



**T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM
ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**NOHUT AQUAFABASI KULLANILARAK
GELİŞTİRİLEN YENİLİKÇİ BİSKÜVİNİN
VEGAN VE YUMURTA ALERJİLİ
BİREYLERİN BESLENMESİNE YÖNELİK
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Elif POLAT

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ

**BESLENME VE DİYETETİK
ANA BİLİM DALI**

**ERZİNCAN
Haziran 2026
Her Hakkı Saklıdır.**

Elif POLAT

BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS

2026

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NOHUT AQUAFABASI KULLANILARAK GELİŞTİRİLEN
YENİLİKÇİ BİSKÜVİNİN VEGAN VE YUMURTA ALERJİLİ
BİREYLERİN BESLENMESİNE YÖNELİK POTANSİYELİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif POLAT

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ

BESLENME VE DİYETETİK
ANA BİLİM DALI

ERZİNCAN

Haziran 2026

Her Hakkı Saklıdır.



T.C
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ KABUL VE ONAY

**NOHUT AQUAFABASI KULLANILARAK GELİŞTİRİLEN YENİLİKÇİ
BİSKÜVİNİN VEGAN VE YUMURTA ALERJİLİ BİREYLERİN
BESLENMESİNE YÖNELİK POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ danışmanlığında, Elif POLAT tarafından hazırlanan bu çalışma 25/06/2026 tarihinde jüri tarafından Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ali GÖNCÜ

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ece YALÇIN PEHLİVAN

İmza:

Doç. Dr. Filiz YANGILAR
Enstitü Müdürü

Yukarıdaki sonuç Enstitü
Yönetim Kurulu'nun
/ / 20.... tarih ve
...../..... sayılı
kararı ile onaylanmıştır.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk

“Nohut Aquafabası Kullanılarak Geliştirilen Yenilikçi Bisküvinin Vegan ve Yumurta Alerjili Bireylerin Beslenmesine Yönelik Potansiyelinin Değerlendirilmesi” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımca intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiğı gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 25/06/2026

(İmza)

Elif POLAT

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

NOHUT AQUAFABASI KULLANILARAK GELİŞTİRİLEN YENİLİKÇİ BİSKÜVİNİN VEGAN VE YUMURTA ALERJİLİ BİREYLERİN BESLENMESİNE YÖNELİK POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif POLAT

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ

Amaç: Bitki bazlı beslenmeye artan ilgiyle birlikte hayvansal bileşenlere alternatif ürünlerin geliştirilmesi önem kazanmıştır. Bu çalışmada, nohut haşlama suyu (aquafaba) kullanımının bisküvi üretiminde yumurta akına alternatif olabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. **Materyal ve Metot:** Aquafaba kullanılarak üretilen bisküviler ile yumurta akı içeren kontrol bisküvileri fiziksel (çap, kalınlık, yayılma oranı, köpük kapasitesi ve stabilitesi), kimyasal (renk, pH, nem, protein, yağ, kül, TPA ve HMF) ve duyuşal özellikler açısından karşılaştırılmıştır.

Bulgular: Aquafabalı bisküviler yayılma oranında kalınlığını kontrole göre ~0.2 mm daha iyi korumuştur. Aquafabanın köpük kapasitesi 10 mL, köpük stabilitesi ise %2.08 daha yüksek bulunmuştur. Aquafabalı bisküvilerin pH değeri kontrole göre 0.46 birim, nem içeriği %2.42 daha düşük belirlenmiştir. Yağ içeriğinde gruplar arasında anlamlı bir fark tespit edilmezken; HMF değerleri aquafabalı ve kontrol örneklerde sırasıyla 6.65 ppm ve 6.81 ppm ölçülmüştür. Karbonhidrat içeriği aquafabalı grupta %77.84, kontrolde %77.03; enerji değerleri ise sırasıyla 479.81 kkal ve 478.52 kkal olarak hesaplanmıştır. Protein içeriği aquafabalı bisküvilerde %1.05 daha düşük bulunmasına rağmen, duyuşal analizlerde aquafabalı bisküviler daha yüksek puan almıştır.

Sonuç: Aquafabanın bisküvi üretiminde yumurta akı yerine başarıyla kullanılabileceği, ürünün fiziksel ve duyuşal niteliklerini olumlu etkilediği; vegan ve yumurta alerjisi olan tüketiciler için nitelikli bir alternatif sunduğu tespit edilmiştir.

2026, 103 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Aquafaba, Bisküvi, Nohut Suyu, Vegan Beslenme, Yumurta

ABSTRACT

EVALUATING THE POTENTIAL OF AN INNOVATIVE BISCUIT DEVELOPED USING CHICKPEA AQUAFABA FOR THE NUTRITIONAL AID OF VEGAN AND EGG ALLERGY INDIVIDUALS

Elif POLAT

Erzincan Binali Yildirim University
Graduate School of Health Sciences
Department of Nutrition and Dietetics

Advisor: Assist. Prof. Dr. Nazife YILMAZ

Objective: With the increasing interest in plant-based nutrition, the development of alternative products to animal components has gained importance. This study aimed to determine the feasibility of using chickpea boiling water (aquafaba) as an alternative to egg white in biscuit production.

Material and Methods: Biscuits produced using aquafaba were compared with control biscuits containing egg white in terms of physical (diameter, thickness, spreading ratio, foam capacity and stability), chemical (color, pH, moisture, protein, fat, ash, TPA and HMF), and sensory properties.

Results: Aquafaba-containing biscuits maintained their thickness approximately 0.2 mm better than the control in terms of spreading ratio. The foam capacity of aquafaba was found to be 10 mL, and foam stability was 2.08% higher. The pH value of aquafaba-containing biscuits was 0.46 units, and the moisture content was 2.42% lower than the control. While no significant difference was found between the groups in fat content, HMF values were measured as 6.65 ppm and 6.81 ppm in aquafaba-containing and control samples, respectively. The carbohydrate content was 77.84% in the aquafaba group and 77.03% in the control group; energy values were calculated as 479.81 kcal and 478.52 kcal, respectively. Although the protein content was found to be 1.05% lower in aquafaba biscuits, the aquafaba biscuits received higher scores in sensory analyses.

Conclusion: It was determined that aquafaba can be successfully used in place of egg whites in biscuit production, positively affecting the physical and sensory qualities of the product; and that it offers a quality alternative for vegan and egg allergy-prone consumers.

2026, 103 Pages

Keywords: Aquafaba, Biscuits, Chickpea Water, Eggs, Vegan Diet

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim, tez çalışmam ve araştırma sürecinin tüm aşamaları bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, değerli görüş ve önerilerle çalışmama yön veren, her zaman yaklaşımıyla bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bana bu tezin her aşamasında yol gösteren canım eşim Ahmet POLAT'a ve her zaman yanımda olan kıymetli aileme de teşekkürlerimi sunarım.

Elif POLAT
Haziran, 2026

İÇİNDEKİLER

Sayfa

Tez Kabul ve Onay	i
Bilimsel Etiğe Uygunluk	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Baklagiller.....	4
2.2. Nohut	6
2.2.1. Saponinler	11
2.2.2. Fitik Asit	12
2.3. Aquafaba	14
2.3.1. Aquafaba Üretim Metotları	15
2.3.2. Aquafabanın Biyolojik ve Fiziksel Özellikleri.....	16
2.3.3. Aquafabanın Beslenme Açısından Önemi.....	18
2.4. Bisküvi	19
2.4.1. Yumurta	22
2.4.2. Yumurta Alerjisi	24
2.5. Vegan Beslenme.....	26
3. MATERYAL VE METOT	29
3.1. Materyal	29
3.2. Metot	29
3.2.1. Bisküvi reçetesi oluşturma	30
3.2.2. Aquafaba Hazırlanması	30
3.2.3. Bisküvi örneklerinin hazırlanması	31
3.2.4. Bisküvi Fiziksel Analizleri.....	32

3.2.5. Proksimet Analizleri.....	35
3.2.6. PH Ölçümü	37
3.2.7. Tekstür Profil Analizi (TPA)	37
3.2.8. Hidroksimetil Furfural Tayini	38
3.2.9. Duyusal Analiz	38
3.2.10. İstatistiksel Analiz	39
4. BULGULAR.....	40
4.1. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Ölçümleri.....	40
4.2. Ağırlık ölçümü	41
4.3. Köpük Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi Ölçümü	41
4.4. Renk Ölçümü	42
4.5. PH Ölçümü	44
4.6. Proksimet Analizleri	44
4.6.1. Nem Ölçümü	44
4.6.2. Protein Tayini	44
4.6.3. Yağ Tayini	44
4.6.4. Karbonhidrat Tayini	44
4.6.5. Besin Değeri.....	45
4.6.6. Hidroklorik Asitte (HCl’de) Çözünmeyen Kül Tayini.....	45
4.7. Tekstür Profil Analizi (TPA).....	47
4.8. Hidroksimetil Furfural Tayini	47
4.9. Duyusal Analiz	48
4.10. İstatistiksel Analiz	51
5. TARTIŞMA	53
5.1. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Ölçümü.....	53
5.2. Ağırlık Ölçümü	55
5.3. Köpük Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi Ölçümü	56
5.4. Renk Ölçümü	58
5.5. PH Ölçümü	59
5.6. Nem Ölçümü	60
5.7. Proksimet Analizleri	61
5.8. Tekstür Profil Analizi (TPA).....	65
5.9. Hidroksimetil Furfural Tayini	66
5.10. Duyusal Analiz	68

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	71
KAYNAKLAR.....	74
EKLER	88
Ek-a: Duyusal Analiz Değerlendirme Formu	89
ÖZGEÇMİŞ	90

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Aquafaba (Nohut Haşlama Suyu) Hazırlama Şeması.....	31
Şekil 3.2. Aquafabanın (a) ve Çırpılmış Aquafabanın (b) Görünümü.....	32
Şekil 3.3. Bisküvilerin (a) Kalınlık ve (b) Çap Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi	32
Şekil 3.4. 10 mL Aquafabanın (a) Başlangıç Hacmi, (b) Çırpma Sonrası Başlangıç Hacmi (H_0) ve (c) Çırpma İşleminde 30 Dakika Sonraki Hacmi.....	34
Şekil 3.5.1 0 mL Yumurta Akı (a) Başlangıç Hacmi, (b) Çırpma Sonrası Başlangıç Hacmi (H_0) ve (c) Çırpma İşleminde 30 Dakika Sonraki Hacmi.....	34
Şekil 3.6. Bisküvilerin (a) Pişirme Öncesi, (b) Pişirme Sonrası Aquafabalı ve (c) Pişirme Sonrası Kontrol Bisküvi Renk Görünümleri.....	35
Şekil 3.7. (1) Aquafaba ve (2) Yumurta Akı pH Ölçümü	37
Şekil 3.8. TA-XT Plus Cihazı ile Bisküvi Ölçümü.....	38
Şekil 4.1. Duyusal Analiz Anketine Göre Görünüş Sorusuna Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Grafiği	48
Şekil 4.2. Duyusal Analiz Anketine Göre Renk Sorusuna Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Grafiği	48
Şekil 4.3. Duyusal Analiz Anketine Göre Sorulan Sorulara Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Ortalama Grafiği	51

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Baklagillerin İhtiva Ettiği Besin Öğeleri.....	6
Tablo 2.2. 100 Gram Nohutun Besin Değeri.....	10
Tablo 2.3. Nohut Aquafaba Besin İçeriği.....	18
Tablo 2.4. TS 2383' e Göre Bisküvinin Duyusal ve Kimyasal Özellikleri	19
Tablo 2.5. 100 Gram Bisküvi Üretimi İçin Standart Reçete	21
Tablo 2.6. Yumurta Akı Proteinleri ve Özellikleri.....	23
Tablo 2.7. Yumurta Akı Alerjenlerinin Özellikleri	25
Tablo 2.8. 1 Orta Boy (44 g) Haşlanmış Yumurta İçeriği	26
Tablo 2.9. Vegan Diyet Modelleri	28
Tablo 3.1. Aquafabalı ve Kontrol Bisküvi Reçetesi % Oranları	30
Tablo 4.1. Çap ve Kalınlık Analizi	40
Tablo 4.2. Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri	41
Tablo 4.3. Aquafaba ve Yumurta Akı Köpük Özellikleri	42
Tablo 4.4. Renk Değerleri Analiz Sonuçları	43
Tablo 4.5. Bisküvilerin Renk Özellikleri	43
Tablo 4.6. Bisküvilerin Kalori Hesaplamaları.....	45
Tablo 4.7. Proksimet Analizleri.....	46
Tablo 4.8. Bisküvilerin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	46
Tablo 4.9. TPA Analizi Sonuçları	47
Tablo 4.10. HMF Analizi Sonuçları	47
Tablo 4.11. Duyusal Analiz Anketine Göre Sorulan Sorulara Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Ortalama Değerleri.....	50
Tablo 4.12. Duyusal Analiz Testi Sonuçları	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

<i>A*</i>	Kırmızılık
<i>B*</i>	Sarılık
<i>Ca</i>	Kalsiyum
<i>Cu</i>	Bakır
<i>Cm</i>	Santimetre
<i>Dk</i>	Dakika
<i>Fe</i>	Demir
<i>G</i>	Gram
<i>K</i>	Potasyum
<i>Kg</i>	Kilogram
<i>L*</i>	Açıklık
<i>Mg</i>	Magnezyum
<i>Mn</i>	Mangan
<i>Mg</i>	Miligram
<i>ML</i>	Mililitre
<i>Mm</i>	Milimetre
<i>Vb</i>	Ve Benzeri
<i>Zn</i>	Çinko
μg	Mikrogram

Kısaltmalar

AACC	American Association of Cereal Chemists
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
CIELAB	International Commission on Illumination
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EN	European Norm
EPA	Eikosapentaenoik Asit
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
H	Hacim
HCL	Hidroklorik Asit
HMF	5-Hidroksi Metil Furfural
IBM	International Business Machines
IgE	İmmünoglobulin E
ISO	Uluslararası Standartlar Örgütü
IP6	İnozitol Hekzafosfat
Kkal	Kalori
KK	Köpürme Kapasitesi
KS	Köpürme Stabilitesi
NOFIMA	Centre for Recirculation in Aquaculture
PA	Fitik Asit
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TS	Türk Standardı
TPA	Tissue-type plasminogen activator
WHO	World Health Organization

GİRİŞ

Günümüzde sağlıklı beslenmeye ve kaliteli gıda tüketimine olan ilgi artmıştır. Besin değeri yüksek gıdalarla beslenmeye olan ilginin artması ve artan tüketim çeşitliliği insanları alternatif gıdalar bulmaya itmektedir. Bitki bazlı ürün ekosistemindeki niceliksel genişleme, doğrudan vegan ve vejetaryen gibi alternatif tüketim pratiklerine yönelik yükselen tüketici talebi ve pazar dinamikleriyle ilişkilidir. Et, süt ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı gıdalara alternatif oluşturmak amacıyla geliştirilen bitki bazlı gıda bileşenleri ve ürünleri son yıllarda önemli ölçüde ilgi görmektedir. Bu gelişim, vejetaryen ve vegan beslenme modellerinin yaygınlaşmasının yanı sıra, tüketicilerin sağlık, çevresel sürdürülebilirlik ve etik kaygılara yönelik artan duyarlılıkları ile desteklenmektedir (Tufaro ve Cappa, 2023; He ve ark., 2021). Yumurta gibi hayvansal gıdalar hem yüksek protein içerikleri hem de emülsiyon oluşturma kapasiteleri nedeniyle beslenmemizde ve gıda sanayinde yaygın kullanım alanına sahiptir. Yumurtanın yüksek emülsifiye etme kapasitesi, fosfolipitler (lesitin), lipoproteinler (düşük yoğunluklu lipoproteinler ve yüksek yoğunluklu lipoproteinler) ve diğer proteinlerle (livetin ve fosvitin) ilişkilidir. Aynı zamanda bu proteinlerin farklı gıda sistemlerinde çeşitli fonksiyonel özellikler göstermektedir (He ve ark., 2019). Yumurta ürünleri, bebeklerde ve küçük çocuklarda gıda alerjisi vakalarıyla en sık ilişkilendirilen temel besin grupları arasında yer almaktadır. Beslenmemizde be besin teknolojisinde önemli bir yere sahip yumurta akı, özellikle jel ve köpük oluşumu olmak üzere işlevsel özellikleriyle gıda işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. Yumurta akı proteinleri, düşük enerji içeriğine sahip olmalarının yanı sıra yüksek kaliteli protein kaynağıdır. Yumurta alerjenleri çoğunlukla yumurta akında bulunur. Yumurta akı proteininin %54'ünü oluşturan ovalbümin, başlıca yumurta alerjenlerinden biridir. Yumurta akının yüksek antijenik özelliği bebek ve küçük çocuk diyetlerinde yumurta kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yumurta, özel diyet kısıtlamaları olan ve dini nedenlerle veya kişisel yaşam tarzı tercihleri nedeniyle yumurta tüketmeyentüketiciler için de uygun bir besin değildir. Ek olarak maliyet analizleri, yumurtanın kek üretimindeki reçete maliyetinin yaklaşık %50'sinden sorumlu olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda fırıncılık endüstrisi, sürdürülebilir ve ekonomik üretim modelleri için

yumurtanın kısmi veya tam replasmanını sağlayacak alternatif bileşen arayışlarına yoğunlaşmıştır. (Park ve ark., 2017; Lin ve ark., 2017).

Aquafaba nohut konservesi üretiminde haşlama suyundan elde edilmektedir. Fırıncılık ürünlerinde kullanılması yumurtaya kıyasla daha düşük maliyetli olmasını ve atık oluşumunun azaltılmasını sağlamaktadır (He ve ark.,2021). Aquafaba yağ içermeyip, protein ve karbonhidrat ihtiva ettiğinden kardiyovasküler hastalığı olan bireyler için alternatif bir bileşen olarak öne çıkmaktadır. Dahası nohut alerjen bir besin olmadığından aquafaba ile tarifler yumurta alerjisi olanlara da proteinli bir seçenek sunacaktır (Yılmaz, 2024). Aquafaba kullanımı ile yumurta akının oluşturduğu köpürme, köpük oluşumu, stabilite ve kıvam sağlanmaktadır. Nohutun ıslatma ve pişirme işlemleri, aquafabanın söz konusu yapısal ve fonksiyonel özelliklerinin oluşumuna katkıda bulunmaktadır. Geleneksel ürünün yapısal, tekstürel ve duyuşal özelliklerini koruyarak başarılı bir şekilde bisküvi üretilmesi, yumurta ikamesi alanındaki Ar-Ge çalışmalarına ivme kazandırmıştır (Özer ve ark., 2025). Ayrıca vegan beslenen toplumun besinsel ihtiyaçlarının karşılanmasına da katkı sağlamaktadır. Veganlarda yetersiz protein alımı kas kaybına neden olabilmektedir. Aquafabanın protein içeriği yumurtaya yakın olduğundan yüksek besin değerli ürün üretimine katkı sağlamaktadır (Jaramillo ve Shin, 2023). Toplumun mevcut beslenme ihtiyaçlarına yönelik alternatif gıda kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve üretime kazandırılması, popülasyon genelinde beslenme kalitesini artırarak halk sağlığı üzerinde olumlu projeksiyonlar yaratacaktır.

Bu tez çalışmasının amacıyumurta alerjisi olan bireylerde veya veganlarda aquafaba kullanımı ile mevcut tariflere alternatif bir seçenek oluşturmaktır. Aquafaba, vegan veya alerjisi olan bireylerde yumurta ikamesi olarak kullanılabilen en doğru seçenektir. Aquafaba kullanımıyla, yumurta yerine daha düşük maliyetli bir bileşen ürün formülasyonuna dahil edilebilmektedir. Bisküvi herkes için kolay ulaşılabilir, uygun maliyetli, besin değeri yüksek ve lezzetli olmalıdır. Amaç vegan ve alerjik bireylerin sağlıklı atıştırmalık tüketimini de arttırmaktır. Nohut bazlı bileşenlerin hipoalerjenik doğası, gıda alerjisi riski taşıyan hassas popülasyonların da güvenilir ve fonksiyonel atıştırmalık ürünlere erişimini kolaylaştırmayı ve bu bireyler için sağlıklı alternatifler sunmayı amaçlamaktadır. Özellikle yumurta akı kullanılmak istenmeyen

tariflerde aquafaba eklenerek yumuşak ve kabarık doku oluşturulabilir. Aquafaba, çırpılırsa stabil bir köpük oluşur, bu köpükle tarifler hafiflik ve kremamsı bir dokuya ulaşır. Aquafabanın kolay köpürme özelliği ürün oluşumunu da kolaylaştırmaktadır. Yumurta alerjisi, bebeklerde ek gıdaya geçiş döneminde, özellikle yaşamın ilk yılında ortaya çıkabilmektedir (Çiftçiler, 2022). Yumurta anne sütünden sonra en kaliteli besin olarak bilindiğinden alım eksikliğinde protein başka besinlerden temin edilmelidir. Aquafaba ile proteindeğerinde düşüş yumurta kullanımına göre yok denecek kadar az olurken duyuşal özelliklerde artış gözlemlenmektedir. Alerjen olarak tüketimi sınırlı olan yumurtaya ikame sağlanarak besinde tat, lezzet, kıvam, koku, görünüm ve tekstür kaybı olmadan yeni ürünler üretilmektedir. Yumurtasız bisküvi kolay ulaşılabilirliği ile hem bebek beslenmesinde hem de veganlar için iyi bir seçenek oluşturmaktadır. Aquafaba üretimi sürdürülebilirliğe katkı sağlayıp düşük maliyet ile bisküvi üretim aşamalarına yardımcı olur. Bisküvinin alerjen içermeyen bitkisel yapısı, ürünü beslenme kısıtlamalarından bağımsız olarak tüm tüketici grupları açısından erişilebilir ve tüketime uygun bir alternatif haline getirmektedir. Besin değeri yüksek bisküvi üretimi hazır atıştırmalık ürün yelpazesine katkı sağlayacaktır.

