği en düşük puanları almıştır. Genel olarak, ürünün içerisinde tam buğday unu ve ekşi hamur oranı arttıkça ürünün genel beğenisinde azalma meydana geldiği söylenebilir.

Formülasyonda direkt olarak %15 TBU kullanımı (B15T) ve ekşi hamurlu olarak TBU kullanımı (BEH20) bisküvilerin koku özelliğini olumsuz yönde etkilemiştir. Fakat tat, görünüm ve gevreklik açısından önemli bir etki görülmemiştir ($p>0.05$). Formülasyonda %15 oranında TBU içeren ekşi hamurlu örnek (BEH20), direkt olarak %15 TBU kullanılan örneğe kıyasla (B15T), genel beğeni değerini artırmıştır ($p<0.05$).

Demir, tam buğday ununun bisküvi hamurunda kullanılması ile ilgili yaptığı çalışmada, tam buğday unu kullanımının duyusal parametreler açısından olumsuz bir etkiye sahip olmadığı, hatta % 60’nın üzerinde kullanımının tat, renk,

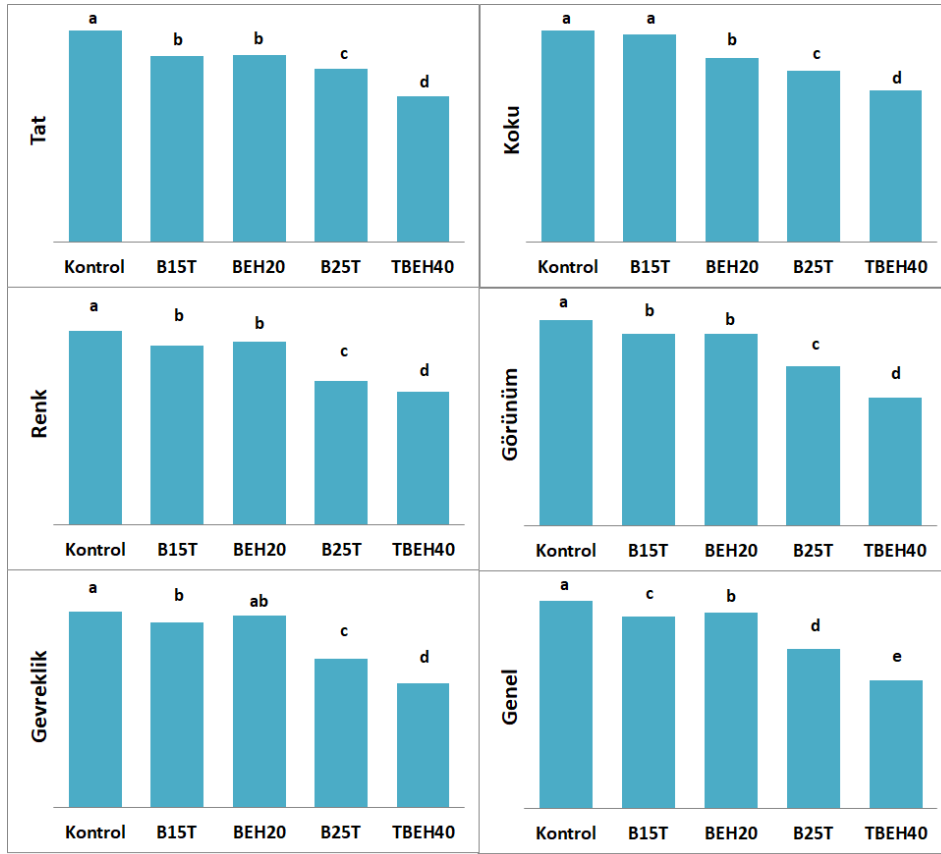
genel beğeni değerlerini arttırdığı ve daha beğenilir hale getirdiğini bildirmiştir [87]. Bu çalışmada ise, düşük oranda TBU'nun formülasyona ilave edilmesinin duyusal açıdan kabul edilebilir olduğu, artan TBU oranının duyusal parametreleri olumsuz etkilediği sonucuna varılmıştır.

Tablo 3.9 Farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvilerin duyusal özellikleri

Duyusal Özellikler	Kontrol	B15T	BEH20	B25T	BEH40
Tat	7,57±1,11 ^a	6,64±1,55 ^b	6,70±1,55 ^b	6,21±0,81 ^c	5,21±1,68 ^d
Koku	7,57±1,13 ^a	7,43±1,22 ^a	6,57±1,12 ^b	6,14±1,07 ^c	5,43±1,81 ^d
Renk	7,79±1,07 ^a	7,21±1,07 ^b	7,36±0,94 ^b	5,79±1,87 ^c	5,36±1,57 ^d
Görünüm	8,29±0,76 ^a	7,71±0,76 ^b	7,71±0,76 ^b	6,43±1,13 ^c	5,14±1,32 ^d
Gevreklik	7,86±0,69 ^a	7,43±1,27 ^b	7,71±0,76 ^{ab}	6,00±1,15 ^c	5,00±1,29 ^d
Genel	7,43±1,18 ^a	6,86±0,90 ^c	7,00±1,29 ^b	5,71±0,95 ^d	4,57±1,13 ^e

Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T** : Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T** : Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T** : Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20** : TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40** : TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60** : TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80** : TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır (p<0.05).



Kontrol: Un karışımında ağırlıkça % 0 TBU içeren bisküvi, **B15T :** Un karışımında ağırlıkça % 15 TBU içeren bisküvi, **B25T :** Un karışımında ağırlıkça % 25 TBU içeren bisküvi, **B35T :** Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **B50T :** Un karışımında ağırlıkça % 35 TBU içeren bisküvi, **BEH20 :** TBU ekşi hamurundan 20 g içeren bisküvi, **BEH40 :** TBU ekşi hamurundan 40 g içeren bisküvi, **BEH60 :** TBU ekşi hamurundan 60 g içeren bisküvi, **BEH80 :** TBU ekşi hamurundan 80 g içeren bisküvi

*1:Berbat; 2:Çok Kötü; 3:Kötü; 4:Fena Değil/Yeterli Değil; 5: Ne Beğendim Ne Beğenmedim; 6:Kabul Edilebilir; 7:İyi; 8:Çok İyi; 9:Mükemmel

**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır (p<0.05).

Şekil 3.8 Farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvi hamurlarının duyuusal özellikleri

Bisküvi hamuru formülasyonuna tam buğday ununun direkt olarak ilave edilmesiyle karşılaşılan bazı fiziksel kalite problemlerinin, tam buğday ununun ekşi hamur olarak ilave edilmesiyle azaltılmasının hedeflendiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1- Bisküvi hamurlarının pH değerleri incelendiğinde, tam buğday unu artışı ile birlikte pH değerinin azaldığı, bununla birlikte ekşi hamur ilavesinin de pH değerinin düşmesine sebep olduğu görülmüştür. Hamur pH değerinin düşük olması, bisküvi son ürünün L* (parlaklık) değerinin daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Bu durumda, tam buğday unundan kaynaklanan renk koyuluğunun tüketicide oluşturduğu olumsuz algıyı bertaraf edebilmek için, tam buğday ununun formülasyona ekşi hamur olarak ilave edilebileceği sonucuna varılmıştır.

2- Dinamik salınım ölçüm analizleri, farklı oranlarda TBU ve EH içeren bisküvi hamurlarında yapılmış olan dinamik salınım ölçümleri 0.10-10 Hz açısal hız aralığında ve sabit gerinim değerinde (%0.5) hamurların davranışları incelenerek yapılmıştır. Bu analizler sonucu elde edilen değerler incelendiğinde, her bir bisküvi grubuna ait hamurların G' değerinin, G'' değerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum göstermektedir ki, TBU ve EH ile hazırlanmış hamurlar, kontrol grubu bisküvi hamurlarının sahip olduğu viskoelastik yapıyı kısmen korumakta ve kaybetmemektedir. Kontrol bisküvi hamuruna en yakın reolojik özelliklere sahip ve istatistiksel açıdan benzerlikler taşıyan bisküviler, 15% tam buğday unu içeren B15T ve BEH20 grubu bisküviler olmaktadır.