GENEL BİLGİLER

2.1.Baklagiller

Baklagiller Fabaceae familyasına ait bitkilerdir (Martín-Cabrejas, 2019). Uzun yıllardır insan beslenmesinde kullanılan baklagillerin geçmişleri 8-10 bin yıl öncesine dayanmaktadır (Adak ve ark., 2015). Baklagillerin yerel tüketimi gelişmekte olan ülkelerde giderek azalırken, Amerika Birleşik Devletleri ve bazı yüksek gelirli Batı Avrupa ülkelerinde bu ürünlere olan talep artış göstermektedir. Söz konusu talep artışının, baklagillerin besinsel özellikleri ve sağlık yararlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla yakından ilişkili olduğu değerlendirilmektedir (Önder ve ark., 2020). Besinler hayvansal ve bitkisel kaynaklardan sağlanır. Hayvansal kaynaklı besinlerin yüksek maliyetli olması nedeniyle, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bireyler besin ögesi gereksinimlerini karşılamak amacıyla bitkisel kaynaklı ürünlerden yararlanmaktadır (Adak ve ark., 2015). Bitkisel kaynaklı proteinlerin, düşük alerjen özellikte olmalarıyla birlikte sürdürülebilir ve ucuz maliyetle yüksek kapasitede üretilibilmeleri hayvansal kaynaklı proteinlere göre ön plana çıkarmaktadır (Esmer ve ark., 2024). Dünya genelinde protein gereksiniminin yaklaşık %70'i bitkisel kaynaklardan karşılanırken, bu oran gelişmekte olan ülkelere %90'a kadar ulaşabilmektedir. Türkiye, kişi başına yıllık yaklaşık 200 kg tahıl tüketimi ile dünya genelinde üst sıralarda yer almakta; buna karşın kişi başına yıllık yaklaşık 22 kg et tüketimi ile nispeten düşük tüketim düzeyine sahip ülkeler arasında bulunmaktadır. Bu durum, Türkiye'de protein gereksiniminin önemli ölçüde bitkisel kaynaklı gıdalar aracılığıyla karşılandığını göstermektedir (Adak ve ark., 2015). Hayvansal protein kaynakları, bitkisel protein kaynaklarıyla karşılaştırıldığında çevresel sürdürülebilirlik açısından daha yüksek etkiye sahiptir. Et, balık, yumurta ve süt gibi hayvansal kaynaklı proteinlerin üretim süreçlerinde, bitkisel protein kaynaklarına kıyasla daha fazla su ve tarım arazisi kullanılmakta ve daha yüksek düzeyde sera gazı emisyonu meydana gelmektedir. Ayrıca, üretimi yüksek miktarda sera gazı salımı ve geniş arazi kullanımı gerektiren hayvansal protein kaynaklarının yoğun olarak tüketildiği beslenme modellerinin, çeşitli nedenlere bağlı mortalite ve bazı kanserlerin görülme sıklığında artış ile ilişkili olduğu bildirilmektedir (Güneşliol ve Tek, 2022). Baklagillerin en

önemli avantajlarından biri yetiştirilmelerinin düşük çevresel ayak iziyle ilişkilendirilmesidir. Çeşitli iklimler ve toprak tiplerine uyum sağlar ve diğer mahsullerden daha az su ve gübre gerekir; çiftçiler için sürdürülebilir bir seçenek oluşturur. Besleyici ve fizikokimyasal özellikleriyle, bitki bazlı diyetlere yönelik artan talebi gıda endüstrisinde karşılamaktadır (Çetiner ve Bilek, 2018). Bakliyat proteinleri, su ve yağ absorpsiyonu, çözünürlük, jel oluşturma, emülsifikasyon, köpürme kapasitesi ve köpük stabilitesi gibi fonksiyonel ve teknolojik özellikleri sayesinde günümüzde gıda formülasyonlarında yaygın olarak değerlendirilen önemli protein kaynakları arasında yer almaktadır (Atalay ve Gökbulut, 2021). Bu işlevsel özelliklerbaklagilleri hayvansal proteinin yerini alabilecek bir kaynak olarak önemli hale getirir. Ayrıca, düşük alerjenite, sürdürülebilir üretim, düşük fiyat ve yüksek üretim hacimlerinin sağladığı besinsel faydalar, bakliyat ve baklagillerden elde edilen proteinlerin endüstriyel kullanımını desteklemektedir (Boye ve ark., 2010). Az gelişmiş ülkelerde bitkisel kaynaklı proteinlerin tüketimi daha yaygın olup, bu proteinler genellikle metionin, sistin ve triptofan gibi bazı esansiyel amino asitlerden kısıtlıdır. Ayrıca, tahıl proteinlerinde lizin en kısıtlı esansiyel amino asit olarak kabul edilmektedir (Ton ve Anlarsal, 2015). Yemeklik baklagiller, tahılların aksine lizinden zengin bir amino asit içeriğine sahiptir. Bu nedenle tahıl ve baklagillerin birlikte tüketimi, esansiyel amino asitlerin tamamlayıcı etkisi sayesinde proteinlerin biyolojik değerini artırmaktadır. Böylece lizin, metionin ve treonin gibi amino asitlerin daha dengeli alınması sağlanarak protein sentezi ve besinsel protein kalitesi iyileştirilebilmektedir (Sarwar ve ark., 1978). Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre, protein gereksiniminin %60'ının bitkisel ve %40'ının hayvansal kaynaklardan karşılanması dengeli bir beslenme modeli olarak değerlendirilmektedir (Atalay ve Gökbulut, 2021). Türkiye'de toplam protein arzının yaklaşık %65'inin bitkisel, %35'inin ise hayvansal kaynaklardan sağlanması, bireysel bazda günlük protein tüketim profilinin belirgin şekilde bitkisel kaynaklar lehine şekillendiğini göstermektedir (Atalay ve Gökbulut, 2021). Ülkemizde tüketilen bitkisel kaynaklı proteinlerin büyük bir çoğunluğu fasulye, nohut ve mercimek gibi yemeklik baklagillerden sağlanmaktadır (Sarıoğlu ve Velioğlu, 2018). Yemeklik baklagillerde protein kalitesini sınırlayan başlıca amino asitler arasında metionin ve triptofan yer almaktadır. Bununla birlikte, bu amino asitlerin düzeyleri ıslah çalışmaları yoluyla belirli ölçüde artırılabilir. Baklagil proteinlerinde metionin içeriği tür ve genotipe

bağlı olarak 0.5–1.9 g/100 g protein, triptofan içeriği ise 0.5–1.5 g/100 g protein arasında değişmektedir (Kadakoğlu ve Karlı, 2022). İlk oluşan azotlu bileşikler amino asitlerdir. Yemeklik baklagillerin içerdiği azot miktarı türler arasında farklılık göstermektedir. Azot içeriği bakımından baklagiller arasında belirgin bir varyasyon bulunmakta olup, bu miktar bakla, mercimek, bezelye, börülce, nohut ve fasulye sıralamasıyla azalma eğilimi göstermektedir (Elkoca ve Kantar, 2011). Baklagillerin ihtiva ettiği besin ögeleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir (Sarıtış, 2025).

Tablo 2.1.Baklagillerin İhtiva Ettiği Besin Ögeleri

Besin ögeleri	Besinler
Protein	Fasulye, nohut, fındık, kinoa, tofu ve diğer soya bazlı proteinli gıdalar.
Demir	Kurutulmuş veya güçlendirilmiş fasulye ve tahıllar
Çinko	Tam tahıllar, fındık, baklagiller
Kalsiyum	Soya fasulyesi

2.2.Nohut

Nohut (*Cicer arietinum*) *Cicer* cinsine, *Cicereae* kabilesine, *Fabaceae* familyasına ve *Papilionaceae* alt familyasına ait bir bitkidir. *Cicer* ismi Latince kökenlidir ve kuvvet veya güç anlamına gelen Yunanca 'kikus' kelimesinden türemiştir (Kumar, 2018). Nohutdünya çapında en çok tüketilen bakliyatlardan biridir, her yıl 2.3 milyon tondan fazla dünya pazarına girmektedir (Kumar ve ark., 2025). Bazı nohut bileşenleri, klinik öncesi ve klinik çalışmalarda antioksidan kapasite, antifungal, antibakteriyel, analjezik, antikanser, antiinflamatuvar ve hipokolesterolemik özellikler ve anjiyotensin I dönüştürücü enzim inhibisyonu dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararları göstermiştir (Acevedo Martinez ve ark., 2021). Nohudun kökeninin, Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile Suriye’nin kuzey kesimlerine dayandığı bildirilmektedir (Çevik ve Değer, 2019). Nohut dünyada yaklaşık 10 milyon hektarlık bir alanda 7.1 milyon ton üretimle yetiştirilmektedir. Dünyanın en büyük nohut üreten ülkeleri Hindistan (%68), Türkiye (%11) ve Pakistan’dır (%8) (Doğan ve Yusuf, 2024). Ülkemizde en çok İç Anadolu bölgesinde yetiştirilmektedir. Akdeniz, Ege, Marmara, Güneydoğu Anadolu’da

nohut yetiştiriciliği mevcuttur (Gülümser, 2016). Otsu bir yıllık bitki olan nohut dipten dallanır. Yayılmış dalları olmasıyla küçük bir çalı görünümündedir. Bazı genotipleri tüylerle kaplı iken bazıları tüysüzdür (Moreno ve Cubero, 1978). Nohut, Desi ve Kabuli tiplerinden oluşur. Desi tipi, çeşitli renklere sahip ve bazen benekli nispeten küçük köşeli tohumlarla karakterize edilir. Kabuli tipi, daha pürüzsüz ve genellikle açık renkli olan daha büyük tohum boyutlarıyla karakterize edilir (Toker ve ark., 2014). Nohut tohumları optimum sıcaklıkta (28-33°C) ve nem seviyesinde yaklaşık 5-6 günde çimlenir. Nohut bitkileri, 3 veya 4 sıra yan köke sahip güçlü bir kazık kök sistemine sahiptir. Nohut kökleri *Rhizobium* nodülleri taşır. Bunlar karotenoid tiptedir, yanal olarak düzleştirilmiş dallanmalarla dallanmıştır ve bazen yelpaze benzeri bir lob oluşturur. (Singh ve Diwakar., 1995). Nohut, yeterli toprak neminin sağlandığı ve drenajı iyi olan farklı toprak tiplerinde yetiştirilebilmektedir (Sofı ve ark., 2020). Bir baklagil olan nohut, azotunu azot fiksasyonu yoluyla elde eder. Bunun yanı sıra optimum miktarlarda fosfor, potasyum, kükürt ve diğer besin maddelerine ihtiyaç duyar. Nohutta besin(gübreleme) uygulamasına verilen yanıt, toprağın besin durumuna, tarımsal iklim koşullarına ve genotipe bağlıdır. Hem organik hem de inorganik besin kaynaklarının ve *Rhizobium* aşılmasının nohut büyümesi ve verimi için yararlı olduğu bulunmuştur (Sandhu ve Chaturvedi, 2025). Nohut kuraklığa ve düşük sıcaklığa en toleranslı bitkilerdendir, su ihtiyacı da düşük olduğundan sürdürülebilir tarımda yer alır. Nohut, %18–36 arasında değişen yüksek protein içeriğinin yanı sıra vitaminler ve bazı mineral maddeler bakımından da zengin bir baklagil türüdür. Uzun süre depolanabilmesi, kolay taşınabilmesi ve hayvansal kaynaklı proteinlere kıyasla daha ekonomik olması nedeniyle yemeklik baklagiller arasında önemli bir yere sahiptir. Bu özellikleri, baklagil tüketimine verilen önemin giderek artmasında etkili olmaktadır. Dünya genelinde kişi başına yıllık nohut tüketiminin yaklaşık 4.61 kg olduğu bildirilmektedir (Yazıcı ve ark., 2025). Özellikle nohut bitkisinin kuraklık ve düşük sıcaklık stresine karşı dayanıklı olması ile düşük su gereksinimine sahip bulunması, bu türü sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından önemli bir bitki hâline getirmektedir (Önder ve ark, 2020). Nohut yetiştiriciliğinde hastalık ve yabancı ot baskısını azaltmak amacıyla ekimin geciktirilmesi verim kayıplarına neden olmaktadır. Kışlık çeşitlerin uygun zamanda ekilmemesi ve yazlık ekimlerde gecikme de üretimi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle yemeklik baklagillerde ekim zamanının doğru belirlenmesi

büyük önem taşımaktadır (Çubuk ve Özgören, 2023). Nohut tohum proteinleri birçok işlevsel özellik gösterir ve bu baklagilleri protein açısından zengin gıdaların geliştirilmesi için ilginç bir bileşen haline getirir (Cunsolo, 2025). Soya fasulyesinin ardından en yüksek protein rasyosuna sahip legümenlerden biri olan nohut, zengin diyet lifi kompozisyonu ile öne çıkmaktadır. Taşıdığı kompleks karbonhidrat matrisi, diyabetik popülasyonda postprandiyal glukoz dalgalanmalarını minimize ettiğinden, bu hasta grubu için fizyolojik açıdan en uygun sakkarit kaynağını teşkil etmektedir. (Shah ve ark., 2025). Nohut, kükürt içeren amino asitler dışında tüm esansiyel amino asitleri önemli düzeylerde içeren bir baklagil türüdür. Nişasta, diyet lifi, oligosakkaritler, glikoz ve sakaroz deposudur (Jukanti ve ark.,2012). Nohutta bulunan α Galakto oligosakkaritler sindirilemediği ve kolon bakterileri tarafından fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumuna neden oldukları için prebiyotik görevi görürler (Kaur ve Prasad, 2021). Nohut, düşük lipit içeriğine rağmen linoleik ve oleik asit gibi doymamış yağ asitleri bakımından zengin bir yapıya sahiptir. Yağ fraksiyonunda β -sitosterol, kampesterol ve stigmasterol gibi fitosteroller bulunurken, tohumları Kalsiyum (Ca), Magnezyum (Mg), Fosfor (P) ve özellikle Potasyum (K) gibi mineraller açısından da zengindir. Ayrıca riboflavin, niasin, tiamin, folat ve β -karoten gibi vitaminler açısından da önemli bir besin kaynağıdır (Jukanti ve ark., 2012). Bazı nohut bileşenleri, klinik öncesi ve klinik çalışmalarda antioksidan kapasite, antifungal, antibakteriyel, analjezik, antikanser, antiinflamatuvar ve hipokolesterolemik özellikler ve anjiyotensin I dönüştürücü enzim inhibisyonu dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararları göstermiştir (Acevedo Martinez ve ark.,2021). Nohuttohumları, kardiyovasküler hastalık riskini azaltmak için yararlı olabilecek düşük glisemik indeks özelliğiyle nispeten ucuz bir diyet lifi ve biyoaktif bileşik kaynağıdır (Çubuk ve Özgören, 2023). Nohut, sağlıklı bir beslenme düzeninin parçası olarak düzenli tüketildiğinde, kan basıncını ve tip 2 diyabetin görülme sıklığını ve şiddetini azaltmaya yardımcı olabilir (Abdelsatter ve ark., 2025). Nohut, protein ve diyet lifi sağlama özelliklerinin yanı sıra, içerdiği biyolojik aktif bileşenler sayesinde potansiyel bir fonksiyonel gıda olarak değerlendirilmektedir. Nohut, kronik hastalık riskini azaltmaya yardımcı olabilecek çeşitli vitaminler, mineraller ve biyoaktif bileşiklerden zengin nispeten ucuz bir kaynağıdır. Nohut tanelerindeki protein oranı tahıl tanelerinde bulunan miktarın en az iki katına eşittir (Boye ve ark., 2010). Ayrıca, nohut tanesi çeşide

bağlı olarak 20 g/100 g'ı geçebilen diyet lifi ve linoleik ve oleik asitler gibi doymamış yağ asitleri bakımından zengindir (Jukanti ve ark., 2012). Nohut nişastası, daha düşük glisemik indeksten sorumlu olan daha yüksek amiloz ve dirençli nişasta içeriğine sahiptir. Bu nedenle nohut, ekmek, makarna ve çeşitli unlu gıdaların yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kaur ve Prasad, 2021). Nohutta bulunan oligosakkaritler, iyi bir prebiyotik kaynağı olarak kabul edilir. Nohut genellikle tahıllardan daha düşük glisemik indekse sahiptir ve unlu mamullerin üretiminde pişirme performanslarını ve besinsel avantajlarını değerlendirmek için uygulanmıştır (Cappa ve ark., 2020). Nohut dahil olmak üzere tüm baklagillerin sahip olduğu sürdürülebilirlik potansiyeli, çevresel sürdürülebilirliğin optimize edilmesi ve toplum sağlığının desteklenmesi süreçlerinde bütüncül bir fayda matrisi sunmaktadır. Yüksek ham protein içeriği (%21.5-23.9) ve sindirilebilirliğe (%76-88) sahip olan nohut, vitaminler, demir, lif, kalsiyum, magnezyum, fosfor ve aminoasitler bakımından da oldukça zengindir (Kayan ve Adak, 2015). Nohut, kök nodosetlerinde bulunan *Rhizobium* bakterileri sayesinde atmosferik azotu toprağa bağlayarak toprak verimliliğine katkıda bulunmaktadır. Derin kök sistemi ile toprak yapısını desteklemesinin yanı sıra, baklagil sap ve samanının tahıllara göre daha yüksek protein içeriği, hayvan beslenmesinde de önemli bir kullanım alanı oluşturmaktadır (Dixit, 2018). Nohut haşlama suyunun atık olmadanaquafaba üretiminde kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Yapılan bir çalışmada, en popüler bakliyat pişirme suyu diğer bakliyalara oranla nohut aquafabası olmuştur (Agregan ve ark, 2025). Bakliyat pişirme suyu olarak emülgatör ve zengin fenolik bileşik (0.3-0.7 mg/mL) ve saponin (8-12 mg/ml) kaynağı olduğunu bulunmuştur. Süzülen bakliyat suyundaki protein ve saponin miktarı, pişirme suyunun köpürme ve jel oluşturma kapasitesini oluşturmuştur (Topal ve Bal, 2021). Nohut tüketim sıklığının incelendiği çalışmada, bitkisel protein kaynaklarından nohutu ayda bir kez tüketen bireylerin, haftada 4–6 kez tüketen bireylere göre daha yüksek depresyon düzeylerine sahip olduğu saptanmıştır (Ertal ve ark., 2023). Nohutun besin içeriği Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2. 100 Gram Nohutun Besin Değeri (Karaboğa ve Yıldırım, 2019)

Vitamin ve Mineraller	Miktarı
Protein	19.20 g
Yağ	6.20 g
Kalsiyum	134.00 mg
Demir	7.30 mg
B1 Vitamini	0.46 mg
B2 Vitamini	0.16 mg
Niasin	1.70 mg
C Vitamini	1.00 mg

Nohut alerjisi mercimek veya bezelye alerjisi ile ilişkilidir, ancak açıkça bağımsız olarak ortaya çıkmayabilir (Bar-El Dadon ve ark., 2014). Baklagillerin alerjenitesi esas olarak tohumların depo proteinlerinden gelen alerjenlerle ilgilidir (Pereira, 2002). Baklagillerde özellikle bezelye ve acı bakla için şiddetli alerjik reaksiyonlar tanımlanmıştır. Alerjik reaksiyonların çoğu, homolog proteinlerden, örneğın yer fıstığı ve acı bakla arasındaki IgE çapraz reaksiyonlarından kaynaklanır nohut öncelikli olmayan baklagil alerjen kaynakları arasındadır (Abu Risha ve ark., 2024). Alerjen etiketleme gereklilikleri ülkeler arasında değişiklik gösterir. Bu konuda toplum sağlığı çalışmaları yok denecek kadar azdır (Hildebrand ve ark., 2021). Bir baklagilin diyetten çıkarılması, pozitif oral gıda testi sonucuna dayanmalıdır (Pereira, 2002). Birçok gıda ürünü alerjen özellik göstermesine rağmen, nohuda karşı gelişen alerjik reaksiyonlar uzun süre yeterince karakterize edilmemiştir. Ancak 2008 yılından sonra yapılan çalışmalar, özellikle soya fasulyesi, mercimek ve nohut gibi baklagillerin tüketimi sonrasında ortaya çıkan anafilaktik reaksiyonlar ile egzersiz arasındaki ilişkiye odaklanmış ve besin bağımlı egzersiz kaynaklı anafilaksi olgusunu vurgulamıştır. (Abu Risha ve ark., 2024).

2.2.1.Saponinler

'Saponin' ismi, sabun anlamına gelen Latince 'sapo' kelimesinden türetilmiştir. Saponin içeren bitki özütü suda çalkalandığında sabunlu bir köpük oluşturma yeteneğine sahiptir (Kregiel ve ark., 2017). Saponinler yüzey aktif sterol veya triterpen glikozitlerdir. Birçok bitki türünde yaygın olarak bulunmakla birlikte, bunların yalnızca bir kısmı insan beslenmesinde yer almaktadır. Soya fasulyesi, nohut, yer fıstığı ve ıspanak bu açıdan en yaygın tüketilen bitkiler arasında yer almakta olup, tek bir bitki türünde dahi farklı saponin bileşiklerinin bulunabildiği bildirilmektedir (Oakenfull, 1981). Son yıllarda, doğal ürünlere yönelik tüketici talebi, bunların fizikokimyasal (yüzey aktif madde) özellikleri ve biyolojik aktivitelerine ilişkin artan kanıtlar (kanseri önleyici özellikler, hemolitik ve hipokolesterolemik etki gibi) saponinlerin gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde genişleyen uygulamalara sahip ticari açıdan önemli bileşikler olarak kullanım alanlarının genişlemesine katkıda bulunmuştur (Karnwal ve ark., 2023).

Saponinlerin besin teknolojisinde önemli kullanım alanları vardır. Yüzey aktif madde özelliğine sahiptirler; sıvıların yüzey gerilimini azaltabilirler. Köpük oluşturma ve köpük stabilitesi sağlama özellikleri nedeniyle gıda ve kozmetik sanayisinde kullanılırlar. Emülgatör olarak görev yaparlar; yağ ve su fazlarının karışmasını sağlayarak emülsiyonların stabilitesini artırır. Koruyucu etki gösterebilirler ve bazı ürünlerde raf ömrünün uzatılmasına katkı sağlayabilirler. Aroma değiştirici/aroma düzenleyici olarak kullanılabilirler. Gazlı içecekler, fırıncılık ürünleri, sakızlar, şekerlemeler, içecekler, baharat karışımları ve diyet takviyeleri gibi birçok üründe fonksiyonel bileşen olarak yer alırlar. Bitkisel kökenli olmaları nedeniyle sentetik yüzey aktif maddelere alternatif doğal katkı maddeleri olarak değerlendirilmektedirler (Ridout ve ark., 1991; Kerwin, 2004; Karnwal ve ark., 2023)

Saponinler potansiyel sağlık yararları ve işlevsel özellikleriyle bilinse de bazı sınırlamaları da vardır. Bu sınırlamalardan biri, proteinler, lipitler ve demir, çinko, kalsiyum gibi mineraller (çözünmeyen saponin-mineral kompleksleri) ile kompleksler oluşturmak için diğer gıda bileşenleriyle etkileşime girmeleridir. Böylece tür gıda bileşenlerinin vücutta emilimi olumsuz yönde etkilenir (Milgate ve Roberts, 1995). Saponinler kan lipitlerini düşürmeye, kanser risklerini azaltmaya ve glisemik yanıtı yavaşlatmaya yardımcı olabilir. Saponinler açısından zengin bir diyetin dış çürükleri ve

trombositlerin agregasyonunu engellediği öne sürülmüştür. Saponin tüketimi ayrıca insanlarda hiperkalsüri tedavisinde ve akut kurşun zehirlenmesine karşı bir potansiyel terapötik ajan olarak umut verici sonuçlar göstermiştir (Shi ve ark., 2004). Farklı bitkilerden elde edilen saponin ekstraktlarından hipertansif ratlar üzerine yapılan çalışmalarda kalp atım hızı ve arteriyel kan basıncını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir (Küçükkurt ve Fidan, 2008). Saponin alımı ile kolesterol metabolizmasının incelendiği bir çalışmada fazla saponin alımının hipokolesterolemik ajan olarak kullanılabileceğine varılmıştır (Milgate ve Roberts, 1995). Ayrıca saponinler yapısal çeşitliliği ile yüksek potansiyele sahiptir ve farklı mekanizmalar aracılığıyla hiperglisemiye azaltmanın yanı sıra diyabetik komplikasyonları önlemektedir. Böylece mevcut tedaviyi iyileştirme ve diyabeti tedavi etmek için yeni ilaçlar geliştirme olanağı sağlar (Choudhary ve ark., 2021).

2.2.2.Fitik Asit

Tahıllarda ve diğer bitki bazlı matrikslerde başlıca fosfat depolama bileşiği olan fitik asit (PA), bitkinin fosfor rezervinin büyük bir kısmını oluşturur. Gıdada ve insan vücudunda PA, Zn^{2+} ve Fe^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^{+} , Mn^{2+} ve Cu^{2+} ile şelat oluşturma konusunda yüksek afiniteye sahip bir bileşiktir (Brouns, 2021; Hadi ve Zotz, 2014). PA, kuru ağırlıklarının yaklaşık %1 ila %7'sini oluşturur. Toplam çekirdek fosforunun %70'inden fazlasını oluşturabilir. Çinko, kalsiyum ve demir başta olmak üzere çok değerlikli metal iyonlarının şelatlanmasında, PA'nın yüksek bir koordinasyon ve bağlanma kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bağlanma, gastrointestinal sistemden zayıf bir şekilde emilen çok çözünmeyen tuzlarla sonuçlanabilir ve bu da minerallerin zayıf biyoyararlanımına neden olur (Zhou ve Erdman, 1995). Negatif yüklü fosfat gruplarının yüksek yoğunluğu nedeniyle PA, mineral iyonlarıyla çok kararlı kompleksler oluşturarak bunların biyoyararlanımını düşürür (Feil, 2001). Mineral emiliminin gerçekleşebilmesi için minerallerin çözünür ve iyonik formda bulunmasının gereklidir. Diyetin PA içeriği arttıkça, çinko, demir ve kalsiyumun bağırsaktan emilimi azalır. Bununla birlikte, PA gıdalarda tek başına bulunmaz ve genellikle çeşitli bileşiklerle tüketilir (Wu ve ark. 2009). Fitatlar, liflerden, minerallerden, eser elementlerden ve diğer fitokimyasal besinlerden oluşan bitkisel matriste her zaman mevcuttur. Bu nedenle, fitat açısından zengin ürünlerden mineral emilimini

değerlendirmek için, diyetin tüm bileşenleri ve gıda etkileşimleri dikkate alınmalı ve yalnızca fitat içeriğini kullanarak bu tür ürünlerdeki mineral biyoyararlanımını tahmin etmek zordur (Bloot ve ark., 2023; Lopez ve ark.,2002). PA birçok bitki sisteminde bulunur ve tahıl ve baklagillerin ağırlıkça yaklaşık %1 ila %5'ini oluşturur. Gıdalardaki varlığına ilişkin endişe, çok değerlikli katyonlar veya proteinlerle etkileşime girerek birçok temel mineralin biyoyararlanımını azalttığına dair kanıtlardan kaynaklanmaktadır (Cheryan ve Rackis, 1980). PA, demir şelat oluşturması sayesinde demir katalizli oksidatif reaksiyonları bastırır ve tohumların korunmasında güçlü bir antioksidan işlevi görebilir. Aynı mekanizma ile diyet PA kolon kanserine ve diğer inflamatuvar bağırsak hastalıklarına karşı koruma sağlayabilir (Graf ve Eaton, 1990). PASindirimi sistemindeki besin açısından önemli katyonları ve proteini bağlayarak minerallerin ve proteinin biyoyararlanımını düşürdüğü için bir antinutrient olarak kabul edilir. (Feil, 2001). Gıdalara eklenmesi lipid peroksidasyonunu ve renk bozulması, çürüme ve sinerez gibi eşlik eden oksidatif bozulmayı engeller. Diğer birçok endüstriyel uygulama PA'nın antioksidan işlevinden yararlanılmaktadır (Bloot ve ark., 2023). Yüksek konsantrasyonlarda PA polifenol oksidazı inhibe ederek çeşitli meyve ve sebzelerin kahverengileşmesini ve çürümelerini önler. Tohumlarda dormansi döneminde fitatın önemli bir antioksidan işlevi olduğu ve fitatın, birçoğu potansiyel sağlık tehlikeleri oluşturan, halihazırda kullanılan koruyucuların yerine geçebileceği öne sürülür (Graf ve ark., 1987). PA'nın IP6 bileşiği fosforilasyona uğramış ve yüksek lifli diyetin nutrasötiklerine ait bir inozitol türevidir. Bu bileşiğin geniş biyolojik aktivite spektrumu vardır (Nawrocka-Musiał ve Latocha, 2012). Kolon, meme, prostat, serviks, karaciğer, pankreas, melanom ve glioblastoma dahil olmak üzere birkaç kanser hücre hattında IP6 varlığında tümör büyümesinin inhibisyonu ve hücre farklılaşmasının indüklenmesi gözlemlenmiştir (Pires ve ark., 2023). IP6 aracılı antikanser aktivitesinin moleküler mekanizmaları tam olarak belirtilmemiştir. IP6 özellikleri; sinyal iletimine katılım, doğal katil hücrelerini geliştirme yeteneği, hücre döngüsü üzerindeki inhibe edici etki, dönüştürülmüş hücrelerde farklılaşmanın indüklenmesi ve programlanmış ölüm yollarının aktivasyonu dikkate alınır (Wang ve Guo, 2021). PA, doğal ve takviye demir emiliminin güçlü bir inhibitörüdür ve tahıl ve baklagil bazlı tamamlayıcı gıdalardan gelen düşük demir emilimi, bebeklerde demir eksikliğinin etiyolojisinde önemli bir faktördür. PA/demir molar oranı 1:1'in altına ve tercihen 0.4:1'in altına düşürülmelidir.

Fitik asidin demir Emilimi üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için süt ile tüketilen tahıllarda askorbik asit ilavesi kullanılabilir. (Hurrell, 2004). Öğütme gibi mekanik işlem, fitik asidin belirli bölgelerde lokalize olma eğiliminde olduğu tohumlar için yararlıdır. Doğrudan fitaz ile veya ekmek yapımında maya gibi mikroorganizmaların etkisiyle dolaylı olarak enzim işlemi, pH ve diğer çevre koşulları uygun olduğu takdirde PA parçalanmasında etkilidir. PA ayrıca proteinlerin pH çözünürlük profilleri ve tohumların pişirilebilirliği gibi belirli işlevsel özellikleri de etkileyebilir (Cheryan, 1980). PA'nın mineralleri şelatlama yeteneğinin, deney hayvanlarında demir aracılı kolon kanseri riskini azaltma ve serum kolesterolünü ve trigliseritlerini düşürme gibi bazı koruyucu etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Zhou ve ark., 1995).

2.3.Aquafaba

Aquafaba bakliyat suyu anlamına gelir, aqua/su ve faba/bakliyat kelimelerinden türetilmiştir (Stantiall ve ark., 2018). Aquafaba tarihçesive kullanımıyla ilgili ilk raporlar 2011 yılına dayanmaktadır. İlk olarak keten jelinden beze yapımı yumurta ikamesi olarak kullanılmıştır, sonuç başarısız olsa da bu çalışma yumurta ikamesi aramanın temelini oluşturmaktadır. Daha sonra 2012 de başka bir beze yapımı için saponin özütü kullanılmıştır. 2014'te Fransız tenor Joël Roessel kırmızı fasulye ve palmye çekirdeği aquafabasını yumurta akı köpüğü yerine kullanarak tatlı yapmıştır, stabil bulunmamıştır. 2015'te iki Fransız aquafaba kullanarak bir ganaj hazırlamıştır (Stasiak ve ark., 2023). Aynı zamanda bir Amerikalı aquafabadan ilk vegan bezeyi yapmıştır. Şeker ilavesinden sonra aquafabadan elde edilen köpük stabil olmuştur ve başka stabilizatörlere ihtiyaç duymamıştır (He ve ark., 2021). Aquafaba' terimi 13 Mart 2015'te Goose Wohlt tarafından ortaya atılmıştır. 'Aquafaba' iki Latince kelimedenden oluşmaktadır. 'Aqua' su, 'faba' ise baklagil anlamına gelir. Aquafaba, yenilebilir baklagillerin tohumlarının kaynatılmasıyla elde edilen su anlamına gelir (Stasiak ve ark., 2023). Aquafaba herhangi bir bakliyatın haşlama suyu alınarak hazırlanır. Nohut, fasulye, börülce kullanılarak yapılan bir çalışmada en uygun köpük kıvamını ve koruyuculuğunu nohuttan elde edilen aquafaba oluşturduğu bildirilmiştir (Stantiall ve ark., 2018).

Köpük oluşturma, jel oluşturma, kıvam artırma ve emülsiyon stabilizasyonu sağlama özellikleri nedeniyle nohuttan elde edilen pişirme suyu (aquafaba), hem vegan

tüketicilerin hem de yeni gıda ürünleri geliştiren araştırmacı ve üreticilerin ilgisini çekmektedir. Aquafaba, geniş bir pH ve sıcaklık aralığında stabilitesini koruyabilmekte ve çeşitli gıda işleme uygulamalarına karşı yüksek dayanıklılık göstermektedir. Ayrıca yağ ve nişasta içermemesi, onu protein izolatları ve nohut unundan ayıran önemli bir özelliktir. Aquafaba; çözünür polisakkaritler, fenolik bileşikler, saponinler ve düşük molekül ağırlıklı, suda çözünür proteinlerden (başlıca albüminler) oluşan seyreltilmiş bir çözeltidir. Sıvı aquafaba, çoğunlukla polisakkaritler, protein, saponinler ve Maillard reaksiyon ürünleri de dahil olmak üzere %5-8 oranında organik bileşik içerir ve bu da fonksiyonel özelliklerine katkıda bulunur (Mustafa ve Reaney,2020; Tachie ve ark., 2023). Düşük maliyetli, katma değeri yüksek ve teknolojik özelliğe sahip bir besin atığı olması sürdürülebilirlik ve atık yönetimi açısından önem arz etmektedir.

2.3.1.Aquafaba Üretim Metotları

Aquafaba hazırlık aşamaları 4°C'de 1:4 (nohut:su) oranında 8-10 saat ıslatma, 2:3 (nohut:su) oranında 30 dakika düdüklü tencerede pişirme ve 24 saat/4 °C buzdolabına koyma şeklinde oluşur (Barros ve ark., 2024). Konserve nohuttan elde edilen aquafaba ev yapımı yemeklik aquafabadan daha yüksek köpürme kabiliyetine ve daha düşük emülsiyon özelliklerine sahiptir. Ev yapımı aquafaba ise daha yüksek stabilite oluşturmaktadır (Meurerve ark., 2020).

Nohut aquafabanın en iyi emülsiyon özelliklerini elde etmek için en uygun ıslatma koşulları, suya katkı maddesi eklenmeden 4 °C'de 16 saattir. Islatma, baklagillerin anti-besin faktörlerini azaltmanın yanı sıra kuru tohumun dokusunu yumuşatarak pişirme sürecini hızlandırmak amacıyla yapılır (Semba ve ark., 2021). Aquafaba pişirilmesi normal bir tencerede kaynatarak mikrodalgada pişirme, tavlama tenceresinde pişirme ve düdüklü tencerede pişirme şeklinde 3 halde olabilmektedir. Düdüklü tencerede pişirme daha az köpük oluşumuna neden olmaktadır. Yapılan bir çalışmada protein, tanen, fitat ve emülsiyon, köpürme, su ve yağ tutma kapasitesi dahil olmak üzere fonksiyonel özellikleri en üst düzeye çıkarmak için 1.5:3.5 (baklagil-su) oranının ve 60 dakika basınçlı pişirmenin en uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Jaramillo ve Shin, 2023). Nohut ıslatılıp blendırda öğütülerek süzüntüsü alınarakta aquafaba oluşturulmaktadır. Aquafaba üretim metodolojilerinin ana varyanslar üzerinde anlamlı bir farklılığa yol açmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın, pişirme süresinin uzatılması ile

nohut yapısından sulu faza geçen protein konsantrasyonu arasında pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. (Jaramillo ve Shin, 2023). Aquafabada en çarpıcı özellik köpük oluşturma yeteneğidir. Bu özellik tatlı ve hamur işleri için kullanımı popülerlik kazanmıştır. Aquafaba, çırpılırsa hızla köpük oluşur, bu köpükle tariflerde hafif bir yapı ve kabarık bir dokuya ulaşılır. Tarifler içerisinde sıvı dokuyu artırmak veya nemli bir yapı elde etmede aquafaba kullanımı uygulanmaktadır (Sala ve ark., 2024).

2.3.2. Aquafabanın Biyolojik ve Fiziksel Özellikleri

Aquafaba bileşimi, pişirmede kimyasal moleküller ile tohumların suya difüzyonuyla olur (He ve ark.,2021). Baklagil tohumlarını ıslatma ve pişirme süreci ile kabuklar zayıflar, böylelikle kotiledonlarda bulunan bileşenler suya geçer (Cabezas ve ark.,2022). ıslatma ile pişirme, protein hidrasyonuna ve denatürasyonuna, nişasta jelatinleşmesine, pektin polisakkaritlerinin aşamayla çözünmesine, depolimerizasyonuna ve kaybına neden olur (Chigwedere ve ark.,2018). Norveç Gıda Araştırma Enstitüsü (Nofima) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, aquafabanın kimyasal bileşimi incelenmiş; nohut suyunun protein ve karbonhidrat bakımından belirgin düzeylerde içerik gösterdiği, ancak lipid içermediği rapor edilmiştir. Bununla birlikte, nohut suyundaki sindirilebilir karbonhidrat miktarının minimal düzeyde olduğu belirlenmiştir (Esendemir ve ark. (2025). Nohuttan elde edilen aquafabanın köpürmesi yapısında bulunansaponinlerden kaynaklanmaktadır (Oakenfull ve ark., 2023). Aquafabanın emülsifiye edici aktivitesi ve stabilite indeksi, jelleşme özelliği ve su ve yağ emme kapasitesi diğer baklagillerden daha yüksektir (Oktay ve Gözükırmızı,2023). Benzer şekilde Aquafaba, köpürme, emülsifiye etme ve jelleşme gibi birden fazla özelliğe sahip olduğundan yumurtanın birden fazla işlevinin yerini alır (Özer ve ark., 2025). Aquafaba proteinlerinde yüksek emülsifiye gücü, daha az kompakt yapı ve daha yüksek çözünürlüğün bir göstergesidir; bununla yağ damlacıklarının etrafında arayüz zarları oluşturma yeteneği artmıştır. Aquafabada emülsifiye edici özellikler büyük ölçüde nohut çeşidi, konserveleme işlemi koşulları ve katkı maddeleriyle bağlantılıdır. Protein, karbonhidrat, saponin ve fenolik bileşik miktarları ile ısıt işlemler aquafabanın işlevsel özelliklerine etki etmektedir (Oktay ve Gözükırmızı,2023). Aquafaba çırtıkça köpük kıvamını alarak bağlayıcılık sağlar. Bu şekilde yumurta kullanmadan da ürünlere istenen kıvamı verme özelliği sağlayabileceği gibi bakliyat haşlama sularının

değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır(He ve ark., 2021).En yüksek köpük hacmine ulaşıldığında köpük stabilitesinin de en yüksek değere ulaştığı belirtilirken karıştırma zamanının 9 dakikadan 12 dakikaya çıkması ile köpük hacminin azaldığını ve hava kabarcıklarının birleşmesi sonucu boyutlarının arttığı ölçmüştür (Jakubczyk ve Niranjana, 2006). Nohuttan elde edilen aquafaba diğer bakliyatların pişirme suyuyla karşılaştırıldığında, nohut aquafaba ve bütün yeşil mercimek pişirme suyunun emülsiyon kapasitesinin, kuru fasulye, bölünmüş sarı bezelye ve sarı soya fasulyesinin pişirme suyuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Sarioğlu ve Velioğlu, 2018).Yaygın olarak köpük oluşturma amaçlı kullanılan proteinlere örnek; kazein, peynir altı suyu, laktoferrin ve yumurta akı verilebilirken, kullanımı daha az olmakla birlikte mercimek, soya, bezelye, patates ve baklagil proteinleri de örnek olarak verilebilmektedir (Ellis ve Lazidis, 2018). Yapılan bir çalışma gösteriyor ki konservelenmiş veya pişirilmiş nohutlardan süzülen viskoz sıvı ile stabil köpük, emülsiyon ve jel üretilebilir (Alifaki, 2013). Baklagillerin ısıtma işlemine tabi tutulmasıyla elde edilen aquafaba, vegan ve vejetaryen beslenmede yumurta ikamesi olarak rol oynamakta; sahip olduğu bağlayıcı ve kıvam verici mekanizmalar sayesinde gıda formülasyonlarında sıklıkla tercih edilmektedir.Bu yan ürün, potansiyel olarak yumurta yerine kullanılan maddeleri tanımlayan yemek meraklıları için popüler olmuştur (He ve ark.,2021).İnsan sağlığı sorunları ve endişeleri (fenilketonüri, yumurta alerjisi, kolesterol vb.) nedeniyle, farklı diyetler, ekonomik ve sürdürülebilirlikle ilgili sorunlar tüketicileri bitki bazlı yumurta alternatiflerini kullanmaya yöneltmiştir. Hacim, pişirme kaybı, renk, gözeneklilik ve tat gibi kriterler açısından nohut ile üretilen aquafaba seçeneği buna uygundur (Yazıcı ve ark., 2023). Aquafaba, tekrarlanan dondurma-çözündürme işlemleri ile ısıtma uygulamalara karşı yüksek stabilite göstermektedir. Baklagillerle yapılan ürünlerin yumurtayla yapılanlara göre %35 daha az sera gazı ürettiğibildirilmiştir (Maphosa ve Jideani, 2017). Bu anlamda aquafaba, protein izolatlarına, yenilebilir sakızlara veya değiştirilmiş nişastalara ihtiyaç duymadan, yeni nesil doğal ikameler ve yumurta ve süt içermeyen etiketler için gıda endüstrisinde dikkat çekmektedir. Aquafaba ilavesiyle köpük yoğunluğu artarken yumurtaya olan ihtiyaç azalmaktadır (Aslam ve ark., 2024). Aquafaba protein içeriği yumurta sarısından düşük olmasına rağmen aquafaba proteinleri su-yağ ara yüzünde toplanıp emülsiyonları stabilize etmeye yetecek elastikiyette moleküller arası kohezif bir film oluşturmaktadır

(Jaramillo ve Shin, 2023). Aquafaba yüksek jel oluşturma kabiliyetindedir ve stabil jeller oluşturur. Fonksiyonel bu özellik baklagilin bileşimine, genotipine, pişirme süresine, basınç ve sıcaklığa bağlıdır (Barros ve ark., 2024).

2.3.3.Aquafabanın Beslenme Açısından Önemi

Aquafaba sürdürülebilir bir reolojik katkı maddesidir. Fonksiyonellikleri için özel olarak hazırlanan bitki proteini, soya sütü veya hidrokolloidler gibi aquafaba, diğer reolojik katkı maddelerinden farklı olarak bakliyat konserveleri, haşlama, humus üretimi ve dondurulmuş baklagil üretimi süreçlerinde ortaya çıkan bir yan üründür. Kuru fasulye, nohut, bakla, mercimek ve kuru bezelye gibi baklagiller ise %20–30 oranında protein içermekte olup lizinden zengindir (Shim ve ark., 2021). Aquafabanın fonksiyonel özellikleri esas olarak proteinler, suda çözünür ve çözünmeyen karbonhidratlar, polisakkarit-protein kompleksleri, koaservatlar, saponinler ve fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Özer ve ark., 2025). Koaservatlar, çeşitli organik moleküllerin su ortamında hidrofobik etkileşimler sonucu bir araya gelerek oluşturduğu küçük damlacık yapılar olarak tanımlanmaktadır. Koaservasyon yönteminde kullanılırlar, bu da enkapsülasyon teknolojisinin fizikokimyasal bir yöntemidir (Köksal ve Göde, 2017). Aquafaba, 2.03-2.59 g/100 mL karbonhidrat, 0.08-2.8 g/100 mL protein ve 0.07-0.1 g/100 mL yağ içermektedir (Barros ve ark., 2024). Aquafaba ile yumurta tüketemeyen bireylere yumurtanın yerini alabilecek uygun bir alternatif sağlanmaktadır. Vegan beslenenler hiçbir hayvansal gıda tüketmediklerinden kek, bisküvi, kurabiye gibi yumurta içeren gıdaları da tüketimleri sorun oluşturmaktadır (Özer ve ark., 2025). Aquafaba birçok farklı kullanım alanına sahiptir bunlar arasında fırıncılık ürünleri, soslar, dondurma, baklagil bazlı peynir ve baklagil bazlı süt ikameleri bulunmaktadır (Włodarczyk ve ark.,2022). Nohut aquafabanın besin içeriği Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3.Nohut Aquafaba Besin İçeriği (Jaramillo ve Shin, 2023)

Bileşen	Nohut Aquafaba (g/100 g)
Protein	0.39
Karbonhidrat	3.28
Mineral Madde	0.01
Toplam Polifenol	0.03

2.4.Bisküvi

Bisküvi kelimesi, Latince “panis biscoctus” ifadesinden türemiş olup “iki kez pişirilmiş ekmek” anlamına gelmektedir ve tarihsel olarak denizciler için üretilen dayanıklı ekmek türlerini ifade etmek için kullanılmıştır (Arepally ve ark., 2020). Günümüzde bisküvi, temel gıda , lüks hediyeler, atıştırmalıklar, bebek mamaları, diyet ürünleri, köpek ve kedi mamaları ve çikolata, krema, fındık ve diğer tatların eklenmesiyle süslenmiş ürünler olarak hizmet vermektedir. Bisküvi pişirme sürecinde suyun buharlaşması, protein denatürasyonu, kısmi nişasta jelatinizasyonu, Maillard reaksiyonlarıyla ilişkili esmerleşme olayları ve hamur yapısında deformasyon gibi çeşitli fiziksel ve biyokimyasal reaksiyonlar meydana gelmektedir (Boobier ve ark., 2006). TS 2383’ e göre bisküvinin duyusal ve kimyasal özellikleri Tablo 2.4’te gösterilmiştir (TS 2383, 2017).