3- Tam buğday unu ilavesi, bisküvilerde yayılma oranını azaltırken, tam buğday ununun ekşi hamura ilave edilip bisküvi formülasyonunda kullanılması ile bisküvilerin yayılma oranında artış görülmüştür. %15 tam buğday unu ilaveli bisküvinin yayılma oranının kontrol grubu bisküviler ile istatistiksel açıdan benzerlik gösterdiği görülmekteyken, ekşi hamur ilavesinin sebep olduğu kalınlık artışından dolayı yayılma oranının kısmen etkilendiği de çıkan sonuçlar arasında yer almaktadır. Bisküvilerde yayılma oranının yüksek olması istenildiği

durumlarda tam buğday ununun formülasyona ekşi hamurla ilave edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

4- Renk analizleri göz önüne alındığında, istatistiksel olarak değerlendirilen sonuçlara göre kontrol grubu bisküvilere en yakın bisküvi %15 oranında tam buğday unu içerecek şekilde hazırlanan ekşi hamur ilaveli bisküvi (BEH20) olduğu görülmüştür.

5- Bisküvilerin sahip oldukları sertlik değerleri incelendiğinde, tam buğday unu oranının artmasıyla birlikte sertlik değerlerinde de artışın meydana geldiği görülmektedir. Ekşi hamur ilavesinin tam buğday unu oranının artışından kaynaklanan sertliğin azaltılmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

6- Bisküvilerin FT-IR spektroskopi sonuçlarına bakıldığında tam buğday unlu ekşi hamurla hazırlanan bisküvilerin O-H bağı gerilme piklerinin diğer örneklerle göre daha yüksek absorbansa sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre tam buğday unu ile hazırlanan ekşi hamurun bisküvi formülasyonuna ilave edilmesinin örneklerdeki protein miktarının arttığı söylenebilir.

7- Bisküviler duyusal analiz sonuçlarına göre incelendiğinde, en yüksek beğeni puanını kontrol grubu bisküviler ile birlikte ve formülasyonda %15 TBU içeren ekşi hamur ilaveli bisküvi grubunun aldığı görülmektedir. Formülasyondaki ekşi hamur oranı arttıkça, bisküvi örneklerinin duyusal açıdan kabul edilebilirliğinin azaldığı gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Özellikle %15 TBU içeren ekşi hamur ilaveli formülasyonda (BEH20), buğday ununun ekşi hamur içersindeki tam buğday unu ile ikame edilmesinin sağlanması, ekşi hamur ilave edilmeyen TBU bisküviye nazaran daha az sertlik değerine sahip olmasının da etkisiyle genel beğeni değerini artırmıştır ($p < 0.05$). Tam buğday unu ilaveli ekşi hamur oranının 15% üzerindeki artışı ile ürünün genel duyusal değerlendirmede beğeni oranının önemli düzeyde azaldığı görülmektedir ($p > 0.05$).

Ekşi hamur Fermantasyonunun bisküvi üretiminde kullanımının, buğday ununu 15% oranında ikame etmesinin ürünün duyusal, fiziksel ve reolojik açıdan mümkün olduğunu, daha yüksek oranda kullanımının başta sertlik ve ürün kalınlığı olmak üzere, reolojik açıdan da hamurun viskoelastik yapısını olumsuz

etkileyebileceği gibi, duyusal açıdan da ürünün kabul edilebilirliğini azaltabileceği görülmektedir. Aynı zamanda, tam buğday ununun bisküvide sebep olduğu sertlik artışının, tam buğday ununu ekşi hamur Fermantasyonu ile bisküvi formülasyonuna eklenerek bu sertlik değerinin azaltılmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.



Kaynakça

- [1] Collar, C. (2008). Novel high-fibre and whole grain breads. *In Technology of functional cereal products* (pp. 184-214). Woodhead Publishing.
- [2] Elgün, A., & Demir, M. K. (2008). Tam buğday unu ve fonksiyonel özellikleri. *Türkiye*, 10, 21-23.
- [3] Slavin, J. L. (2000). Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup3), 300S-307S.
- [4] Sudha, M. L., Vetrmani, R., & Leelavathi, K. (2007). Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food chemistry*, 100(4), 1365-1370.
- [5] Beğen, F. (2012). *Yüksek lif içerikli bisküvi üretiminde lüpen (Lupinus albus L.) kepeği kullanımı üzerine bir araştırma* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [6] Gaines, C. S., & Donelson, J. R. (1985). Evaluating cookie spread potential of whole wheat flours from soft wheat cultivars. *Cereal Chem*, 62(2), 134-136.
- [7] Gocmen, D., Sahan, Y., Yildiz, E., Coskun, M., & Aroufai, İ. A. Use of coffee silverskin to improve the functional properties of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 1-10.
- [8] Whitely, P. R. (2012). *Biscuit manufacture: fundamentals of in-line production*. Springer Science & Business Media.
- [9] Baltsavias, A., Jurgens, A., & Van Vliet, T. (1997). Rheological properties of short doughs at small deformation. *Journal of Cereal Science*, 26(3), 289-300.
- [10] Gündoğdu, H. (1997). Bisküvi sanayisinde kullanılan unun özellikleri ve temin edilmesinde yaşanan problemler. 2. *Un-Bulgur Bisküvi Semp.*, Karaman, 195-196.
- [11] Baltsavias, A., Jurgens, A., & Van Vliet, T. (1997). Rheological properties of short doughs at small deformation. *Journal of Cereal Science*, 26(3), 289-300.
- [12] Delcour, J. A., & Hosney, R. C. (2010). Principles of cereal science and technology, AACC International. *Inc., St. Paul, MN, USA*, 229-235.
- [13] Indrani, D., & Rao, G. V. (2008). Functions of ingredients in the baking of sweet goods. *Food engineering aspects of baking sweet goods*, 31-47.
- [14] Mamat, H., Hardan, M. O. A., & Hill, S. E. (2010). Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121(4), 1029-1038.
- [15] Manohar, R. S., & Rao, P. H. (1999). 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(10), 1223-1231.
- [16] Manohar, R. S., & Rao, P. H. (1999). 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(10), 1223-1231.
- [17] Öztürk, S. (1998). Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddeler ve özellikleri. *Un Mamulleri Dünyası*, 7(2), 76-78.

- [18] Draman, H., 1999, Trakya Bölge'sinde üretilmiş bisküvilerin kalite nitelikleri üzerine bir çalışma, Gıda Dergisi, 53-59
- [19] Taş, E. (2011). *Bisküvi üretiminde bazı kabartıcı kombinasyonlarının bisküvinin kalitatif özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [20] Karababa, E., & Ozan, A. N. (1995). Çeşit ve çevrenin bisküvi kalitesi üzerine etkisi. *Un Mamülleri Dünyası*, 1, 26-35.
- [21] Fustier, P., Castaigne, F., Turgeon, S. L., & Biliaderis, C. G. (2007). Semi-sweet biscuit making potential of soft wheat flour patent, middle-cut and clear mill streams made with native and reconstituted flours. *Journal of cereal science*, 46(2), 119-131.
- [22] Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35(1), 23-42.
- [23] Kissell, L. T., Pomeranz, Y., & Yamazaki, W. T. (1971). Effects of flour lipids on cookie quality. *Cereal chemistry*.
- [24] HadiNezhad, M., & Butler, F. (2009). Effect of flour type and dough rheological properties on cookie spread measured dynamically during baking. *Journal of cereal science*, 49(2), 178-183.
- [25] Elgün, A., & Ertugay, Z. (1995). Tahıl İşleme Teknolojisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, (718), 411.
- [26] Daglioglu, O., & Tuncel, B. (1999). Macro and micro mineral contents of Turkish bread types. *Food/Nahrung*, 43(1), 61-62.).
- [27] Akbaş, Ö. (2010). *Farklı kepek fraksiyonlarından hazırlanan un paçallarının değişik depolama koşullarında hamur ve ekmek özelliklerine etkisi* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [28] Ranhotra, G. S., Gelroth, J. A., & Astroth, K. (1990). Total and soluble fiber in selected bakery and other cereal products. *Cereal chemistry*, 67(5), 499-501.
- [29] Truswell, A. S. (2002). Cereal grains and coronary heart disease. *European journal of clinical nutrition*, 56(1), 1.
- [30] Šebečić, B., & Vedrına-Dragojevic, I. (2004). Wheat flour confectionery products as a source of inorganic nutrients: Zinc and copper contents in hard biscuits. *Food/Nahrung*, 48(2), 141-144.
- [31] Harland, B. F., & Harland, J. (1980). Fermentative reduction of phytate in rye, white and whole wheat breads. *Cereal Chem*, 57(3), 226-229.
- [32] Bryson, E., Dore, C., & Garrow, J. S. (1980). Wholemeal bread and satiety. *Journal of human nutrition*, 34(2), 113-116.
- [33] Harris, P. L., Quaife, M. L., & Swanson, W. J. (1950). Vitamin E content of foods. *The Journal of Nutrition*, 40(3), 367-381.
- [34] Mamat, H., & Hill, S. E. (2014). Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of food science and technology*, 51(9), 1998-2005.