Tablo 2.4.TS 2383’ e Göre Bisküvinin Duyusal ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Sınırlar
Renk, tat ve koku	Bisküviler, kendine özgü renk ve aromaya sahip olmalı; yabancı tat ve koku içermemeli, ayrıca acılaşmış veya sabunumsu bir tat göstermemelidir
Yapı ve görünüş	Bisküviler gevrek bir yapıya ve homojen bir görünüme sahip olmalı; kirli, lekeli veya fiziksel olarak zedelenmiş olmamalıdır.
Yabancı madde	Bulunmamalıdır

Bisküvi tarifi ana ve yan bileşenlerden oluşur. Un, yağ, şeker, su, kimyasal mayalama maddeleri (sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat) temel ana bileşenlerken tuz, yumurta, emülgatör, süt tozu ve tatlandırıcı bileşikler isteğe bağlı yan bileşenler olarak kullanılmaktadır (Mancebo ve ark., 2015). Un, ekmek, kek, kurabiye ve pasta gibi fırıncılık ürünlerinin temel bileşenlerinden biri olup, başlıca nişasta, protein ve sudan oluşmaktadır. Bisküvi üretiminde ise bu bileşenlerin fonksiyonel özellikleri büyük önem taşımaktadır (Pareyt ve Delcour, 2008). Buğday unu, hamurun fizikokimyasal özelliklerini etkilemesi nedeniyle en önemli bileşendir. Buğday tanesinin en önemli bileşeni de proteindir. Depolama proteinleri (gliadin ve glutenin), farklı gıda maddelerinin yapımında hamurun viskoelastik özelliklerini belirleyen en önemli fraksiyonlardır. Glutenin ana bileşenlerinden biri olan gluteninler, hamur özelliklerinin ve son kullanım kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Gluten kalitesinin zayıf olması bisküvi son ürünü için istenilen bir özelliktir. Ekmek ve bisküvilerin pişirme performansı, unun kalitesine bağlıdır. Bisküvi, unun içindeki kimyasalların bileşimine dayanır (Zhou ve ark., 2018). Hatalı nişasta ve protein seviyesi, unun su emme özelliklerini etkiler. Ekmeğin aksine, nişasta granülleri bisküvi sisteminde sürekli bir jel ağı oluşturmaz, bunun yerine matriste dolgu maddesi görevi görür. Ayrıca, unun nem içeriği ve hamur hazırlama aşamasında ilave edilen su miktarı, bisküvi hamurunun reolojik ve fiziksel özellikleri üzerinde farklı etkiler göstermektedir (Pareyt ve Delcour, 2008). Bisküvi kalitesi (daha düşük kalınlık ve sertlik, daha yüksek çap, yayılma oranı ve duyuşsal puan) nişasta ilavesiyle iyileştirilmiştir. Nişasta oranı artırılmakta buğday unu oranı azaltılmaktadır, gluten oranı düştüğünden bisküvi kalitesinde iyileşme gözlemlenmektedir (Liu ve ark., 2022). Düşük protein içeriği (%8-10), düşük su emme ve düşük deformasyon direnci, buğdayın bisküvi üretimi için uygunluğunu tanımlamak için kullanılan özelliklerdir (Pedersen ve ark., 2004). Unun parçacık boyutu bisküvi özelliklerinde önemli bir faktördür ve etkileri farklı hamur tiplerinde değişiklik gösterir. Bisküvinin fazla yayılması, yumuşak unun daha ince parçacık boyutuyla ilişkilidir. Daha ince un, daha yüksek yoğunluklu bisküvi üretir (Mancebo ve ark., 2015). Şeker, tatlılığının yanı sıra yapısal ve lezzet değiştirici ve arttırıcı madde olarak işlev görür. Şeker, suyun varlığına bağlı olarak bisküvi hamurunda tamamen veya kısmen çözünmekte ve pişirme sonrasında yeniden kristalleşme göstermektedir. Pişirme sırasında çözünmemiş şeker kristalleri kademeli olarak erimekte, bu durum hamurun

yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Soğuma sırasında ise şeker, camsı bir yapı oluşturarak bisküvinin gevrek dokusunun gelişmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, kristal boyutu ve şekerin çözünme hızı, pişmiş bisküvinin çıtırılığı üzerinde etkilidir (Ay ve ark., 2025). Şeker miktarının artırılması bisküvi sertliğini ve görünümün kalitesini artırır, aşırı miktarda şeker kıvam ve kohezyonun azalmasıyla hamurun yumuşamasına yol açar. Yüksek konsantrasyonlu ve daha ince tane boyutlu şeker, bisküvinin önemli ölçüde yayılmasına katkıda bulunur. Şeker, hidrasyonu kontrol ederek, protein ve nişasta moleküllerini dağıtarak sürekli bir kütlenin oluşmasını önleyerek ürünü kırılgan hale getirir. Bisküvi pişirmede en yaygın kullanılan şeker sakarozdur ve nişasta ve gluten gibi biyopolimerlerin faz geçişleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir (Van der Sman ve Renzetti, 2019). Yağ, un ve şekerden sonra hamurdaki üçüncü büyük bileşendir. Bisküvi, yumuşaklık ve ağız hissi için çoğunlukla yağa bağlıdır. Karıştırma sırasında yağ, hidrasyonu ve gluten gelişimini engeller. Ayrıca, un parçacıklarının etrafında bir kaplama tabakası oluşturarak hamurdaki karbondioksit difüzyonunun mayalanma etkisini engeller (Davidson, 2023). Bunun dışında, yağ ürüne ağızda eriyen, ufalanan doku, yeme kalitesi ve lezzet verir. En yaygın kullanılan yağlar, laurik asit açısından zengin yağlar, ayçiçek yağı ve palm yağıdır. Tereyağı, margarin ve çeşitli bitkisel yağlar, fırıncılık endüstrisinde genel olarak shortening olarak adlandırılan yağ grubunda yer almaktadır. Shortenings, gluten ve nişasta granüllerinin yapışmasını engeller ve pişirmeden sonra daha yumuşak ve düzgün bir şekil oluşturur (Mert ve Demirkesen, 2016). Trans yağ, bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonu ile doğal veya endüstriyel olarak üretilen doymamış yağ asitleridir. DSÖ, trans yağ alımının toplam enerji alımının %1'inden daha azıyla sınırlandırılmasını önermektedir. İnsan diyetindeki trans yağın önemli bir kaynağı bisküvi, kek, kurabiye, ekmek gibi unlu mamullerdir (Wanders ve ark., 2017). Yağ ve katı yağ hamurun esnekliğine katkıda bulunur. Hamurda yeterli miktarda yağ bulunması, un parçacıklarını örter ve gluten ağının gelişmesini engelleyerek hamurun yumuşamasına ve elastikiyetinin azalmasına neden olur. Bununla birlikte, düşük su içeriğine sahip hamurlarda, yağın kayganlaştırıcı etkisi sayesinde %15–20 düzeyindeki yağ ilavesi daha homojen ve yumuşak bir hamur yapısının elde edilmesini sağlamaktadır. Yetersiz miktarda yağ, hamurun kıvamını, kohesif, elastik ve yapışkan özelliklerini artırır (Sudha ve ark., 2014). 100 g bisküvi üretimi için standart reçete Tablo 2.5'te gösterilmiştir (Kızılaslan, 2020).

Tablo 2.5.100 Gram Bisküvi Üretimi İçin Standart Reçete

Bileşen	% Oran
Un	40-45
Yağ	10-15
Şeker	25-30
Kabartıcı	5
Yumurta	5-10

2.4.1.Yumurta

Yumurta, dişi hayvanlar ve özellikle kuşlar tarafından üreme amacıyla oluşturulan yuvarlak veya oval yapılı bir biyolojik üründür. Farklı hayvan türlerinin yumurtaları gıda olarak tüketilebilsede, yumurta kavramı çoğunlukla tavuk yumurtasını ifade edecek şekilde kullanılmaktadır (Tarantul ve Eliseeva, 2020). Yumurta; yaklaşık %9.5 kabuk, %63 yumurta akı ve %27.5 yumurta sarısından oluşmaktadır. Yumurta kabuğu mineral kaynağı olarak, yumurta akı yüksek kaliteli protein içeriğiyle, yumurta sarısı ise yağ ve besin öğeleri bakımından önemli ve fonksiyonel bir biyolojik bileşen olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca yumurta bileşenlerinin antibakteriyel, antiviral ve bazı hastalıklara karşı koruyucu etkiler gösterebilen biyoaktif bileşikler içerdiği bildirilmektedir. Beslenme açısından değerlendirildiğinde, bir adet yumurta günlük yağ ihtiyacının yaklaşık %7.5'ini, doymuş yağ ihtiyacının %8'ini ve kolesterol alım ihtiyacının %7'sini karşılamaktadır. Vitamin içeriği bakımından yumurta sarısında A, D, E ve K vitaminleri bulunurken, yumurta akı B1 ve B12 vitaminleri içermektedir. B2 ve B9 vitaminleri ise hem yumurta akında hem de yumurta sarısında yer almaktadır (Yüccer ve ark., 2012). Yumurta yerine kullanılan alternatifler arasında ksantan, guar ve arap zıncı gibi hidrokolloidler ile soya, ayçiçeği, bezelye ve baklagil proteinleri, ayrıca elma püresi, aquafaba, keten tohumu, tofu, olgun muz ve tapyoka nişastası yer almaktadır. Bu alternatifler, yumurta proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini taklit edebilmeleri ve daha düşük kolesterol içeren ürünlerin üretimine olanak sağlamaları

nedeniyle tercih edilmektedir (Kilci, 2023). Yumurta akı proteinleri ve özellikleri Tablo 2.6’da gösterilmiştir (Yüccer ve ark., 2012).

Tablo 2.6.Yumurta Akı Proteinleri ve Özellikleri

Protein	Yumurta Akı içerisindeki Oranı (%)	Protein Fonksiyonel Özelliği
Ovalbumin	51-54	Fosfoglikano proteindir.
Ovotransferrin (Konalbumin)	12.00	Metal iyonlarını bağlar. Enzim inhibitörüdür.
Ovomukoid	11.00	Tripsini inhibi eder.
Ovomusin	3.50	Sialoproteindir. Yumurta akına viskoz yapısını verir.
Lizozim	3.40	Hücre duvarını lize edilmesi Proteinleri “Lize” eder
Globulin	8.00	Proteazlara karşı inhibisyon yapar
Ovoinhibitor	1.50	Serin proteazları inhibe eder.
Ovoglikoprotein	1.00	Sialoproteindir.
Ovoflavoprotein	0.80	Riboflavini bağlar.
Ovomakroglobulin	0.50	Güçlü antigenik özelliğe sahiptir.
Sistatin	0.05	Tiol preoteazları inhibe eder.
Avidin	0.05	Biotini bağlar

Günde iki büyük yumurta tüketimi, bireyin günlük protein gereksiniminin yaklaşık %20’sini, enerji gereksiniminin %8’ini, kalsiyum gereksiniminin %10’unu, fosfor ve demir gereksiniminin ise %20’sini karşılamaktadır. Kolesterol yalnızca yumurta sarısında bulunmakta olup, iri boy bir yumurta yaklaşık 200–220 mg kolesterol içermektedir. Ticari yumurtalar omega-6 yağ asitleri bakımından zengin, omega-3 yağ asitleri bakımından ise sınırlı içeriğe sahiptir (Açıkgöz ve Önenç, 2006). Günümüzde üretilen yumurtanın yaklaşık %30’unun işlenmiş ürünlere dönüştürüldüğü

bildirilmektedir. İşlenmiş yumurta ürünleri omlet, pişirilmiş-soyulmuş yumurta ve mayonez gibi ürünlerde temel bileşen olarak kullanılırken, dondurma, şekerleme, makarna ve fırıncılık ürünlerinde de düşük oranlarda yer almakta, ancak son ürünün özellikleri üzerinde önemli etkiler göstermektedir (Güner ve Telli, 2021). Yumurtanın emülgatör olarak kullanımı ile içerisindeki su ve yağ arasındaki yüzey gerilimini azaltarak emülsiyonların oluşumunu kolaylaştırır. Bu nedenle, yumurta sarısı, mayonez, salata sosları, ekmek, bisküvi, kek, pasta ve diğer birçok gıda ürününde kullanılır (Huopalahti ve ark., 2007).

2.4.2.Yumurta alerjisi

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve WHO, immünoglobulin E (IgE) aracılı reaksiyonlara odaklanan özel bir uzman danışmanlığında, sekiz ana gıda alerjisi kategorisi tanımladılar, bunlar; yumurta, süt, fıstık, susam tohumu, un, balık ve kabuklu deniz ürünleridir. Yumurta alerjisi, çocukluk döneminde yapılan araştırmaların bir kısmında inek sütü alerjisinden sonra ikinci sırada, bazı çalışmalarda ise en yaygın görülen besin alerjisi olarak öne çıkmaktadır (Seidita ve ark., 2025). Yumurta alerjisi, vücudun hem yumurta akında hem de yumurta sarısında bulunan proteinlere aşırı tepki vermesi sonucu ortaya çıkar. Yumurta akında dört ana protein, yumurta alerjilerine neden olan etkenlerdir. Yumurta sarısı proteinlerinin yumurta akı proteinlerine kıyasla daha az alerjenik olduğu bildirilmiştir (Dona ve Suphioglu, 2020). Yumurta akında bulunan alerjik proteinler ovomukoid, ovalbumin, ovotransferrin ve lizozimdir. Sarı kısmında ise alfa livetin ve YGP42 proteinleri alerjenite oluşturur. Yumurta sarısı alerjisi daha çok yetişkinlerde görülmektedir (Tan ve Joshi, 2014).Pişirme işlemi sırasında yoğun ısıtmanın proteinin alerjenliğini azaltması ve gıda matrisiyle etkileşim yoluyla alerjene erişimi azaltabilmesi ile ısıl işleme tabi tutulan yumurta proteinleri alerjenitesi de azalır (Samady ve ark., 2020). Yumurta akı proteinlerinin alerjik özellikleri Tablo 2.7’de gösterilmiştir.

Tablo 2.7.Yumurta Akı Alerjenlerinin Özellikleri (Caubet ve Wang, 2011)

Alerjen Protein	Yumurta Akı %	Isıl işlem Görme (IgE Bağlanma Aktivitesi)	Alerjenik Aktivite
Ovomukoid (Gal d 1)	11.00	Stabil	Yüksek
Ovalbumin (Gal d 2)	54.00	Dengesiz	Orta
Ovotransferrin (Gal d 3)	12.00	Dengesiz	Düşük
Lizozim (Gal d 4)	3.40	Dengesiz	Orta

Yumurta alerjisi, ürünün ısıtılma tabi tutulup tutulmamasına göre değerlendirilmelidir. Alerjisi olan bireylerin bir kısmının aşırı derecede ısıtılmış veya pişmiş yumurtayı tolere edebildiği bildirilmiştir (Sibincic ve ark., 2025). Yumurta alerjisinde, ani başlangıçlı ve yaşamı tehdit eden reaksiyonlardan kronik süreçte gelişen durumlara kadar oldukça değişken klinik tablolar görülebilmektedir. Bebeklik döneminde ortaya çıkan yumurta alerjilerinde ise klinik semptomlara genellikle deri bulguları görülmektedir (Gallagher ve ark., 2025). Yumurta alerjisi klinik tanısı alan hastaların diyetinden yumurta ve türevleri tamamen uzaklaştırılmalıdır. Alerjenlere karşı zamanla tolerans gelişme potansiyeli nedeniyle, hastaların düzenli aralıklarla alerji uzmanları tarafından değerlendirilmesi, yumurtanın tüketim formu (fırınlanmış, haşlanmış vb.) ve miktarının uzman kontrolünde optimize edilmesi büyük önem arz etmektedir (Ünsal ve Soyer, 2021). Bebeklik çağında hastaların ilk başvuruları çoğunlukla ürtiker ve atopik dermatit semptomları ile gerçekleşmektedir; ancak literatürde anafilaktik reaksiyonlarla seyreden olgular da rapor edilmiştir. Yumurta alerjisinin klinik özellikleri ve laboratuvar bulguları yaşa göre değişebilir. Solunum semptomları 2 yaş üstü hastalarda belirgindir. Bu nedenle klinik özellikler ve tanı testleri yaş grupları dikkate alınarak değerlendirilmelidir (Nacaroglu ve ark., 2016). Tavuk yumurtası alerjisi, Batı ülkelerinde en sık görülen besin alerjilerinden biridir ve oranı giderek artmaktadır. Şimdiye kadar yumurta alerjisinin %1.6 ila %10.1 ve çocukların %9.5'ini etkilediği tahmin edilmektedir. Hastalığın başlangıcı en sık yaşamın ilk yılında görülmektedir. Yumurta alerjisinin genellikle 2 yaşında %1.2-2.9 arasında bir

prevalansa sahip olduğu bulunmuştur. 3 yaşındaki vakaların %80'inde ve 5-6 yaş arasındaki çocukların %38-90'ında doğal çözünürlük tahmin edilmektedir. Yumurtaya karşı klinik aşırı duyarlılık, 6–12 yaş arasındaki çocuklarda %60 oranında gözlenmektedir (Caffarelli ve ark., 2022). Fırınlanmış yumurtaya tolerans diğer yumurta pişirme şekillerinden daha iyi bir sonuç verir. Yumurta alerjisi, anafilaksi ve ciddi kronik gastroenteropati gibi klinik tablolara yol açabilmesi nedeniyle önemli bir sağlık sorunu olarak değerlendirilmektedir. Uygulanacak eliminasyon diyeti yetersiz ve dengesiz beslenmeye neden olabilir ve gelişim geriliği riskini artırabilir. Ayrıca, yumurta alerjisi, semptom şiddetinden bağımsız olarak çocukların ve ebeveynlerin sosyal aktivitelerini sınırlayarak yaşam kalitesini düşürür (Samady ve ark., 2020). 1 Orta Boy (44 g) Haşlanmış yumurta içeriği Tablo 2.8'de gösterilmiştir (Caffarelli ve ark., 2022).

Tablo 2.8.1 Orta Boy (44 g) Haşlanmış Yumurta İçeriği

Besin Ögesi	Miktar
Protein	5.50 g
Toplam Yağ	4.20 g, (1.40 g'ı doymuş yağ)
Kolesterol	162.00 mg
Sodyum	189.00 mg
Fosfor	86.70 mg
Potasyum	60.30 mg
Kalsiyum	24.60 mg
Magnezyum	5.30 mg
Demir	0.80 mg
Lutein ve zeaksantin	220.00 µg
Folat	15.40 µg
Selenyum	13.40 µg

2.5.Vegan Beslenme

Vejetaryen beslenme bitkisel besinlerin ağırlıklı tüketilip hayvansal besinlerin sınırlı tüketimiveya hiç tüketilmemesi ile ilişkilendirilen bir beslenme şeklidir. Vejeteryan beslenme izin verilen veya tolere edilen besin içeriklerine göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Bunlar; Lakto vejetaryen, ova vejetaryen, lakto-ova vejetaryen, polo vejetaryen, pesko vejetaryen, semi vejetaryen ve vegan olarak çeşitlenmektedir (Bakaloudi ve ark., 2021). Vegan beslenme ise hayvansal besinlerin hiçbirinin tüketilmemesine dayanır. Vegan yaşam tarzı çerçevesinde, hayvansal gıda tüketiminin reddedilmesine ek olarak; ipek, yün, deri gibi hayvan kökenli yan ürünlerin ve benzer bileşenlere sahip kozmetik materyallerinin de kullanılmamaktadır (Gökçen ve ark.,2019). Vegan diyeti temel olarak sebze, meyve, tahıl ve kurubaklagil kaynaklı besinlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, iyi planlanmamış vegan diyetlerde yüksek diyet lifi alımı ve besin seçimlerindeki dengesizlikler, enerji ve protein alımının yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Yüksek lif içerikli beslenme makro besin ögesi dengesini etkilemekle birlikte; gastrik distansiyona (mide gerginliği) yol açarak mide boşalmasını geciktirmekte ve postprandiyal (yemek sonrası) glisemi dalgalanmalarını baskılamaktadır (Wang ve ark., 2023). Vegan beslenme ile B12 vitamini, kalsiyum, demir, çinko gibi bazı vitamin ve minerallerin gereksinim düzeyikarşılanamamaktadır. Günlük protein alımının üçte biri hayvansal besinlerden karşılanmalıdır. Meyve, sebze ve tahıllar esansiyel aminoasitlerden kısıtlıdır (Kniskern ve Johnston, 2011; Neufingerl ve Eilander, 2021). Vegan diyetlerde balık tüketimi olmadığından omega-3 yağ asiti yönünden fakirdir. Veganlar, vegan olmayanlara kıyasla eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) alımları düşüktür (Koutentakis ve ark., 2023). Bitkisel yağlar fazla tüketildiğinden ise omega-6 alımı fazla olur. B12 vitamini hayvansal kaynaklı besinlerde bulunur, bitkisel besinlerde bulunmaz bu yüzden bu tip beslenen bireylerde eksikliği görülür. Veganlar düzenli B12 vitamini takviyesi almalıdır (Richter ve ark., 2016). Süt ve süt ürünlerinden alınan kalsiyum yokluğunda eksik kalır, bunu yeşil yapraklı sebzeler, tahıllar ve kurubaklagillerden karşılamak gerekmektedir. Vejetaryenlerde demir eksikliği oluşabilir bu bitkisel kaynaklardan karşılanırsa da yeterli olmaz, bitkisel demirin biyoyararlanımı düşüktür (Weikert ve ark., 2020). Çinko hayvansal olarak kırmızı et, karaciğer, balık, süt, yumurta, peynirde bulunur. Bitkisel kaynaklardaki çinko emilimi PA'dan dolayı hayvansal kaynaklardan daha az olur.

Filizleme, mayalama, fermente etme, ıslatma ile PA miktarı azaltılmaktadır (Gökçen ve ark.,2019). Vegan diyet modelleri Tablo 2.9’da gösterilmiştir.

Tablo 2.9.Vegan Diyet Modelleri (Bakaloudi ve ark., 2021).

Diyetler	Tüketilenler
Lakto-ovo vejetaryen	Yumurta, süt ürünleri ve bal dışında hiçbir hayvansal gıda tüketilmez.
Lakto vejetaryen	Süt ürünleri ve bal dışında hiçbir hayvansal gıda tüketilmez.
Ovo-vejetaryen	Yumurta dışında hiçbir hayvansal gıda tüketilmez.
Polo-vejetaryen	Sadece kümes hayvanları tüketilir.
Pesco-vejetaryen	Balık, süt ürünleri ve yumurta tüketilirken, et ve tavuk tüketilmez.
Vegan	Hiçbir hayvansal gıda tüketilmez ve ürün kullanılmaz.
Rawists	Hiçbir hayvansal gıda ve 46°C üzerinde pişmiş gıdalar tüketilmez.
Fruitarian/ Fruit-fed	Yalnızca işlenmemiş meyve ve botanik açıdan meyve sayılan gıdalar tüketilir.
Fleksitaryen	Temelde bitkisel gıdalar tercih edilirken dengeli beslenmek için hayvansal gıdalar da tüketilir.
Zenmakrobiyotik	İki gruba ayrılır; bir kısım diyetlerinde tahıl, baklagil, meyve ve sebze tüketirken diğer kısım sadece tahıl ürünleri tüketir.

Veganlar hayvansal besin tüketmedikleri için onlara özgü besinler üretilmesi gereklidir. Vegan beslenmeyi benimseyen bireylerin kendi gıdalarını üretmeye ve hayvansal ürünlerin ikamelerini evde hazırlamaya başlamaları, gıda harcamalarında mali bir avantaj yaratmaktadır. Bu bağlamda veganlığın, gıda harcamalarını optimize eden bir unsur olmasına karşın, mutfakta geçirilen zaman odağında iş gücü ve zaman maliyetini artıran iki yönlü bir etkiye sahip olduğu görülmektedir (Aksürmeli ve Beşirli, 2019). Veganlara uygun farklı tarifler ile sağlığa yararlı alternatifler oluşturulmaktadır.

MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bisküvide kullanılan un, nohut, şeker, margarin, kabartma tozu ve yumurta Erzincan ilinde yerel marketlerden temin edilmiştir. Aquafaba, alınanDuru marka Koçbaşı yani kabulü tip nohut ile hazırlanmıştır. Kullanılan un Sinangil markabeyaz buğday unudur. Yüksek protein oranı yumuşaklık sağlarken düşük proteinli unlar gevreklik oluşturmaktadır. Torku marka pudra şekeri, Ülker Bizim marka margarin kullanılmıştır. Kullanılan Kent marka kabartma tozunun içerisinde kabartıcılar (sodyum asit pirofosfat ve sodyum bikarbonat) ve mısır nişastası vardır. Keskinoglu markalı yumurta kullanılmıştır.

3.2. Metot

Aquafaba üretiminde ev tipi Arçelik RHB 6050 S marka mikser kullanılmıştır. Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddelerin ve elde edilen bisküvi örneklerinin gramaj ölçümleri Ohaus Pioneer marka hassas terazi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, biri aquafaba, diğeri ise yumurta akı içeren olmak üzere iki farklı bisküvi formülasyonu hazırlanmıştır. Her iki formülasyonda da kullanılan köpük oluşturu bileşenin toplam formülasyondaki oranı %12,5 olarak belirlenmiştir. Aquafaba içeren formülasyonda %12,5 oranında aquafaba, kontrol formülasyonunda ise %12,5 oranında yumurta akı kullanılmıştır.

Yumurta, bisküvi üretiminde kaliteli bir köpük yapısının oluşturulması açısından önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir (Manley, 2011). Yumurta akı ise bisküvi yapısının geliştirilmesine katkı sağlayan bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Uyar, 2021). Aquafabanın yumurta akına benzer köpük oluşturma özellikleri göstermesi nedeniyle, çalışmada aquafaba ile hazırlanan bisküvi örneğinin karşılaştırılabilmesi amacıyla kontrol grubu yumurta akı kullanılarak hazırlanmıştır.

3.2.1. Bisküvi Reçetesi Oluşturma

Aquafabalı ve kontrol bisküvi reçetesi oluşturulurken standart bebe bisküvisi örnek alınmıştır. Standart bisküvi reçetesine göre yüzdelik oranlar ayarlanarak Tablo 3.1. oluşturulmuştur.

Tablo 3.1. Aquafabalı ve Kontrol Bisküvi Reçetesi % Oranları

	Un	Şeker	Margarin	Kabartıcı	Aquafaba	Yumurta Akı
Aquafabalı (453)	49.40	21.50	16.10	0.50	12.50	-
Kontrol (386)	48.40	22.10	16.50	0.50	-	12.50

3.2.2. Aquafaba hazırlanması

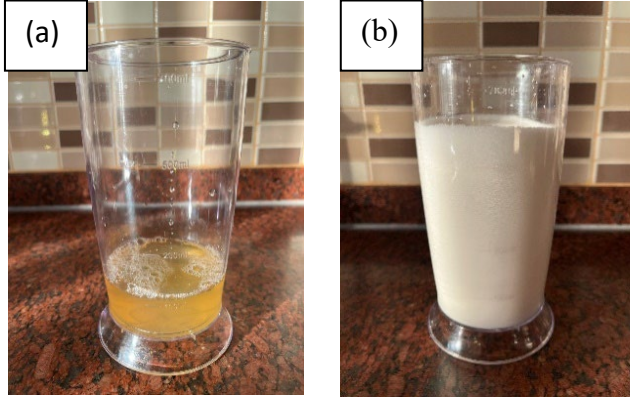
Aquafabalı ve yumurtalı(kontrol) bisküvi örneklerinin hazırlanması malzeme temini ardından uygulanmıştır. Aquafabalı bisküvi için gerekli olan nohut suyu hazırlanmıştır. Bu işlem için 120 g nohutun 16 saat boyunca 25 C° oda sıcaklığında 800 mL distile su içerisinde bekletilmiş ardından süzülerek musluk suyunda iki kez yıkanmıştır. Düdüklütencereye alınan nohutlar 400 mL su eklenerek 30 dk kaynatılmıştır. Haşlanan nohutlar standart oda sıcaklığına geldikten sonra suyu süzülerek buzdolabında 12 saat bekletilmiştir (Şekil3.1). Oluşan nohut haşlama suyu temelde kullanılan aquafabayı oluşturmaktadır. Bu nohut haşlama suyu buzdolabında 4 C°'de 3 gün saklanarak analizler için kullanılmıştır (Bekdemir, 2023).



Şekil 3.1. Aquafaba (Nohut Haşlama Suyu) Hazırlama Şeması

3.2.3. Bisküvi Örneklerinin Hazırlanması

Soğutulan aquafabadan 100 mL behere alınarak Arçelik RHB 6050 S çırpıcı ile çırpılarak köpürtme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sıvı şeklindeki sarımsı renkli nohut suyundan hiç iz kalmayıp tamamen beyaz renkte köpük forma dönüşene kadar çırpılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Üzerine 160 g pudra şekeri eklenerek spatula yardımı ile aşağıdan yukarıya olacak şekilde köpük söndürülmeden yavaşça karıştırılmıştır. Ardından 120 g margarin ufak parçalara doğranmış olarak eklenmiş ve karıştırma işlemine devam edilmiştir. 355 g un ve 5 g kabartma tozu da eklenerek hamur yoğurulmuştur. Oluşan hamur 30 g'lık eşit parçalara ayrılıp, yuvarlak hamur bezesi hale getirilmiş ve bezeler 60 mm çaplı ve 10 mm kalınlıkta olacak büyüklükte şekillendirilmiştir. Oluşturulan bisküviler pişirme tepsisine yerleştirilmiş ve 35 dk boyunca Arçelik AFC 331 B markalı fırında 160C° ayarında orta rafta pişirilmiştir. Pişirilen aquafabalı bisküviler fırından çıkartılarak soğumaya bırakılmıştır. Aynı şekilde kontrol bisküvi oluşumu için tüm aşamalar tekrarlanmıştır. Bu aşamada Aquafaba yerine 90 mL yumurta akı kullanılmıştır.

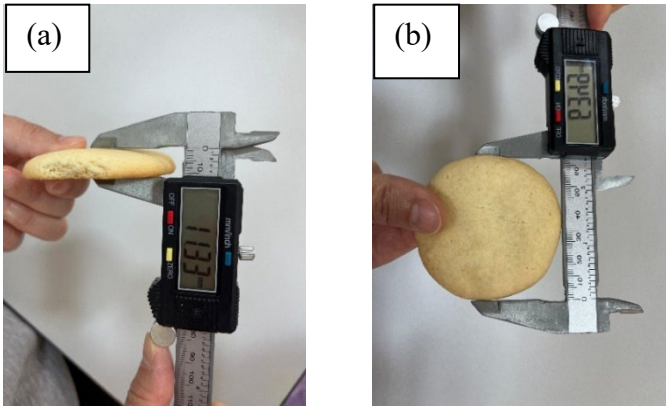


Şekil 3.2. Aquafabanın (a) ve Çırpılmış Aquafabanın (b) Görünümü

3.2.4. Bisküvi Fiziksel Analizleri

3.2.4.1. Çap ve Kalınlık Ölçümü

Aquafaba ve kontrol bisküvi örneklerinin çap ve kalınlık ölçümleri kumpas kullanılarak yapılmıştır. Bisküvi ölçümleri üç tekrarlı yapılmıştır. Çap ve kalınlık değerleri sonuç alımı için 4 farklı bisküvi ölçülerek ortalamaları alınmıştır (Mustafa ve ark.,2018).



Şekil 3.3. Bisküvilerin (a) Kalınlık ve (b) Çap Ölçümlerinin Gerçekleştirilmesi

3.2.4.2. Yayılma Oranı Ölçümü

Formülasyonların fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hesaplanan yayılma oranı; bisküvi örneklerinin çap değerlerinin, kalınlık değerlerine bölünmesiyle elde edilmiştir (Demir., 2015).

$$\text{Yayılma oranı} = \frac{\text{Çap}}{\text{Kalınlık}} \quad (3.1)$$

3.2.4.3. Ağırlık Ölçümü

Piştirme kaybı oranı (% , ıslak ağırlık), pişirmeden önceki hamur ağırlığı ile piştirme ve 30 dk oda sıcaklığına soğutmadan sonraki bisküvi ağırlığı arasındaki fark olarak belirlenmiştir (Demir, 2015). Bisküvi ölçümleri üç tekrarlı yapılmıştır. Aquafabalı ve kontrol bisküvi örneklerinin gramajları hassas terazi ile ölçülmüştür.

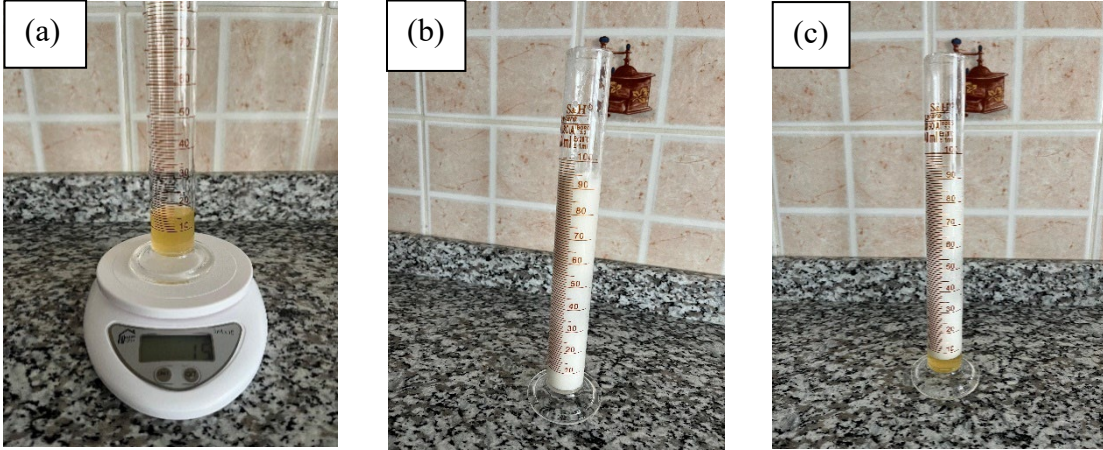
3.2.4.4. Köpük Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi Ölçümü

Köpürme Kapasitesi (KK) ve Köpük Stabilitesi (KS) yumurta akına kıyasla yapılan analizler ile belirlenmiştir. 15 mL aquafaba ve 15 mL yumurta beyazı alınarak 10 dk boyunca Arçelik RHB 6050 S çırpıcı ile çırpılmıştır. Çırpılmış numunelerin köpük hacimleri başlangıç (H0) ve 30 dk sonra(H30) ölçülerek hesaplanmaktadır. (Mustafa ve ark.,2018). Aquafabalı ve kontrol bisküvi ölçümleri üç tekrarlı yapılmıştır

$$\%KK= (H0/ aquafaba \text{ ml}) \times 100 \quad (3.2)$$

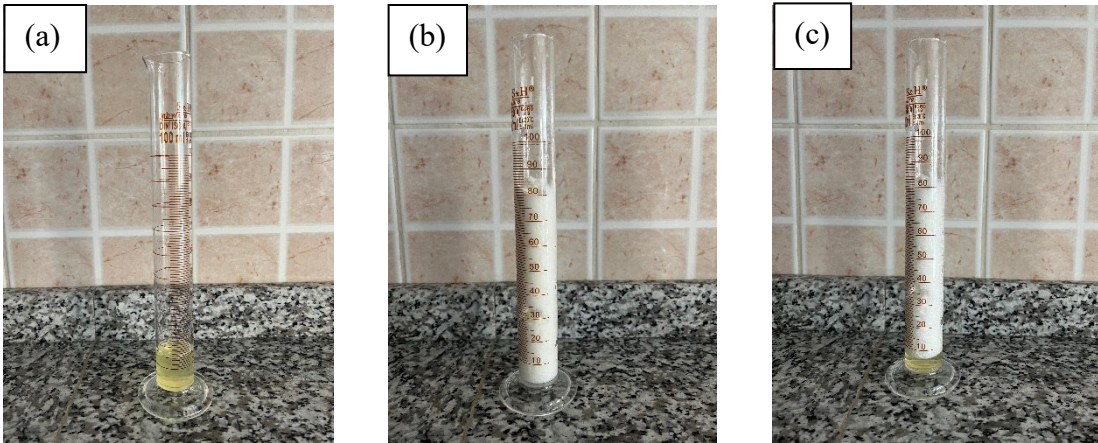
$$\%KS = (H30 /H0) \times 100 \quad (3.3)$$

Köpük kapasitesi ölçümü için 100 ml’lik mezür kullanılmıştır. Sıvı şeklindeki aquafaba ve yumurta akı ayrı ayrı 15 mL beherlere aktarılmıştır. Aquafabalı bisküvi köpük kapasitesi ölçümü için 15 mL aquafaba beher içerisinde çırpılmaya başlanır, çırpma hızı ilk seviyede iken 5 dk çırpılır ve hız ikinci seviyeye getirilip 5 dk daha çırpılmıştır. Toplamda 10 dk çırpıldıktan ve köpük kıvam oluşturulduktan sonra mezüre aktarılarak değer ölçülmüştür, başlangıç olarak kaydedilmiştir. 30 dk bekletip, 30. dk sonunda köpük kaç mL kaldı ise o değer kaydedilmiştir. Bisküvi ölçümleri üç tekrarlı yapılmıştır.



Şekil 3.4.10 mL Aquafaba (a) Başlangıç Hacmi, (b) Çırpma Sonrası Başlangıç Hacmi (H_0) ve (c) Çırpma İşleminin 30 Dakika Sonraki Hacmi

Yumurta akı içinde aynı şekilde tüm işlemler gerçekleştirilmiştir.



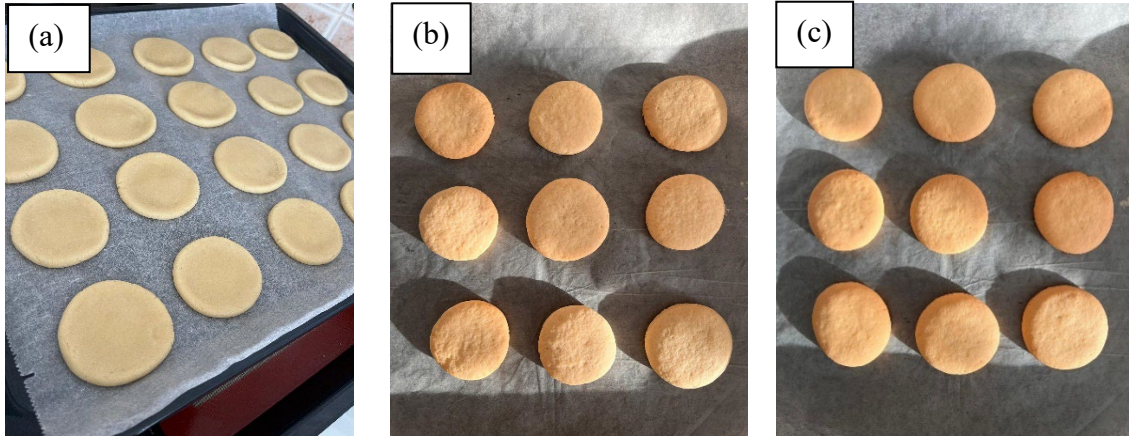
Şekil 3.5.10 mL Yumurta Akı (a) Başlangıç Hacmi, (b) Çırpma Sonrası Başlangıç Hacmi (H_0) ve (c) Çırpma İşleminin 30 Dakika Sonraki Hacmi

Köpük stabilitesi için, 30 dk sonraki köpük hacminin ilk köpük hacmine oranlanarak 100 ile çarpılması ile bulunmuştur. Aquafabalı ve kontrol bisküvi örneğinde köpük kapasitesinde ölçülen değerler kullanılmıştır (Mustafa ve ark.,2018).

$$\%KS = (H_{30} / H_0) \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.4.5. Renk Ölçümü

CIELAB koordinatlarına [L^* (açıklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık)] ayarlanmış, standart aydınlatıcı A, a 10° standart gözlemci açısına sahip bir Hunterlab Mini Scan XE kolorimetresi (HunterAssociates Laboratuvarı, Reston, VA) kullanılarak belirlenmiştir. Cihaz, renk kontrolü için siyah ve beyaz fayanslarla ($X = 79.1$, $Y = 83.8$, $Z = 89.4$) ve pembe bir fayansla ($L = 76.2$, $a = 25.7$, $b = 17.4$) standardize edilmiştir. Bisküvi kırıntıları (30 g, 40 mm, 15 mm) en orta kısmından üç kez ölçülmüş ve her numune için üç tekrarlama ile okumalar arasında saat yönünde 90° döndürülmüştür (Mustafa ve ark.,2018).



Şekil 3.6. Bisküvilerin (a) Pişirme Öncesi, (b) Pişirme Sonrası Aquafabalı ve (c) Pişirme Sonrası Kontrol Bisküvi Renk Görünümleri

3.2.5. Proksimet analizleri

3.2.5.1. Nem İçeriği

Bisküvi nemi AACC yöntemi 44-19.01'e (AACC, 2000) göre belirlenmiştir. 16-18 saat boyunca sabit tartıma gelene kadar 100 ± 2 C°'de bir hava fırınında kurutulmadan önce ve sonra bisküvi örneklerinin ağırlık farkı alınarak hesaplanmıştır (Olçay ve Demir, 2022).

3.2.5.2. Karbonhidrat Tayini

Karbonhidrat tayini farklılık metodu kullanılarak yapılmıştır. Besin içerisindeki protein, yağ ve kül miktarı toplanıp 100'den çıkarılarak karbonhidrat oranı belirlenmiştir (Engi, 2024). Kontrol bisküvi içinde aynı şekilde tüm hesaplamalar yapılmıştır.

$$\%CHO = 100 - (\%yağ + \%protein + \%kül + \%nem) \quad (3.5)$$

3.2.5.3. Protein Tayini

Protein tayini AOAC 2001.11 analiz metoduna göre belirlenmiştir. Bu metodun temel prensibi; numunedeki organik azotun bakır katalizör eşliğinde yakılarak amonyuma ve ardından buhar distilasyonu ile borik asit içinde toplanarak titre edilmesidir (Erken ve ark., 2020).

3.2.5.4. Yağ Tayini

Yağ tayini TS 6180 EN ISO 3947 analiz metoduna göre belirlenmiştir. Bu metot, özellikle yağ içeriği %1.5'in altında olan nişasta örneklerinin analizi için tasarlanmıştır ve referans yöntem olarak kabul edilmiştir (Üzümcü ve Özsisli, 2023).

3.2.5.5. Besin Değeri

Örneklerin toplam kalorileri (kkal); formülasyona giren tüm ham maddelerin karbonhidrat, protein ve yağ bileşenlerinden gelen kalori değerlerinin toplanması esasına dayanarak hesaplanmıştır (Rakıcıoğlu ve ark., 2000). Kontrol örneğinin enerji değerleri de aynı yöntemle tespit edilmiştir.

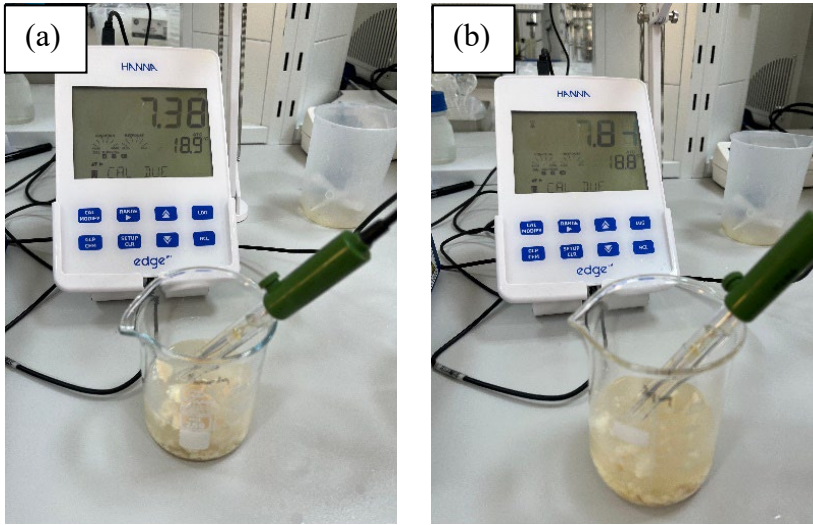
$$\text{Enerji (kkal/100g)} = [9x(\%yağ)] + [4x(\%CHO)] + [4x(\%protein)] \quad (3.6)$$

3.2.5.6. Hidroklorik Asitte (HCl'de) Çözünmeyen Kül Tayini

Kül tayini TS 2383 analiz metoduna göre belirlenmiştir. Bu metot bisküvilerde toplam kül miktarının belirlenmesi ile gıda kalitesinin tespiti için kullanılmıştır (Mut ve ark., 2024).

3.2.6. PH Ölçümü

Aquafaba içeren ve kontrol grubu bisküvilerin pH (Hanna Instruments, ABD) değerleri ayrı ayrı ölçülmüştür. Ölçüm öncesinde pH metre, pH 7,00, 4,00 ve 10,00 tampon çözeltileri kullanılarak kalibre edilmiştir. Bisküvi örneklerinin pH ölçümleri üç paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bisküvi örneklerinin hazırlanmasından önce, kullanılan aquafaba ve yumurta akının pH değerleri ölçülmüştür. Aquafaba içeren bisküvi örneklerinin pH değerlerinin belirlenmesinde, öğütülerek homojen hâle getirilen bisküvi kırıntılarından 10 g alınarak 90 mL damıtılmış su ile karıştırılmış ve karışım 1 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen karışımlar, katı ve sıvı fazların ayrılmasını sağlamak amacıyla 4 °C’de 1 saat süreyle bekletilmiş ve ardından üst fazın pH değeri ölçülmüştür (Aksoy, 2021). Yumurta akı içeren bisküvi örneklerinin pH değerlerinin belirlenmesinde de aynı yöntem uygulanmıştır.



Şekil 3.7. (a) Aquafaba ve (b) Yumurta Akı pH Ölçümü

3.2.7. Tekstür Profil Analizi (TPA)

TPA analizi için TA.XT Plus Texture Analyser cihazı kullanılmıştır. TA.XT Plus gibi cihazlar yardımıyla silindirik veya bıçak probalar kullanılarak bisküvinin sertlik ve kırılabilirlik değerleri ölçülür. Bu analiz ile bisküvilerde sertlik, yapışkanlık, elastikiyet değerlerine bakılmıştır (Tuğan ve ark., 2022).



Şekil 3.8. TA-XT Plus Cihazı ile Bisküvi Ölçümü

3.2.8. Hidroksi Metil Furfural Tayini

5-Hidroksi Metil Furfural (HMF)'i belirlemek için 6.9 g numune alınıp ve damıtılmış su ile 50 ml'ye kadar seyreltilmiştir. Numuneler daha sonra safsızlıkları gidermek için 0.45 µm'lik bir membran filtreden geçirilmiştir. Numuneler daha sonra bir HPLC cihazına (HPLC, Agilent Technologies, Kaliforniya/ABD) enjekte edilmiştir. Numunelerdeki HMF miktarı, farklı konsantrasyonlarda HMF standardı ile hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak kantitatif olarak belirlenmiştir. Hareketli faz, 1 ml/dakika akış hızında %80 damıtılmış su ve %20 metanol ile hazırlanmıştır. Kromatografik ayırma, oda sıcaklığında 285 nm dalga boyunda bir DAD dedektöründe gerçekleştirilmiştir. Kullanılan kolonun özellikleri: C18, partikül çapı 3 µm, kolon L × ID; 150 × 4,6'dır (Göncü, 2024).