- [35] Bailey, A. E. (1945). *Industrial oil and fat products*. Interscience Publishers, Inc.; New York.
- [36] Manley, D. (Ed.). (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. Elsevier.
- [37] Kissell, L. T., Pomeranz, Y., & Yamazaki, W. T. (1971). Effects of flour lipids on cookie quality. *Cereal chemistry*.
- [38] Ulusoy, S. (2011). Stevia ile tatlandırılmış bisküvilerin kalite özellikleri ve akrilamid içeriğinin belirlenmesi. *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Mersin, Türkiye*.
- [39] Manohar, R. S., & Rao, P. H. (1997). Effect of sugars on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75(3), 383-390.
- [40] Laguna, L., Vallons, K. J., Jurgens, A., & Sanz, T. (2013). Understanding the effect of sugar and sugar replacement in short dough biscuits. *Food and bioprocess technology*, 6(11), 3143-3154.
- [41] Zoulias, E. I., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14), 1637-1644.
- [42] Nagi, H. P. S., Kaur, J., Dar, B. N., & Sharma, S. (2012). Effect of storage period and packaging on the shelf life of cereal bran incorporated biscuits. *American Journal of Food Technology*, 7(5), 301-310.
- [43] Güldane, M. (2014). *Şeker alkoller ve yeni nesil antioksidan etkili tatlandırıcıların bisküvi kalite özelliklerine etkileri* (Doctoral dissertation, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [44] Dizlek, H., & Giritlioğlu, E. Sakaroz İkamesi Olarak Farklı Tip Ve Düzeylerde Şeker Otu (Stevia Rebaudiana Bertoni) Bazlı Tatlandırıcı Kullanılmasının Bisküvi Nitelikleri Üzerine Etkileri. *Gıda/The Journal Of Food*, 43(1), 21-33.
- [45] Kohyama, K., & Nishinari, K. (1991). Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(8), 1406-1410.
- [46] Spies, R. D. (1982). Effect of sugars on starch gelatinization. *Cereal Chem.*, 59, 128-131.
- [47] Y.Yaz, *Bisküvi Üretim Teknikleri*, Bitirme Tezi, YYÜ, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü (2001).
- [48] Dizlek, H., & Gül, H. (2009). Kabartma Tozları Ve Unlu Mamullerde Kullanımları. *Gıda/The Journal Of Food*, 34(6).
- [49] Çelik, İ ., & Kotancılar, H. G. Kimyasal Kabartıcılar Ve Fırın Ürünlerindeki Fonksiyonları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(3).
- [50] Ünal, S. (1991). Hububat teknolojisi. *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Baskısı*, 216.
- [51] Matz, S. A., 1992, Bakery Technology and Engineering, An Avi Book Published, New York, USA, 853.).