3.2.9. Duyusal Analiz

Ayırt etme testleri ürün kalitesi kontrolü araştırma çalışmalarında kullanılmıştır. Sıralı skala kullanılmıştır. Duyusal analiz testi 20-55 yaş aralığında yarısı eğitimli 15 bireye uygulanmıştır. 10 kadın 5 erkek teste katılmıştır. Bisküvi örneklerine rastgele üç rakamlı kodlar verilmiştir. Aquaafabalı bisküvi kodu 453, kontrol bisküvi kodu ise 386'dır. Görünüş, renk, sertlik, lezzet, gevreklik, kalite, koku, çiğnenebilirlik, sunum, kabul edilebilirlik ve ağızda bıraktığı his puanlanmıştır. Her bir özellik için dokuznoktalı hedonik ölçek kullanılarak değerlendirilmiştir. [1=Tüketilemez, 2=Çok Kötü, 3=Kötü

(Kusurlu), 4=Sınırdı (Biraz zayıf), 5=Orta, 6=Oldukça iyi, 7=İyi, 8=Çok iyi, 9=Mükemmel]. (Çifçi ve Eminsoy,2024).

3.2.10. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS sürüm 25.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Varyansanalizi kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır (Ervural., 2020). Kontrol bisküvi ve aquafabalı bisküvi karşılaştırılmış, ikili karşılaştırma testi uygulanmıştır.

BULGULAR

4.1. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Ölçümleri

Aquafabalı bisküvi için pişirmeden önce çap 60mm ölçülmüştür. Pişirildikten sonra ise 4 bisküvi ortalaması alınarak genişlik hesaplanmıştır. Alınan aquafabalı bisküviler 65.05 mm, 64.5 mm, 64.9 mm, 65.6 mm olarak ölçülmüştür, ortalama genişlik 64.01 mm olmuştur. Kontrol bisküvi örneğinde ise çap pişirilmeden önce aynı ayarlanmış, pişirildikten sonra 4 bisküvi ölçülüp ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bisküviler 64.05 mm, 64.5 mm, 64.3 mm, 63.9 mm olarak ölçülmüştür, ortalama genişlik 64.19 mm olmuştur. Kalınlık ölçümü aquafabalı bisküvide pişirilmeden önce yaklaşık 10 mm ölçülmüştür. Pişirildikten sonra ise 4 bisküvi ortalaması alınarak hesaplanmıştır. 11.3 mm, 11.6 mm, 11.9 mm, 11.2 mm cm ölçülmüştür. Ortalama kalınlık 11.5 mm olmuştur. Kontrol bisküvide kalınlık pişirilmeden önce aynı iken pişirildikten sonra 4 bisküvi ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Bisküviler 10.9 mm, 10.7 mm, 11.3 mm, 11.5 mm hesaplanmıştır. Ortalama kalınlık 11.3 mm hesaplanmıştır. Aquafabalı bisküvi için yayılma oranı 64.01/11.5 iken kontrol bisküvide yayılma oranı 64.19/11.3 olarak hesaplanmıştır. Aquafabalı ve kontrol bisküvi örnekleri için ölçülen 4 örnek bisküvi çap ve kalınlık değerleri ANOVA analizi ile hesaplanarak Tablo 4.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Çap ve Kalınlık Analizi

Tanımlayıcılar	n	Ortalama $\pm$ SS	%95 Güven Aralığı	Minimum	Maksimum
Çap (mm)					
Kontrol	5	63.35 $\pm$ 1.88	61.07–65.69	60.00	64.50
Aquafaba	5	64.01 $\pm$ 2.27	61.18–66.83	60.00	65.60
Toplam	10	63.68 $\pm$ 2.00	62.24–65.11	60.00	65.60
Kalınlık (mm)					
Kontrol	5	10.88 $\pm$ 0.58	10.15–11.60	10.00	11.50
Aquafaba	5	11.20 $\pm$ 0.72	10.30–12.09	10.00	11.90
Toplam	10	11.04 $\pm$ 0.64	10.57–11.50	10.00	11.90

Dipnot: ANOVA analizi uygulanmıştır.

4.2. Ağırlık Ölçümü

Çalışma kapsamında, aquafabalı ve kontrol grubu bisküvi hamurları pişirme işlemi öncesinde 30'ar gramlık porsiyonlar halinde hazırlanmıştır. Fırınlama işleminin ardından her iki bisküvi formülasyonunda da 10 gramlık bir ağırlık kaybı (pişirme kaybı) tespit edilmiştir. Bisküvilerin fiziksel özellikleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Bisküvilerin Fiziksel Özellikleri

Bisküvi	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma oranı (Ç/K)	Ağırlık (g) (ilk ölçüm pişmemiş)	Ağırlık (g) (son ölçüm pişmiş)
Aquafaba	64.01	11.50	5.56	30.00	20.00
Kontrol	64.19	11.30	5.68	30.00	20.00

4.3. Köpük Kapasitesi ve Köpük Stabilitesi Ölçümü

Aquafabanın 10 dakika süreyle çırılması sonucunda köpük hacmi 90 mL olarak belirlenmiştir. Kontrol grubu olarak kullanılan yumurta akınının ise 10 dakika çırılması sonucunda köpük hacmi 80 mL olarak ölçülmüştür. Köpük stabilitesinin belirlenmesi amacıyla 15 mL aquafaba çırılarak başlangıçta (0. dakika) 90 mL köpük hacmine ulaşması sağlanmıştır. Otuz dakika bekletme sonunda beherin alt kısmında 6 mL aquafabanın sıvı forma dönüştüğü ve köpük hacminin 84 mL olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, 15 mL yumurta akınının çırılması sonucunda başlangıçta (0. dakika) 80 mL köpük hacmine ulaştığı, 30 dakika bekletme sonunda ise beherin alt kısmında 7 mL yumurta akınının sıvı forma dönüştüğü ve köpük hacminin 73 mL'ye düştüğü tespit edilmiştir.

Aquafabanın köpük stabilitesi (KS) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\text{Aquafaba KS} = (84/90) \times 100 = \%93,33$$

Yumurta akının köpük stabilitesi ise:

Yumurta akı KS = $(73/80) \times 100 = \%91,25$ olarak bulunmuştur.

Bisküvilerin köpük özelliklerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.3'te gösterilmiştir.

Tablo 4.3. Aquafaba ve Yumurta Akı Köpük Özellikleri

Ölçümler (mL)	Aquafaba	Yumurta Akı
Köpük kapasitesi (çırpmadan önceki)	15	15
Köpük stabilitesi (çırptıktan sonraki 0. dk)	90	80
Köpük stabilitesi (çırptıktan 30 dk sonra)	84	73
Köpük stabilitesi (beherin altında oluşan sıvı)	6	7

4.4. Renk Ölçümü

Laboratuvarda yapılan renk ölçümünde aquafabalı bisküvi L* (açıklık) ölçümü 3 bisküvi ölçülerek ortalaması alınıp hesaplanmıştır. Bisküviler L* değeri 72.74, 72.35, 69.14 olarak ölçülmüştür. Ortalama aquafabalı bisküvi L* değeri 71.41 bulunmuştur. Kontrol bisküvide ise L* değeri 69.54, 68.03, 69.31 olarak ölçülmüştür. Kontrol bisküvi L* değeri 68.96 olarak bulunmuştur.

a* (kırmızılık) değeri içinde 3 bisküvi ölçülerek ortalaması alınıp hesaplamalar yapılmıştır. Aquafabalı bisküvi için a* değerleri 4.98, 5.37, 6.09 ölçülmüştür. Ortalama aquafabalı bisküvi a* değeri 5.48 bulunmuştur. Kontrol bisküvi için a* değerleri 8.20, 9.04, 8.52 ölçülmüştür. Ortalama kontrol bisküvi a* değeri 8.59 bulunmuştur.

b* (sarılık) değeri içinde 3 bisküvi ölçülerek ortalaması alınmıştır. Aquafabalı bisküvi için b* değerleri 34.57, 34.82, 36.49 olarak ölçülmüştür. Ortalama aquafabalı bisküvi b* değeri 35.3 olarak bulunmuştur. Kontrol bisküvi b* değerleri 34.90, 35.74, 35.41 olarak ölçülmüştür. Ortalama kontrol bisküvi b* değeri 35.35 olarak hesaplanmıştır.

Renk değerleri ortalama ve standart sapmaları Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Renk Değerleri Analiz Sonuçları

Tanımlayıcılar	rnek	Ortalama	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı		Minimum	Maximum	P Değeri
				Alt Sınır	st Sınır			Anlamlılık
Kontrol	3	69.54	0.01	69.54	69.54	69.54	69.54	0.17
L* Aquafaba	3	71.41	1.97	66.50	76.31	69.14	72.74	
Total	6	70.47	1.61	68.77	72.17	69.14	72.74	
Kontrol	3	8.58	0.42	7.53	9.63	8.20	9.04	0.02
a* Aquafaba	3	5.48	0.56	4.08	6.87	4.98	6.09	
Total	6	7.03	1.75	5.18	8.87	4.98	9.04	
Kontrol	3	35.35	0.42	34.29	36.40	34.90	35.74	0.93
b* Aquafaba	3	35.29	1.04	32.70	37.88	34.57	36.49	
Total	6	35.32	0.71	34.57	36.07	34.57	36.49	

Dipnot: ANOVA analizi uygulanmıştır.

Renk zelliklerinin ölçüm sonuçları Tablo 4.5'te gösterilmiştir.

Tablo 4.5. Bisküvilerin Renk zellikleri

Tanımlayıcılar	L*	a*	b*
Aquafaba	71.41	5.48	35.30
Kontrol	68.96	8.59	35.35

4.5. pH Ölçümü

Öncelikle Aquafaba pH'ı ölçülerek 7.01 bulunmuştur. Çırpılmış aquafaba pH değeri de 7.01 çıkarak aynı sonucu vermiştir. Yumurta akı pH'ı da ilk hal ve çırpılmış olarak ayrı ayrı ölçülmüştür. İki ölçümde de pH değeri 9.29 olarak belirlenmiştir.

PH ölçer ile ölçülen bisküvilerde aquafabalı bisküvinin pH'ı 7.38 çıkarken kontrol bisküvi pH'ı 7.84 bulunmuştur. Bu farklılık nohut suyu ve yumurta akı pH değerlerinden kaynaklanmaktadır.

4.6. Proksimet Analizleri

4.6.1. Nem Ölçümü

Aquafabalı bisküvi için nem oranı %3.23 bulunmuştur. Kontrol bisküvide ise nem oranı %5.65 bulunmuştur. TS EN ISO 712 analiz metoduna göre ≤ 6 olan değerler bisküvi üretimine uygundur (Topaloğlu, 2019). 2 bisküvide nem oran %6'nın altında çıkmıştır. Kontrol bisküvi aquafabalı bisküviden daha nemli bulunmuştur.

4.6.2. Protein Tayini

Aquafabalı bisküvi protein oranı %6.18 bulunurken kontrol bisküvi protein oranı %7.23 bulunmuştur. Kontrol bisküvi, hayvansal protein olan yumurta akı ile yapılmasına rağmen protein oranı nohut suyu ile yapılan aquafabalı bisküviye yakındır.

4.6.3. Yağ Tayini

Aquafabalı bisküvi yağ oranı %15.97 iken kontrol bisküvi yağ oranı %15.72 bulunmuştur. Reçetede kullanılan yağ miktarları aynı orandadır.

4.6.4. Karbonhidrat Tayini

Aquafabalı bisküvi karbonhidrat değeri protein, yağ ve kül tayinleri sonrasında hesaplamalar yapılarak bulunmuştur. Aquafabalı bisküvi %77.84 karbonhidrat oranına sahiptir. Kontrol bisküvi ise %77.03 karbonhidrat içermektedir.

4.6.5. Besin Değeri

Örneklerin besin değeri hesaplamaları karbonhidrat, protein ve yağ içerikleri temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilere göre, 100 gram Aquafaba ilaveli bisküvi örneğinin toplam enerji değeri 479.81kkal olarak hesaplanmış olup, bu değer 311.36kkal'i karbonhidrattan, 24.72kkal'i proteinden ve 143.73 kkal'i yağdan kaynaklanmaktadır. Kontrol grubu bisküvi örneğinde ise toplam enerji değeri 478.52kkal olarak tespit edilmiş; enerjinin bileşenlere göre dağılımı karbonhidrattan 308.12 kkal, proteinden 28.92kkal ve yağdan 141.48kkal şeklinde gerçekleşmiştir.

Bisküvilerin kalori değerleri Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.6. Bisküvilerin Kalori Hesaplamaları

Bileşen	Aquafabalı Bisküvi	Kontrol Bisküvi
Karbonhidrat (%/kkal)	%77.84 → 311.36 kkal	%77.03 → 308.12 kkal
Protein (%/kkal)	%6.18 → 24.72 kkal	%7.23 → 28.92 kkal
Yağ (%/kkal)	%15.97 → 143.73 kkal	%15.72 → 141.48 kkal
Toplam Enerji (100 g)	479.81 kkal	478.52 kkal

4.6.6. Hidroklorik Asitte (HCl'de) Çözünmeyen Kül Tayini

Aquafabalı bisküvi kül oranı %0.01 iken kontrol bisküvi kül oranı %0.02 bulunmuştur. TS 2383 analiz metoduna göre %0.2'nin altında kül değeri bisküvi üretimine uygundur. 2 bisküvide uygun aralıkta bulunmuştur. Bisküvilerin proksimet analizleri Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Proksimet Analizleri

Bisküvi	Nem ölçümü (%)	Protein tayini (%)	Yağ Tayini (%)	Karbonhidrat Tayini (%)	Besin Değeri (kkal/100 g)	Hidroklorik asitte çözünmeyen kül tayini (%)
Aquafaba	3.23	6.18	15.97	77.84	489	0.01
Kontrol	5.65	7.23	15.72	77.03	487	0.02

Bisküvilerin pH, nem, protein, yağ ve kül değerleri SPSS ile analiz edilerek Tablo 4.8’de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Bisküvilerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Parametreler	Bisküvi Türü	Aritmetik Ortalama	Ortalamalar Arası Fark
Ph	Aquafaba	7.84	0.46
	Kontrol	7.38	
Nem	Aquafaba	3.23	-2.42
	Kontrol	5.65	
Protein	Aquafaba	6.18	-1.05
	Kontrol	7.23	
Yağ	Aquafaba	15.97	0.25
	Kontrol	15.72	
Kül	Aquafaba	0.01	-0.01
	Kontrol	0.02	

Dipnot: Independent Samples T-Test uygulanmıştır.

4.7. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Örneklerin mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla, TA.XT Plus tekstür analizörü (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) ve HDP/3PB (3-Point Bending Rig) probu vasıtasıyla kırma testi uygulanmıştır. Elde edilen tekstür profili eğrilerinden yararlanılarak sertlik (kırılma kuvveti), kırılabilirlik ve eğri altı alan hesaplamasıyla kırılma işi saptanmıştır. Test şartları: test öncesi hız 1 mm/s, test hızı 2 mm/s, mesafe 10 mm, tetikleme kuvveti 20g kullanılarak test gerçekleştirilmiştir. TPA analiz sonuçları Tablo 4.9’da gösterilmiştir.

Tablo 4.9.TPA Analizi Sonuçları

Özellik	Aquafabalı	Yumurtalı	Değişim
Kırma Kuvveti (N)	64.80	51.86	Aquafabalı daha yüksek
Kırılabilirlik (mm)	0.57	0.70	Aquafabalı daha yüksek
Kırma Enerjisi	7.87	6.69	Yumurtalı daha yüksek

Aquafabalı bisküvi için ortalama alınarak kırma kuvveti 64.80, kırılabilirlik 0.57, kırma enerjisi ise 7.87 hesaplanmıştır. Yumurtalı bisküvide ise kırma kuvveti 51.86, kırılabilirlik 0.70, kırma enerjisi ise 6.69 olarak hesaplanmıştır.

4.8. Hidroksimetil Furfural Tayini

Nohut aquafaba ve yumurta akı ile formüle edilen bisküvi örneklerine ait HMF analiz sonuçları Tablo 4.10’da sunulmuştur.

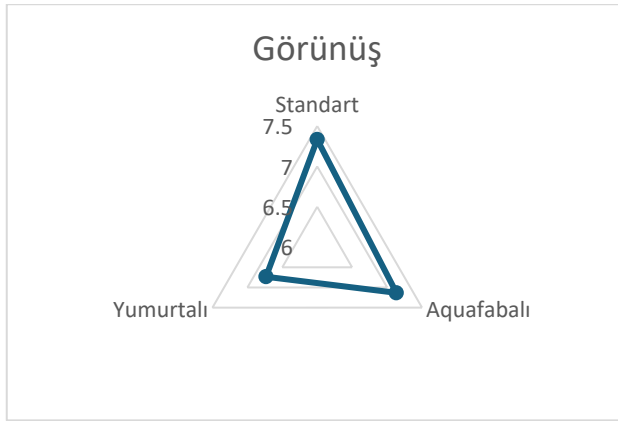
Tablo 4.10. HMF Analiz Sonuçları

Örnek Adı	HMF Pik Alanı	HMF Miktarı(ppm)
Yumurta Akı-2	77.80	6.81
Nohut Aquafaba	62.00	6.65

4.9. Duyusal Analiz

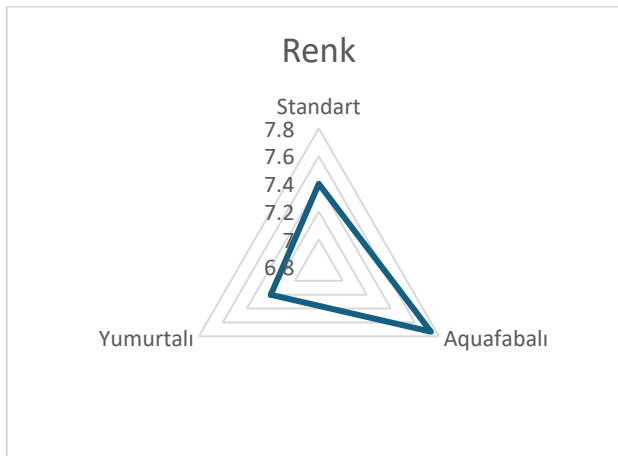
Standart bisküvi olarak ETİ Cicibebе bebe bisküvisi baz alınmıştır. Bütün duyusal analiz testlerinde aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden daha yüksek puan almıştır.

Görünüş sorusu için en yüksek puanı 7.33 ile standart bisküvi olsa da kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi 0.4 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.13 kontrol bisküvi ise 6.73 puan almıştır.



Şekil 4.1. Duyusal Analiz Anketine Göre Görünüş Sorusuna Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Grafiği

Renk değerlendirmesi için en yüksek puanı 7.33 ile aquafabalı bisküvi almıştır. Aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0.53 puan daha yüksek beğeni almıştır. Kontrol bisküvi ise 7.20 puan almıştır.



Şekil 4.2. Duyusal Analiz Anketine Göre Renk Sorusuna Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Grafiği

Sertlik değerlendirmesi için en yüksek puanı 7.53 ile standart bisküvi alsa da kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi 0.4 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 6.93, kontrol bisküvi ise 6.53 puan almıştır.

Lezzet değerlendirmesi için en yüksek puanı standart bisküvi alsa da aquafabalı bisküvi ile arasında anlamlı bir fark yoktur. Kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0.78 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.42, kontrol bisküvi ise 6.64 puan almıştır.

Gevreklik değerlendirmesi için en yüksek puanı standart bisküvi almıştır. Kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0.57 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.14, kontrol bisküvi ise 6.57 puan almıştır.

Kalite değerlendirmesi için en yüksek puanı standart bisküvi almıştır. Kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0,43 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.28, kontrol bisküvi ise 6.85 puan almıştır.

Koku değerlendirmesi için en yüksek puanı aquafabalı bisküvi almıştır. Kontrol bisküviden 0.64 puan, standart bisküviden ise 0.14 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.71 puan, kontrol bisküvi 7.07 puan almıştır.

Çiğnenebilirlik değerlendirmesi için en yüksek puanı standart bisküvi almıştır. Kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0.57 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.28 puan, kontrol bisküvi ise 6.71 puan almıştır.

Sunum değerlendirmesi için en yüksek puanı aquafabalı bisküvi alsa da standart ve kontrol bisküvi ile arasında anlamlı bir puan farkı yoktur. Aquafabalı bisküvi 7.50 puan, kontrol bisküvi ise 7.42 puan almıştır.

Kabul edilebilirlik değerlendirmesi için en yüksek puanı aquafabalı bisküvi almıştır. Kontrol bisküvi ile kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0,78 puan

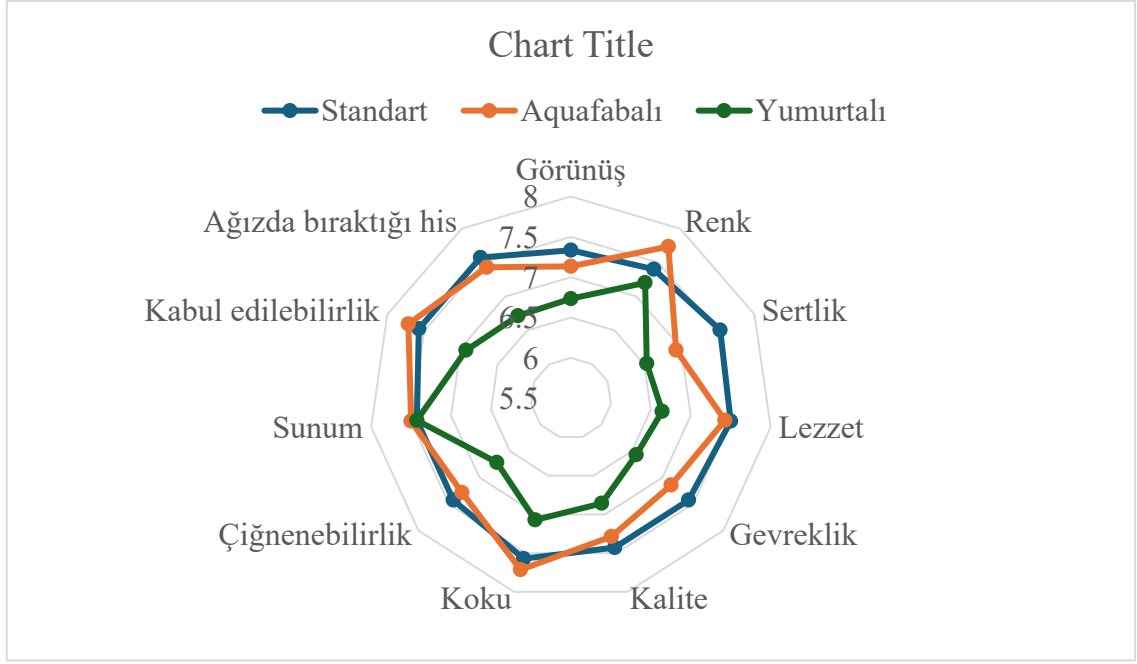
daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.71 puan, kontrol bisküvi ise 6.93 puan almıştır.

Ağızda bıraktığı his değerlendirmesi için en yüksek puanı standart bisküvi almıştır. Kontrol ve aquafabalı bisküvi kıyaslandığında aquafabalı bisküvi kontrol bisküviden 0,71 puan daha yüksek beğeni almıştır. Aquafabalı bisküvi 7.43 puan, kontrol bisküvi ise 6.71 puan almıştır.

Tüm duyuşsal analiz sorularına verilen cevaplar aşğıdaki Tablo 4.11’de listelenmiştir.

Tablo 4.11.Duyuşsal Analiz Anketine Göre Sorulan Sorulara Aquafabalı ve Kontrol Örneğı İçin Verilen Cevapların Ortalama Değerleri

	Standart	Aquafabalı	Kontrol
Görünüş	7.33	7.13	6.73
Renk	7.40	7.73	7.20
Sertlik	7.53	6.93	6.53
Lezzet	7.50	7.42	6.64
Gevreklik	7.43	7.14	6.57
Kalite	7.43	7.28	6.85
Koku	7.57	7.71	7.07
Çiğnenebilirlik	7.43	7.28	6.71
Sunum	7.43	7.50	7.42
Kabul edilebilirlik	7.57	7.71	6.92
Ağızda bıraktığı his	7.57	7.42	6.71



Şekil 4.3.Duyusal Analiz Anketine Göre Sorulan Sorulara Aquafabalı ve Kontrol Örneği İçin Verilen Cevapların Grafiği

4.10. İstatistiksel Analiz

Bisküvi örneklerinden elde edilen duysal analiz verilerinin istatistiksel değerlendirilmesinde SPSS sürüm 25.0 yazılımı kullanılarak görünüş, renk, sertlik, lezzet, gevreklik, kalite, koku, çiğnenebilirlik, sunum, kabul edilebilirlik ve ağızda bıraktığı his ölçütleri hesaplanmıştır. Bisküviler rastgele üç haneli kodlar ile kodlanarak panelistlere dağıtılmıştır. Aquafabalı bisküvi kodu 453, kontrol bisküvi kodu ise 386'dır. SPSS programına 9'lu hedonik ölçek kullanılarak yapılan test sonuçları girilmiştir. Panelistlerin kodlara göre verdiği puanlar hesaplanmıştır. Betimsel istatistikler yapılarak ortalama puanlar alınmıştır.

Veriler üzerinde ikili karşılaştırma testi (Independent Samples Test) uygulanarak iki grup arasındaki farkların anlamlılığı incelenmiştir. $P < 0.05$ ise bisküviler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır denilmektedir (Çanga ve Efe, 2017).

Duyusal analiz sonuçları Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.12.Duyusal Analiz Sonuçları

Tanımlayıcılar	T istatistiği	P değeri	Ortalama Farkı	Standart Hata Farkı
Aquafaba-Kontrol				
Renk	1.66	0.11	0.60	0.37
Sertlik	1.17	0.25	0.46	0.28
Gevreklik	0.16	0.11	0.51	0.35
Lezzet	2.21	0.04	0.40	0.34
Kalite	1.25	0.22	0.93	0.42
Koku	1.76	0.09	0.47	0.37
Çiğnenebilirlik	2.24	0.03	0.53	0.30
Sunum	1.08	0.29	0.67	0.29
Kabul Edilme	2.19	0.04	0.20	0.19
Görünüş	1.64	0.27	0.80	0.36

Dipnot: Independent Samples T-Test uygulanmıştır.

Renk için p değeri 0.11 hesaplandığından aquafabalı ve kontrol bisküvi arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Sertlik p değeri 0.25, gevreklik p değeri 0.11, kalite p değeri 0.22 ve koku p değeri 0.09 hesaplanarak anlamlı bir farklılık oluşturmamıştır. Çiğnenebilirlik p değeri ise 0.03 bulunmuştur. $P < 0.05$ olduğundan çiğnenebilirlik sonucunda kontrol ve aquafabalı bisküvi arasında anlamlı bir farklılık vardır. Sunum p değeri 0.29, görünüş p değeri ise 0.27 hesaplanmıştır, anlamlı bir farklılık yoktur. Kabul edilme durumunda ise p değeri 0.04 çıktığından anlamlı bir farklılık var denilmektedir.

TARTIŞMA

5.1. Çap, Kalınlık ve Yayılma Oranı Ölçümü

Bisküvi örneklerine ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri, son ürünün teknolojik kalitesinin ve pişirme karakteristiklerinin nesnel olarak belirlenmesinde kritik öneme sahip kalite parametreleridir. Literatürde, bisküvi kalitesi açısından genellikle geniş bir çap, yüksek bir yayılma oranı ve düşük bir kalınlık değerinin elde edilmesi hedeflenmektedir (Demir, 2015). Çap ölçümü, bisküvinin pişme esnasındaki kabarma derecesinin ve hamur yayılımının doğrudan bir göstergesidir. Bu çalışmada, aquafaba ilaveli ve kontrol grubu bisküvi örnekleri karşılaştırıldığında, kontrol bisküvilerinin çapındaki artışın aquafabalı örneklerle göre 0.18 mm daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çaptaki bu sınırlı değişim, aquafabanın bisküvi formülasyonunda yapısal bütünlüğü koruma ve kontrollü bir yayılım sağlama noktasında üretime uygunluğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Mamat ve ark. (2010) tarafından ticari yarı tatlı bisküvilerin fizikokimyasal özellikleri üzerine yapılan çalışmada, incelenen bisküvilerin çap değerlerinin 63.50 mm ile 70.64 mm arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen çap verileri aquafabalı ve kontrol örneği ile paralellik göstermektedir. Şeker (2006) ve arkadaşlarının yaptığı enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı çalışmasında çap değerleri 7.01 ile 7.60 cm arasında bulunmuştur. Kalınlık 1.00-1.14 cm, yayılma oranı ise 5.71-7.41 cm arasında olduğu hesaplanmıştır (Şeker ve ark., 2006). Bu değerler çap için çalışmamızdan (aquafabalı 64.01 mm, kontrol 64.19 mm) daha yüksek bulunmuştur. Kalınlık değeri aquafabalı bisküvide 11.50 mm, kontrol bisküvide 11.30 olarak hesaplanmıştır, Şeker'in çalışmasına göre kontrol bisküvi enzime dirençli nişasta eklenen bisküvilere daha yakın sonuçta olurken aquafabalı bisküvi bu kalınlık aralığından 0.1 cm daha fazla bulunmuştur. Yayılma oranı aquafabalı bisküvide 5.56, kontrolde ise 5.68 hesaplanmıştır. Çalışmamızdaki yayılma oranları Şeker'in çalışmasına göre daha az bulunmuştur, bu da çap ve kalınlık değerlerinden kaynaklanmaktadır. Hayıt ve Yazıcı'nın yaptığı çalışmada çap 5 mm, kalınlık 60 mm olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonunda çap 66.11-90.40 mm, kalınlık 10.03-16.47 mm, yayılma oranı ise 4.04-9.02 arasında olduğu bulunmuştur (Hayıt ve Yazıcı, 2023). Çap değeri çalışmamıza göre yine daha yüksek değerde çıkmıştır. Kalınlık ve yayılma oranı

değerleri ise aquafabalı ve kontrol bisküvi için paralellik göstermektedir. Yalçın'ın yaptığı haşhaş ezmesi çeşidinin bisküvi kalite karakteristikleri üzerine etkisi çalışmasında çap 5.28-5.50 cm, kalınlık 0.91-0.94 cm ve yayılma oranı ise 5.83-5.99 arasında hesaplanmıştır. Bu değerler haşhaş tohumu ezmesi katılım oranına göre değişmektedir. Aquafabalı ve kontrol bisküvi örnekleri bu aralığa girerek çalışmaya uygun değerler vermiştir.

Bisküvilerin kalınlık değeri; gluten ağının termal denatürasyonu ile bisküvi yapısının sabitlenmesi ve kabartıcı ajanlar ile su buharının etkisiyle hamurun genişlemesi arasındaki hassas dengeden kaynaklanmaktadır (Mamat ve ark., 2010). Kalınlık ölçümleri incelendiğinde, aquafaba içeren bisküvilerin kalınlığının kontrol örneğine kıyasla 0.2 mm daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bisküvi teknolojisinde son ürünün aşırı kabarması ve kalınlığın artması (istenmeyen tekstürel ve ambalajlama sorunları nedeniyle) genellikle hedeflenmeyen bir durumdur (Demir, 2015). Ancak çalışmamızda sabit gramajda (20 g) üretilen bisküvilerde aquafaba kaynaklı görülen bu hafif kalınlık artışının, aquafabanın yüksek su tutma ve emülsiyon kapasitesi ile protein-nişasta interaksiyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kontrol grubuna oldukça yakın olan bu değerler, aquafabanın geleneksel yapıcılara alternatif olarak bisküvi üretiminde başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Bisküvi teknolojisinde yayılma oranı, son ürünün geometrik standartlarının, tekstürel kalitesinin ve pişirme karakteristiklerinin nesnel olarak belirlenmesinde kritik bir kalite parametresidir. Literatürde bisküvi yayılma oranının formülasyonda kullanılan unun yumuşaklığı ve kalitesinden doğrudan etkilendiği bildirilmektedir (HadiNezhad ve Butler, 2009). Bu çalışmada üretilen tüm bisküvi örneklerinde aynı kalite ve tipte un kullanılmış olup, örnekler karşılaştırıldığında, yayılma oranının kontrol bisküvisinde 0.12 düzeyinde daha yüksek çıktığı, aquafaba kullanımının ise yayılma oranında sınırlı bir düşüşe yol açtığı tespit edilmiştir. Cingöz ve Güldane'nin yaptığı leblebi unu ilaveli glutensiz bisküvi üretimi çalışmasında çap 50.00-51.92 mm, kalınlık 9.86-14.58 mm, yayılma oranı ise 3.44-5.27 değerleri arasında bulunmuştur. Leblebi unu ilavesi arttıkça çap ve yayılma oranı artmakta, yükseklik ise azalmaktadır (Cingöz ve Güldane, 2023). Aquafabalı ve kontrol bisküvi yayılma oranları leblebi unlu bisküviden daha düşük aralıkta kalmıştır. Çalışmamızda sadece beyaz un kullanıldığı için yayılma oranı

normal bir değerdedir. Demir (2015) ile HadiNezhad ve Butler (2009)'a göre, bisküvilerde kontrolsüz ve aşıı yayılma son üründe tekstürel bozukluklara neden olduğu için istenmeyen bir durumdur. Bu doğrultuda, un kalitesinin sabit tutulduğu mevcut çalışmada, aquafabalı bisküvilerde daha düşük bir yayılma oranının elde edilmesi, tekstürel bütünlüğün korunması açısından olumlu bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Aquafaba kaynaklı bu kontrollü yayılma davranışı, bileşenin yüksek su tutma ve emülsiyon kapasitesi ile hamur matrisini stabilize etme yeteneğine bağlanabilir. Öte yandan, pişirme esnasındaki sıcaklık rejiminin de bisküvi yayılımı üzerinde belirleyici bir rolü vardır; fırınlama sırasındaki ani sıcaklık artışları yayılma mekanizmasını olumsuz yönde etkilemektedir (HadiNezhad ve Butler, 2009; Demir, 2015). Hayıt ve Gl'n (2019) yaptığı glutensiz bisküvi unu formülasyonunun yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimizasyonu çalışmasında yayılma oranı 5.02-6.87 arasında değişmektedir (Hayıt ve Gl, 2019). Aquafabalı ve kontrol bisküvi de bu aralığın içinde kalmaktadır. Doğan'ın yaptığı Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırmada yayılma oranı 6.4-8.8 arasında bulunmuştur. Yayılma oranı değişkenliği unun sertliğine bağlanmıştır, sert unlarda yayılma oranı düşüşü gözlemlenmektedir (Doğan ve Uğur, 2005). Bizim alışmamızda bu aralıklardan daha düşük yayılma oranı hesaplanmıştır, kullanılan unun bisküvilik sert un olmasından kaynaklanmaktadır.

5.2. Ağırlık lm

Bisküvi rneklerinin pişme esnasındaki ağırlık kaybı ve son ürünün nihai ağırlık değerleri, fırınlama karakteristikleri ile formülasyonun su tutma kapasitesinin değerlendirilmesinde önemli birer kalite göstergesidir. Çalışmamızda, aquafaba ilaveli bisküviler ile kontrol grubu bisküvileri arasında pişme sonrası ağırlık kaybı parametresi yönünden istatistiksel olarak belirgin bir farklılık gözlemlenmemiştir. Her iki grupta da pişme işlemi neticesinde, hamur ağırlığına kıyasla ortalama 10 g düzeyinde bir ağırlık azalması kaydedilmiştir. Bu durum, aquafaba ikamesinin pişirme esnasındaki nem uzaklaşma ve serbest suyun buharlaşma kinetiğini olumsuz yönde etkilemediğini göstermektedir. Literatürde, Mamat ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada ticari yarı tatlı bisküvilerin ağırlıklarının 7.73 g ile 9.80 g arasında değiştiği bildirilmiştir. Mevcut alışmamızda elde edilen bisküvilerin nihai ağırlıklarının literatürdeki bu

değerlerden daha yüksek (20 g) olarak gerçekleşmesi, bisküvi kalıplarının geometrik boyutları ve porsiyonlama hacmindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Engi'nin yaptığı farklı bitkisel protein kaynaklarının glutensiz bisküvinin kalite özelliklerine etkisi çalışmasında bisküvi pişirme öncesi ağırlık 5.99-6.52 olurken pişirme sonrasında 4.84-5.38 g olarak ölçülmüştür. Ağırlık kaybı %%17.47–19.28 olmuştur (Engi, 2024). Aquafabalı ve kontrol bisküviye göre çalışmadaki bisküvi gramları daha düşük tercih edilmiştir. Perundurai'nin yaptığı istatistiksel süreç kontrol önlemleri kullanarak bisküvi ağırlığının düzenlenmesi çalışmasında bisküviler üzerinde inceleme yapılmıştır. Bisküviler için en önemli iki kalite gereksinimi kalınlık ve ağırlık olduğu belirtilmiştir. Bisküvi hamur ağırlığı 28.5-30.0 g arasında değiştiği gösterilmiştir (Perundurai, 2021). Bizim çalışmamızda hamur ağırlığı 30 g olarak ayarlanmıştır. Buradaki bisküvilere uygun bir sonuç göstermektedir. Cingöz ve Güldane'nin yaptığı leblebi tozu ilavesiyle glutensiz bisküvi üretimi çalışmasında pişmiş bisküvi ağırlığı 14.84-15.77 g aralığında değişmektedir (Cingöz ve Güldane, 2023). Bu çalışmada pişirilmemiş ağırlık belirtilmemiştir. Bizim çalışmamızda ise pişmiş ağırlık 20 g olarak hesaplanmıştır.

5.3. KöpükKapasitesi ve StabilitesiÖlçümü

Gıda matrislerinde köpük oluşturma yöntemleri, son ürüne hafiflik, kabarık bir hacim ve ince dokulu bir yapı kazandırmak amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır (Yıldız ve Kılınç Şahin, 2023). Bu çalışmada, aquafaba kullanılarak geleneksel yumurta akı köpürtme tekniğine alternatif bir yöntemle bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş; elde edilen aquafaba köpüğünün endüstriyel kullanıma uygun fonksiyonel kapasite ve stabiliteye sahip olduğu belirlenmiştir. Köpük kapasitesi ölçümlerinde, çırpma işleminin hemen ardından (0. dk) aquafaba ile elde edilen köpük hacminin, geleneksel yumurta akına kıyasla 10 mL daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Sistemin zamana karşı kararlılığını ortaya koyan köpük stabilitesi analizlerinde ise, 30 dakikalık inkübasyon süresi sonunda beherin alt kısmında ayrışan sıvı faz miktarının aquafabalı sistemde yumurta akına göre 1 mL daha az olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, aquafabanın mekanik çırpma işlemiyle sadece daha yüksek hacimde köpük oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda sıvı ayrışmasına karşı daha dirençli ve stabil bir köpük matrisi meydana getirdiğini göstermektedir. Aquafabanın sergilediği bu yüksek köpürme kabiliyeti ve yapısal kararlılık, içeriğindeki çözünür proteinler, polisakkaritler ve saponinlerin hava-su arayüzünde esnek bir film

tabakası oluşturarak hava kabarcıklarını daha etkin bir şekilde hapsedme yeteneği ile açıklanabilir. Hulağa (2025) tarafından yürütülen çalışmada; bezelye, kuru fasulye, nohut, barbunya ve Meksika fasulyesi aquafabalarının köpük hacimleri incelenmiştir. Yapılan ölçümlerde, 1. dakikadaki en yüksek köpük hacmi bezelye aquafabasından elde edilirken, 5. dakikanın sonunda en yüksek köpük hacminde nohut aquafabasından kaldığı saptanmıştır (Hulağa, 2025).

Çalikuşu (2026) tarafından yürütülen çalışmada; nohut, maş fasulyesi, yeşil mercimek, bezelye ve fasulye aquafabaları kullanılarak mereng üretimi gerçekleştirilmiş ve köpük özellikleri incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, en yüksek köpük stabilitesi nohut aquafabasından tespit edilirken, en düşük köpük stabilitesi ise bezelye aquafabasından gözlenmiştir (Çalikuşu, 2026). Akpınar (2025) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, vegan mousse üretiminde geleneksel yöntem ile aquafaba bazlı yöntem karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, aquafaba ikameli örneklerin köpük stabilitesinin geleneksel yöntemle üretilene kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir (Akpınar, 2025). Bükür'in yaptığı aquafabanın yanıt-yüzey algoritması ile analizi ve bitkisel bazlı mayonez dağılımı kullanımı çalışmasında aquafabanın köpük oluşturma kapasitesi %58.5-74.5 arasında değişirken; köpük stabilitesi %4.5-83.8 arasında değerler almıştır (Bükür, 2023). Çalışmamıza göre köpük stabilitesi oranı daha düşük bulunmuştur. Aquafabalı bisküvide köpük stabilitesi %93.33 olarak ön plana çıkmaktadır. Köpük stabilitesi, çırpma işlemini takip eden 30 dakikalık inkübasyon süresi sonunda beherin alt kısmında ayrılarak biriken sıvı faz miktarının ölçülmesi esasına dayanarak hesaplanmaktadır. Analiz sonuçlarına göre, aquafaba ile oluşturulan köpüğün, geleneksel yumurta akı köpüğüne kıyasla zamana karşı yapısını daha başarılı bir şekilde koruduğu ve daha stabil kaldığı belirlenmiştir. Nitekim aquafaba ile hazırlanan bisküvi hamuruna ait köpük stabilitesi %93.33 olarak hesaplanırken, kontrol grubu bisküvisinde kullanılan yumurta akı köpüğünün stabilitesi %91.25 olarak tespit edilmiştir. Bu sayısal değerler doğrultusunda, aquafabanın yumurta akına kıyasla %2.08 oranında daha yüksek bir köpük stabilitesi sergilediği görülmektedir. Aquafabanın sıvı ayrışmasına karşı gösterdiği bu yapısal direnç, içeriğinde yer alan vizkoz hidrokolloidlerin ve çözünür karbonhidratların sürekli fazın viskozitesini artırarak yer çekimine sıvı süzülmesini yavaşlatması ile açıklanabilir. Elde edilen bu yüksek stabilite verisi, bisküvi hamurunun fırınlama öncesindeki kararlılığını ve dolayısıyla son ürünün

hedeflenen gözenekli yapısını doğrudan destekleyen fonksiyonel bir avantaj olarak değerlendirilmiştir.

5.4. Renk Ölçümü

Fırıncılık ürünlerinde renk parametreleri, pişirme prosesinin kontrolü, tüketici kabulü ve son ürünün teknolojik kalitesi üzerinde belirleyici bir role sahip olmasının yanı sıra, ısıtılma işlem sırasında meydana gelebilecek akrilamid oluşumunun da dolaylı bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Lu ve Zheng, 2012). Bisküvilerde dış renk gelişiminin temelinde, fırınlama esnasında indirgen şekerler ile amino asitler arasında meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme (Maillard) reaksiyonları ve karamelizasyon mekanizmaları yer almaktadır (Majzoobi ve ark., 2016). Literatürde, Maillard reaksiyonlarının aşırı ilerlemesiyle ürün renginin kontrolsüz şekilde koyulaşmasının hem görsel hem de kimyasal kalite açısından olumsuz sonuçlar doğurduğu bildirilmektedir (Lu ve Zheng, 2012). Kolorimetrik analiz sisteminde L^* değeri 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında bir skala ile açıklık-koyuluk derecesini ifade etmekte olup (Doğan, 2002), mevcut çalışmada üçer adet bisküvi örneğinin ölçülmesiyle elde edilen ortalama L^* değeri aquafabalı bisküvilerde 71.41, kontrol grubu bisküvilerinde ise 68.96 olarak tespit edilmiştir. Kontrol bisküvilerinde L^* değerinin daha düşük çıkması, geleneksel olarak yumurta akı içeren bu örneklerin daha koyu bir renk yapısına sahip olduğunu göstermektedir; bisküvilerde aşırı renk koyulaşması her zaman bir kalite kriteri olarak kabul edilmediğinden, aquafabalı bisküvilerin daha açık renkli ve dengeli kalması son ürün kalitesi açısından daha olumlu bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Bu durum, aquafaba içeren formülasyonda Maillard reaksiyonlarının ve fırınlama kaynaklı yüzey yanmalarının kontrol grubuna kıyasla daha sınırlı düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymaktadır. Glutensiz bisküvi formülasyonunda siyah nohut ununun etkilerini inceleyen Çubuk ve Özgören (2023), pirinç unu bazlı bisküvi örneklerinin, L^* değerinin daha düşük, a^* ve b^* renk değerlerinin, siyah nohut unu kullanılan örneklerle göre daha yüksek seviyelerde gerçekleştiğini bildirmiştir. Pirinç unu ilavesi ile renk nohut eklenmesine göre daha açık görünümde olmaktadır. (Çubuk ve Özgören, 2023). Çalikuşu (2026) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; bezelye, fasulye, maş fasulyesi ve yeşil mercimek haşlama suları kullanılarak hazırlanan bitkisel merengler ile yumurta akı içeren kontrol grubu merenglerin fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır.