- [52] Dobraszczyk, B. J., & Morgenstern, M. P. (2003). Rheology and the breadmaking process. *Journal of cereal science*, 38(3), 229-245.).
- [53] 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.
- [54] Ünal, S. S., & Boyacıoğlu, M. H. (1984). Hamurun reolojik özellikleri. *GIDA/THE JOURNAL OF FOOD*, 9(1.).
- [55] Zencirci, N., Aktan, B., & Atli, A. (1992). Genetic relationships of Turkish durum wheat cultivars. *Tr J Agric Forest*, 18, 187-192.
- [56] MERAL, R., YILDIZ, Ö., & DOĞAN, İ. S. (2010). Unların Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Tekstür Analiz Cihazının Kullanımı ve Sonuçların Ekstensograf Değerleri ile Karşılaştırılması. *Electronic Journal of Food Technologies*, 5(3), 17-24
- [57] Çınar, A. T. (2018). *Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilmek Üzere Hazırlanan Yer Bademi Unu İçeren Glutensiz Bisküvi Hamurlarının Reolojik Özellikleri Ve Bisküvilerin Kalite Özellikleri* (Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [58] Hruskova, M., & Smejda, P. (2003). Wheat flour dough alveograph characteristics predicted by NIRSystems 6500. *Czech Journal of Food Sciences-UZPI (Czech Republic)*.
- [59] Hadnağev, T. R. D., Torbica, A. M., & Hadnağev, M. S. (2013). Influence of buckwheat flour and carboxymethyl cellulose on rheological behaviour and baking performance of gluten-free cookie dough. *Food and bioprocess technology*, 6(7), 1770-1781.
- [60] Sarabhai, S., Sudha, M. L., & Prabhasankar, P. (2017). Rheological characterization and biscuit making potential of gluten free flours. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3), 1449-1461.
- [61] Nassar, A. G., AbdEl-Hamied, A. A., & El-Naggar, E. A. (2008). Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organoleptic characteristics of biscuits. *World J. Agric. Sci*, 4(5), 612-616.
- [62] Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 85-94.
- [63] Zotta, T., Piraino, P., Ricciardi, A., McSweeney, P. L., & Parente, E. (2006). Proteolysis in model sourdough fermentations. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(7), 2567-2574.
- [64] Karaoğlu, M. M., & Kotancılar, H. G. Tahıl Ürünlerinde Aroma Maddeleri: I. Ekmek/Flavor Compounds In Cereal Product: I. Bread. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(3.).
- [65] Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., & Rossi, J. (1998). Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and stalin. *Journal of Food Science*, 63(2), 347-351.

- [66] Corsetti, A., De Angelis, M., Dellaglio, F., Paparella, A., Fox, P. F., Settanni, L., & Gobbetti, M. (2003). Characterization of sourdough lactic acid bacteria based on genotypic and cell-wall protein analyses. *Journal of Applied Microbiology*, 94(4), 641-654.
- [67] Ercolini, D., Pontonio, E., De Filippis, F., Minervini, F., La Storia, A., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2013). Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(24), 7827-7836.
- [68] Pétel, C., Onno, B., & Prost, C. (2017). Sourdough volatile compounds and their contribution to bread: A review. *Trends in food science & technology*, 59, 105-123.
- [69] Damiani, P., Gobbetti, M., Cossignani, L., Corsetti, A., Simonetti, M. S., & Rossi, J. (1996). The sourdough microflora. Characterization of hetero- and homofermentative lactic acid bacteria, yeasts and their interactions on the basis of the volatile compounds produced. *LWT-food science and technology*, 29(1-2), 63-70.
- [70] De Vuyst, L., Neysens, P., 2005, The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions, *Trends in Food Science and Technology*, 16:43-56.
- [71] Palomba, S., Blaiotta, G., Ventorino, V., Saccone, A., & Pepe, O. (2011). Microbial characterization of sourdough for sweet baked products in the Campania region (southern Italy) by a polyphasic approach. *Annals of Microbiology*, 61(2), 307-314.)
- [72] Hammes, W. P., & Gänzle, M. G. (1998). Sourdough breads and related products. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 199-216). Springer, Boston, MA
- [73] Corsetti ve Settanni, 2007; De Vuyst ve Neysens, 2005; De Vuyst ve Vancanneyt 2007; De Vuyst vd., 2009; Meroth vd., 2003a
- [74] Göçmen, D. (2001). Ekşi Hamur ve Laktik Starter Kullanımının Ekmekte Aroma Oluşumu Üzerine Etkileri. *Gıda/The Journal Of Food*, 26(1).
- [75] Ercolini, D., Pontonio, E., De Filippis, F., Minervini, F., La Storia, A., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2013). Microbial ecology dynamics during rye and wheat sourdough preparation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(24), 7827-7836.).
- [76] Paramithiotis, S., Sofou, A., Tsakalidou, E., & Kalantzopoulos, G. (2007). Flour carbohydrate catabolism and metabolite production by sourdough lactic acid bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(10), 1417-1423
- [77] Chavan, R. S., & Chavan, S. R. (2011). Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(3), 169-182.)
- [78] Lotong, V., IV, E. C., & Chambers, D. H. (2000). Determination of the sensory attributes of wheat sourdough bread 1. *Journal of Sensory Studies*, 15(3), 309-326.).
- [79] Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 85-94

- [80] Spicher, G. (1987). Die Mikroflora des Sauerteiges. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 184(4), 300-303.).
- [81] Arendt, E. K., Ryan, L. A., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174
- [82] Salovaara, H., & Katunpaa, H. (1984). approach to the classification of Lactobacilli isolated from Finnish sour rye dough ferments. *Acta alimentaria polonica*.
- [83] Katina, K., Heinio, R. L., Autio, K., & Poutanen, K., 2006a. Optimization of sourdough process for improved sensory profile and texture of wheat bread. *LWT, Food Science and Technology*, 39: 1189-1202.
- [84] AACC (2000). American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC The Association: St. Paul, MN
- [85] ICC (2002). International Association for Cereal Science and Technology, ICC-Vienna
- [86] Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., & Kotancılar, H. G. (2002). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü ve Laboratuar Uygulama Kılavuzu.(3. baskı) Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, Ziraat Fakültesi Yayın No: 335, Ders Kitapları Serisi No: 82. *Erzurum. s, 245*.
- [87] Demir, M. (2015). Bisküvi üretiminde tam buğday unu ve paçallarının kullanımı. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 100-107.
- [88] Sahagún, M., Bravo-Núñez, Á., Báscones, G., & Gómez, M. (2018). Influence of protein source on the characteristics of gluten-free layer cakes. *LWT*, 94, 50-56.
- [89] Karnopp, A. R., Figueroa, A. M., Los, P. R., Teles, J. C., Simões, D. R. S., Barana, A. C. & Granato, D. (2015). Effects of whole-wheat flour and bordeaux grape pomace (*Vitis labrusca* L.) on the sensory, physicochemical and functional properties of cookies. *Food Science and Technology*, 35(4), 750-756.
- [90] 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.
- [91] Çebi, N. Helal gıda kapsamında yumuşak şekerlemelerde jelatin kökeninin tespitinde spektroskopik ve kromatografik yöntemlerin geliştirilmesi ve metod validasyonu (2018), YTÜ FBE Doktora Tezi.
- [92] Adebisi, J. A., Obadina, A. O., Mulaba-Bafubandi, A. F., Adebo, O. A., & Kayitesi, E. (2016). Effect of fermentation and malting on the microstructure and selected physicochemical properties of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and biscuit. *Journal of cereal science*, 70, 132-139.
- [93] Gazete, T. R. (2012). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği. *Tebliğ no: 2018/39*.
- [94] Demir, M. K. (2010). *Bazı fiziksel uygulamaların tam buğday ununun depolama stabilitesi, ekmekçilik kalitesi ve besinsel özelliklerine etkisi üzerine araştırmalar* (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

- [95] Aktaş, H., Erdemci, İ., Karaman, M., Kendal, E., & Tekdal, S. (2017). Bazı kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri bakımından GGE biplot analiz yöntemi ile değerlendirilmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(1), 43-51.
- [96] 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.
- [97] Özer, M. S., Dizlek, H., Kola, O., & Altan, A. (2004). Değişik gaz salınımı hızlarına sahip kabartma tozlarının pandispanya tipi keklerin nitelikleri üzerindeki etkileri. *Gıda/The Journal Of Food*, 29(1).
- [98] Levent, H., & Bilgiçli, N. (2011). Effect of gluten-free flours on physical properties of cakes. *Journal of Food Science and Engineering*, 1(5), 354.).
- [99] Gujral, H. S., Guardiola, I., Carbonell, J. V., & Rosell, C. M. (2003). Effect of cyclodextrinase on dough rheology and bread quality from rice flour. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3814-3818).
- [100] 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.
- [101] 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.
- [102] Diftis, N. G., C. G. Biliaderis V. D. Kiosseoglou (2005). Rheological properties and stability of model salad dressing emulsions prepared with a dry-heated soybean protein isolate-dextran mixture. *Food Hydrocolloids* 19(6): 1025-1031
- [103] Karasu, S. (2015). Soğuk Pres Yağlar Kullanılarak Üretilen Salata Soslarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi.
- [104] Uysal, H. L. (2005). *Farklı kaynaklardan elde edilen besinsel liflerin bisküvi kalitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması*(Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- [105] Özkaya B & Demir Z (1999). Unların bisküvilik özelliklerine değişik kaynaklı bitkisel liflerin etkileri. *Un Mamulleri Teknolojisi* 8(1): 58-64
- [106] Souza, E., Kweon, M., 2010. Annual Report. USDA Soft Wheat Quality Laboratory Website. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service Soft Wheat Quality Laboratory 1680 Madison Avenue Wooster, OH 44691.
- [107] Mamat, H., Hardan, M. O. A., & Hill, S. E. (2010). Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121(4), 1029-1038.).
- [108] Doğan, İ. S., & Uğur, T. (2005). Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2), 139-148.

- [109] Hornstein vd. 1943, Fogg ve Tinklin 1972, Curley ve Hosney 1984, Bullock vd. 1992, Patel ve Venkateswara 1995, Sanchez vd. 1995, Keskin vd. 2005
- [110] Sun, Q., Gong, M., Li, Y., & Xiong, L. (2014). Effect of dry heat treatment on the physicochemical properties and structure of proso millet flour and starch. Carbohydrate polymers, 110, 128-134.
- [111] Correia, I., Nunes, A., Duarte, I.F., Barros, A.S., Delgadillo, I., 2005. Sorghum fermentation followed by spectroscopic techniques. Food Chem. 90, 853-859.
- [112] Yıldız, E., 2019. *Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevya kullanımı*, Doctoral dissertation, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü



Ek 2.1 Duyusal analizde kullanılan beğeni skalası

Puan Değerleri	Açıklama
1	Berbat
2	Çok kötü
3	Kötü
4	Fena Değil/Yeterli Değil
5	Ne Beğendim Ne Beğenmedim
6	Kabul Edilebilir
7	İyi
8	Çok iyi
9	Mükemmel

Ek 3.1 Farklı oranlarda TBU ve ekşi hamur içeren bisküvilerin görünümleri



*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arası fark, istatistiksel açıdan önem taşımamaktadır. ($p < 0.05$) **Kontrol:** %0 TBU içeren bisküvi, **B15T:** %15 TBU içeren bisküvi, **B25T:** %25 TBU içeren bisküvi, **B35T:** %35 TBU içeren bisküvi, **B50T:** %50 TBU içeren bisküvi, **BEH20:** %15 TBU içerecek şekilde hazırlanan ekşi hamurlu bisküvi, **BEH40:** %25 TBU içerecek şekilde hazırlanan ekşi hamurlu bisküvi, **BEH60:** %35 TBU içerecek şekilde hazırlanan ekşi

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: tuba.alioglu@givaudan.com

Konferans Bildirileri

1. International Symposium for Environmental Science and Engineering Research (ISESER2019), 25-27, May, 2019 , Konya/Turkey.