Araştırma sonucunda, en yüksek L^* değeri fasulye aquafabası ile üretilen örneklerde elde edilirken, en yüksek a^* değeri kontrol grubu örneklerinde tespit edilmiştir. Diğer renk parametrelerinde ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır (Çalıkları, 2026). Rengin kırmızılık-yeşillik tonlarını belirleyen a^* parametresi incelendiğinde, kontrol bisküvilerinin a^* değeri 8.59 ile daha yüksek bulunurken, aquafabalı bisküvilerin a^* değeri 5.48 olarak hesaplanmıştır. Pozitif a^* değerinin yüksekliği kırmızı tonların yoğunluğunu göstermekte olup, kontrol grubunun daha belirgin bir kızarma eğiliminde olduğunu; aquafabalı bisküvilerin ise kontrol grubuyla tamamen aynı fırınlama süresine maruz bırakılmasına rağmen aşırı kızarma göstermediğini, dolayısıyla renk stabilitesini daha iyi koruduğunu doğrulamaktadır. Salur'un (2021), bisküvi sanayisi yan ürünlerinin ekstrüde atıştırmalık gıda üretiminde kullanımını incelediği araştırmada; üretilen ekstrüdatların L^* , a^* , b^* renk değerleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda örneklerin L^* değerleri 61.10–68.30; a^* , değerleri 4.60–10.30; b^* değerleri 22.50–37.30 aralığında olduğu bulunmuştur (Salur, 2021). Bizim çalışmamızda rengin sarılık-mavilik bileşenini ifade eden b^* değeri yönünden yapılan değerlendirmede ise aquafabalı bisküviler 35.30, kontrol grubu bisküvileri ise 35.35 ortalama değerlerini almış olup, her iki grup arasında sarılık tonu açısından istatistiksel olarak birbirine oldukça yakın ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak, aquafaba ikamesinin bisküvinin karakteristik sarı tonunu muhafaza ederken, aşırı esmerleşme ve kızarmayı sınırlayarak teknolojik açıdan daha avantajlı bir renk profili sunduğu söylenebilir.

5.5. PH Ölçümü

Fırıncılık ürünlerinde pH değeri; hamurun reolojik özelliklerini, pişme esnasındaki kimyasal reaksiyonları, son ürünün kırılabilirlik gibi tekstürel parametrelerini ve özellikle bebek beslenmesindeki sindirilebilirlik düzeyini doğrudan etkileyen kritik bir kalite kriteridir. Aksoy (2021) tarafından yapılan çalışmada, kaliteli bir bisküvi için ideal pH aralığının 7.0 ile 8.0 arasında olması gerektiği, bu aralığın altındaki düşük pH değerlerinin ise üründe istenmeyen bir kırılabilirliğe yol açtığı bildirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler neticesinde, kontrol grubu bisküvilerinin pH değeri 7.84 olarak ölçülürken, aquafaba ilaveli bisküvilerin pH değeri 7.38 olarak tespit edilmiştir. Sayısal veriler incelendiğinde, aquafabalı bisküvilerin kontrol örneğine kıyasla 0.46 ünite daha

asidik bir karakter sergilediği görülmektedir. Buhl ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmada, farklı pH seviyelerine sahip aquafaba örneklerinin fonksiyonel özellikleri karşılaştırılmış; pH derecesinin artışına bağlı olarak aquafabanın emülsiyon stabilitesinde belirgin bir yükseliş gerçekleştiği saptanmıştır (Buhl ve ark.,2019). Akpınar'ın (2025) yaptığı aquafabanın pH 3, 5, 6 ve 7 ortamlarındaki köpük oluşturma kapasitelerinin karşılaştırıldığı çalışmada, maksimum köpük hacminin pH 5'te gerçekleştiği tespit edilmiştir (Akpınar, 2025). Literatürde bebek bisküvileri özelinde yapılan değerlendirmelerde, düşük pH ve yüksek asitlik değerlerinin bebeklerde mide rahatsızlıklarına yol açabileceği, bu nedenle asidik olmayan uygun pH aralıklarında üretimin gerçekleştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Aktaş, 2025). Mevcut çalışmada üretilen hem kontrol hem de aquafaba ilaveli bisküvi örneklerinin asidik karakterde olmadığı, aksine her iki formülasyonun da standart fırıncılık ürünleri için öngörülen ideal pH limitleri (7.0-8.0) dahilinde yer aldığı belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, Aksoy (2021) ile Aktaş (2025)'ın literatür bulguları ve kalite kriterleri ile tam bir örtüşme göstermekte olup, aquafaba ikamesinin son ürünün kimyasal stabilitesi ve tüketici sağlığı açısından herhangi bir olumsuzluğa sebebiyet vermediğini, bisküvi üretimi için uygun kimyasal özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

5.6. Nem Ölçümü

Fırıncılık ürünlerinde nem içeriği; ürünün tekstürel özelliklerini, kimyasal stabilitesini ve mikrobiyolojik güvenliğini doğrudan belirleyen en kritik kalite parametrelerinden biridir. Bisküvilerin genel olarak düşük nem içeriğine sahip olması, mikrobiyal gelişimi ve su aktivitesini sınırlandırarak mikrobiyolojik bozulma riskinin minimuma indirilmesine katkı sağlamaktadır (Misra ve Tiwari, 2014). TS EN ISO 712 analiz metoduna göre bisküvilerde nem oranının %6'nın altında (≤ 6) olması kabul görürken; mevcut çalışmada aquafaba ilaveli bisküvilerin nem oranı %3.23, kontrol grubu bisküvilerinin nem oranı ise %5.65 olarak tespit edilmiştir. Sayısal veriler karşılaştırıldığında, aquafabalı bisküvilerin nem içeriğinin kontrol grubuna kıyasla %2.42 oranında daha düşük gerçekleştiği görülmektedir. Karaoğlu ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada bisküvilerin nem miktarının %1.8-5.7 arasında değişmesi gerektiğini bildirmiş olup, çalışmamızda elde edilen her iki nem değeri de bu geniş referans aralığına uygunluk göstermiştir. Öte yandan Tetik (2018), bisküvilerde nem

içeriğinin %1-5 oranında sınırlandırılması ve ürünün uygun ambalajla nem ile oksijenden korunması durumunda uzun bir raf ömrüne sahip olacağını belirtmiştir. Bu bağlamda, %3.23 neme sahip aquafabalı bisküvilerin söz konusu daraltılmış referans aralığını tam olarak karşıladığı ve kalite standartlarına uygun olduğu belirlenirken; %5.65 neme sahip kontrol bisküvisinin bu aralığın üst sınırına oldukça yakın olduğu ve Tetik (2018)'in önerdiği ideal limitlerin dışında kaldığı görülmüştür. Demir (2015) ise bisküvi nem içeriklerinin %4.25-4.86 arasında değiştiğini ve formülasyona tam buğday unu gibi bileşenlerin eklenmesinin nemi artırdığını hesaplamıştır. Literatürde bisküvi nem içeriğinin artmasıyla mikrobiyal gelişimin hızlanacağı ve bunun da ürün kalitesi ile raf ömrü açısından istenmeyen bir durum yaratacağı vurgulanmaktadır (Olçay ve Demir, 2019). Bu doğrultuda, un kalitesi ve pişirme koşullarının sabit tutulduğu çalışmamızda, aquafaba ikameli bisküvilerin kontrol grubuna göre çok daha düşük bir nem içeriği sergilemesi önemli bir teknolojik avantaj olarak değerlendirilmiştir. Aquafabalı bisküvilerde nemin bu denli düşük kalması, bisküvi yapısındaki serbest suyun fırınlama esnasında matrisi daha kolay terk edebilmesi veya aquafaba proteinlerinin pişme sırasındaki yapısal değişimleri ile açıklanabilir. Sonuç olarak, aquafabalı bisküvilerin düşük nem içeriği, mikrobiyolojik bozulmayı geciktirerek raf ömrünü artırma, daha uzun süre güvenle depolanabilme ve kalite özelliklerini muhafaza edebilme noktasında son ürün kalitesine oldukça olumlu katkı sağlamıştır.

5.7. Proksimet Analizleri

Bisküvi endüstrisinde, hamurun reolojik özelliklerini ve nihai ürünün tekstürel kalitesini optimize etmek amacıyla tedarik zincirinde genellikle düşük protein içeriğine sahip yumuşak buğday unları tercih edilmektedir. Ancak son ürünün besinsel kalitesini ve protein ihtiyacını karşılayabilmek adına, formülasyona dahil edilen diğer hammaddelerin zengin bir aminoasit profiline sahip olması önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kontrol grubu bisküvilerinin protein oranı %7.23 olarak hesaplanırken, aquafaba ilaveli bisküvilerin protein oranı %6.18 olarak belirlenmiştir. Sayısal veriler incelendiğinde, bitkisel bir kaynak olan aquafaba ikamesinin, hayvansal bir protein kaynağı olan yumurta akına oldukça yakın bir performans sergilediği ve kontrol bisküvisinden yalnızca %1.05 oranında daha düşük bir protein içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Literatürde, Karaoğlu ve ark. (1998) yaptıkları çalışmada bisküvilerde

protein miktarının %4.6 ile %7.6 arasında değiştiğini bildirmiş olup; mevcut çalışmada elde edilen hem kontrol (%7.23) hem de aquafabalı bisküvi (%6.18) protein değerlerinin bu referans aralığı ile tam bir uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Baltacıoğlu ve Ülker (2017) bisküvilerde ortalama protein oranını %6.9 olarak rapor ederken, Uysal (2005) bitkisel proteinlerle zenginleştirilmiş glutensiz bisküvilerin ham protein içeriklerinin %3.33 ile %5.96 arasında değiştiğini aktarmıştır. Çalışmamızda aquafabalı bisküviler için saptanan %6.18'lik protein değeri, Uysal (2005)'ın glutensiz bisküviler için belirttiği üst limitin biraz üzerinde kalarak bu özel aralığın dışında yer alsa da genel olarak standart bisküvi literatürü ve Baltacıoğlu ve Ülker (2017)'in %6.9 protein oranı bulguları ile büyük oranda örtüşmektedir. Cingöz ve Güldane (2021) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, glutensiz bisküvi formülasyonuna leblebi tozu (unu) ilavesinin ürünün besin değerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, başlangıçta kontrol grubu bisküvi numunesinde %3.97 olarak belirlenen ham protein oranının, leblebi unu ikamesiyle birlikte belirgin bir artış göstererek %8.07 seviyesine kadar yükseldiği bildirilmiştir. Bu durum, leblebi ununun glutensiz fırıncılık ürünlerinde hem protein zenginleştirilmesi sağlamak hem de besinsel profili iyileştirmek amacıyla etkili bir fonksiyonel bileşen olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır (Cingöz ve Güldane, 2021). Sonuç olarak, aquafaba kullanımının hayvansal kaynaklı yumurta akına ikame olarak bisküvilerin besinsel protein profilini önemli ölçüde muhafaza edebildiği ve hedeflenen yasal/teknolojik kalite kriterlerini başarıyla karşıladığı söylenebilir.

Bisküvide karbonhidrat değeri ürünün temel enerji kaynağını belirler. Besin değeri bisküvi için karbonhidrat oranından etkilenmektedir, kalori yoğunluğunun temelini karbonhidratlar oluşturur. Çalışmamızda kullanılan aquafabalı bisküvi %77.84, kontrol bisküvi ise %77.03 karbonhidrat oranına sahiptir. Aydos ve Ertaş (2023) tarafından yürütülen çalışmada, farklı oranlarda muşmula tozu ilave edilen bisküvi örneklerinin karbonhidrat içeriklerinin %67.47 ile %68.53 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Aydos ve Ertaş, 2023). Bu değerler un yerine muşmula tozu oranının artırılmasıyla karbonhidrat miktarının düşmesine bağlı olarak azalmaktadır. Yapılan diğer bir araştırmada, çimlendirilmiş çavdar ve yulaf ikamesinin bisküvi örneklerinin toplam karbonhidrat içeriği üzerindeki etkisi incelenmiş; analiz sonuçlarına göre ürünlerin karbonhidrat değerlerinin %67.99 ile %70.06 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şirin,

2021). Engi'nin yaptığı Farklı Bitkisel Protein Kaynaklarının Glutensiz Bisküvinin Kalite Özelliklerine Etkisi adlı çalışmada farklı un ve protein kaynakları (%100 buğday unu, %100 glutensiz un, bezelye proteini-glutensiz un karışımı, bakla proteini-glutensiz un karışımı ve protein karışımı glutensiz un) kullanılarak üretilen bisküvi örneklerinin toplam karbonhidrat içeriklerinin %68.72 ile %76.15 arasında değiştiği belirlenmiştir. Baklagil proteini ilavesiyle karbonhidrat düzeylerinin düştüğü gözlemlenmektedir (Engi, 2024). Portakal ve nar kabuğu atıklarının bisküvi ve kek üretiminde kullanım olanaklarının değerlendirildiği araştırmada, formülasyondaki kabuk ikame oranının artmasıyla birlikte ürünlerin karbonhidrat oranında azalma gerçekleştiği tespit edilmiştir (Erdoğan, 2023).

Bisküvi teknolojisinde yağ içeriği; hamurun reolojik özelliklerini, işlenebilirliğini, son ürünün gevreklik-kırılganlık dengesini ve duysal kabul edilebilirliğini doğrudan etkileyen temel bileşenlerden biridir. Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler neticesinde, kontrol grubu bisküvilerinin yağ oranı %15.72 olarak hesaplanırken, aquafaba ilaveli bisküvilerin yağ oranı %15.97 olarak tespit edilmiştir. Her iki bisküvi formülasyonunda da aynı gramajda margarin kullanılmış olmasına rağmen, aquafaba ikameli bisküvilerin kontrol örneğine oranla %0.25 düzeyinde daha yüksek bir yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Literatürde, Karaoğlu ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada standart bisküvilerin yağ miktarlarının %10.1 ile %24.6 gibi geniş bir referans aralığında değişebileceği bildirilmiştir. Mevcut çalışmamızda elde edilen hem kontrol hem de aquafabalı bisküvi yağ değerlerinin bu yasal ve teknolojik limitler dahilinde yer aldığı görülmektedir. Öte yandan Esendemir ve ark. (2025), aquafabanın nohutun haşlama suyu olarak elde edilmesi sebebiyle doğal olarak oldukça düşük bir yağ içeriğine sahip yan ürün bir bileşen olduğunu aktarmışlardır (Esendemir ve ark., 2025). Reçetede ki margarin miktarlarının sabit tutulduğu mevcut çalışmada, aquafabalı örneklerde görülen bu %0.25'lik hafif yağ artışının, undan ziyade formülasyonda yer değiştiren yumurta akı ile aquafaba kendi özgün matrislerinde barındırdıkları mikro düzeydeki yağ bileşimi farklılıklarından ve aquafabanın pişme esnasında emülsiyon kabiliyetinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak, aquafaba ikamesinin bisküvinin genel yağ profilini ve endüstriyel standartlarını olumsuz yönde etkilemeden, geleneksel reçetelere başarıyla entegre edilebileceği ortaya konmuştur.

Bisküvi içeriğindeki karbonhidrat, protein ve yağın toplanması ile besin değeri hesaplanmaktadır (Baysal, 2004). Ortalama 100 g bisküvide bulunan kalori miktarı besin değeri ni oluşturmaktadır. Aquafabalı bisküvi için besin değeri 479.81 kkal, kontrol bisküvi için 478.52 kkal olarak hesaplanmıştır. Besin değeri yüksekliği kaloriye oranla protein, vitamin ve mineralin daha fazla olma durumudur. Bisküvi için bu yükseklik protein oranının artırılması ile oluşmaktadır. Elde ettiğimiz bisküvilerde protein değeri bir birine yakın iken yumurta akı hayvansal kaynaklı protein sağladığından aquafabaya göre vücutta emilimi ve biyoyaralanımı daha yüksek olmaktadır. Aggarwal ve arkadaşlarının (2016) yaptığı süt ve çok tahıllı yaklaşım kullanılarak yapay tatlandırıcılar ve yağ ikamesi ile düşük kalorili bisküvi formülasyonu çalışmasında kontrol ve optimize edilmiş bisküvilerin ortalama kalori değeri sırasıyla 525 ve 485 kkal olarak bulunmuştur. Nihai ürünlerin kalorifik değeri değeri değerlendirildiğinde, bu çalışmada geliştirilen aquafabalı ve kontrol bisküvi örneklerinin, literatürde süt ve çok tahıllı matrisler ile yağ/şeker ikameleri kullanılarak elde edilen düşük kalorili optimize edilmiş bisküvi formülasyonlarının kalori aralığı yakınuyum sergilediği fakat biraz alt değerde kaldığı görölmektedir. Formülasyondaki makro besin bileşenlerinin kalorifik katkıları incelendiğinde; protein içeriğinin artırılması ve eř zamanlı olarak karbonhidrat oranının düşürölmesinin, ürünün toplam enerji yoğunluğunun geriletilmesinde temel faktör olduğu anlaşılmaktadır. Karbonhidrat ve proteinlerin teorik fizyolojik enerjileri (4 kkal/g) eşit olsa da gıda matrisinde yüksek kalorifik değere sahip bileşenlerin ve sindirilebilir karbonhidratların protein zenginleştirmesiyle ikame edilmesi, toplam metabolize edilebilir enerji miktarının düşmesini sağlamaktadır. Bu durum, aquafaba kullanımının bisküvinin temel besinsel yapısını iyileştirirken düşük kalorili fonksiyonel gıda standartlarıyla da örtüşen bir ürün profilinin elde edilmesini mümkün kıldığını göstermektedir.

Fırıncılık ürünlerinde kül miktarı, son ürünün bünyesinde barındırdığı toplam mineral madde içeriğini ve besinsel zenginliğini yansıtan önemli bir kalite göstergesidir (Haider ve ark., 2022). Gıdalarda kül oranı, ürünün içeriğindeki inorganik mineral maddelerin toplam ağırlığa olan oranını ifade etmektedir (Aktaş, 2025). Bu çalışmada gerçekleştirilen analizler neticesinde, kontrol grubu bisküvilerinin kül oranı %0.02 olarak hesaplanırken, aquafaba ilaveli bisküvilerin kül oranı %0.01 olarak tespit edilmiştir. Literatürde Yıldız (2012), bisküvilerin kül değeri lerinin %1.35 ile %1.71

arasında dağılım gösterdiğini bildirmiştir; mevcut çalışmada elde ettiğimiz hem kontrol hem de aquafabalı bisküvi kül oranları bu referans aralığının oldukça altında kalarak söz konusu limitlere girememiştir. Kül oranındaki bu belirgin düşüklüğün, bisküvi üretiminde kullanılan unun yüksek oranda rafine edilmiş (kül içeriği düşük, beyazlık derecesi yüksek) olmasından ve reçetede diğer bileşenlerin inorganik madde yükünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karaağaoğlu ve arkadaşlarının (1993) “Bisküvi, Kraker, Kek, Bar ve Gofretlerin Besin Değerleri: Protein, Yağ, Nem, Kül, Karbonhidrat ve Enerji Miktarları” başlıklı çalışmada; sade, petibör, piknik, kakaolu, fındıklı, susamlı, kremalı, meyveli ve çikolata kaplamalı olmak üzere farklı bisküvi çeşitlerinin kül miktarları analiz edilmiştir. Çalışmada, incelenen bisküvi örneklerinin kül içeriklerinin %0,1 ile %1,1 arasında değiştiği bildirilmiştir (Karaağaoğlu ve ark., 1993). Söz konusu çalışmada farklı özelliklere sahip çok sayıda bisküvi çeşidinin incelenmiş olması, kül içeriğinde geniş bir değişim aralığının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Buna karşın, bu çalışmada analiz edilen bisküvi örneklerinin kül değerlerinin Karaağaoğlu ve ark. (1993) tarafından bildirilen %0,1–%1,1 aralığı içerisinde yer almadığı belirlenmiştir. Bu farklılığın; kullanılan hammaddelerin bileşimi, formülasyon, üretim koşulları ve kullanılan katkı maddelerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Baltacıoğlu ve Ülker’in yaptığı Bütün kabak tozu ilavesinin bisküvilerin kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, örneklerin kül değerleri analiz edilmiş ve sonuçlar %0.46 ile %1.55 arasında değişim göstermiştir. En yüksek kül miktarı, ikame oranının en fazla olduğu %45 bütün kabak tozu içeren bisküvi örneğinde tespit edilmiştir. Bisküvilerde kül oranının fazlalığı, formülasyondaki mineral madde yoğunluğu ve kullanılan unun randımanı (beyazlığı) ile doğrudan ilişkilidir (Aktaş, 2025). Tüm bisküvi örneklerinde aynı tip unun kullanıldığı mevcut çalışmamızda, kontrol grubu ile aquafabalı örnekler arasında saptanan %0.01’lik minimal farkın, hayvansal bir kaynak olan yumurta akının özgün mineral madde içeriğinin ve inorganik bileşen yükünün, bitkisel bir yan ürün olan aquafabaya kıyasla daha yüksek olmasından ileri geldiği söylenebilir. Sonuç olarak, aquafaba ikamesinin bisküvinin toplam kül ve mineral profilinde istatistiksel açıdan radikal bir değişime yol açmadığı ve son ürünün genel inorganik madde dengesini koruduğu belirlenmiştir.

5.8. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Bisküvi örneklerinin tekstürel karakteristikleri, tüketici beğenisi ve ağız hissi üzerinde doğrudan belirleyici olan en önemli kalite parametrelerinden biridir. Bu çalışmada, bisküvilerin mekanik davranışlarını belirlemek amacıyla TPA analizi uygulanmış; örneklerin kırma kuvveti (N), kırılabilirlik/kırılma mesafesi (mm) ve kırma enerjisi (N.sn) değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, kontrol grubu bisküvilerinin kırma kuvveti 51.85 N, kırılabilirlik değeri 0.70 mm ve kırma enerjisi 6.69 N.sn olarak tespit edilirken; aquafaba ilaveli bisküvilerin kırma kuvveti 64.79 N, kırılabilirlik değeri 0.57mm ve kırma enerjisi ise 7.87 N.sn olarak belirlenmiştir. Sayısal veriler karşılaştırıldığında, aquafabalı bisküvilerin kırma kuvvetinin kontrol örneğinden 12.94 N, kırma enerjisinin ise 1.18 N.sn daha fazla olduğu görülmektedir. Aslam ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, kırma kuvveti ve kırma enerjisinin düşük olmasının bisküvilerde kopma mukavemetinin azaldığına işaret ettiği bildirilmiştir; bu doğrultuda mevcut çalışmamızda aquafabalı bisküvilerin daha yüksek kırma kuvveti ve enerjisine sahip olması, ürünün mekanik strese karşı daha dayanıklı bir yapı sergilediğini ortaya koymaktadır. Buna karşın Demirel (2017), bisküvilerde deformasyon direncini temsil eden sertlik ve tekstürel dayanıklılık parametrelerindeki aşırı artışın ürün kalitesi (sert yapı) açısından olumsuz bir durum teşkil edebileceğini aktarmıştır. Ancak çalışmamızda aquafabalı bisküvilerin kırılabilirlik (kırılma mesafesi) değerinin kontrol bisküvisinden 0.11 mm daha düşük çıkması, bu sertlik artışının olumsuz bir taşlaşmaya neden olmadığını, aksine ürünün daha az esneyerek ani ve erken kırıldığını, dolayısıyla kontrol grubuna kıyasla daha gevrek bir tekstürel yapı kazandığını göstermektedir. Aquafaba ikamesiyle elde edilen bu hem dayanıklı hem de gevrek yapı; nohut proteinlerinin fırınlama esnasında oluşturduğu stabil jel matrisi ve daha kontrollü yayılma göstererek şekillenen iç gözenek yapısı ile açıklanabilir. Celia ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada farklı sorgum unu konsantrasyonlarının Doku-TPA profili analizinde girişime neden olduğu gösterilmiştir. Kontrol- %0; F1- %25; F2- %50; F3- %75 ve F4- %100 sorgum unu ilaveli bisküviler ile TPA analizi yapılmıştır. F3 formülasyonu, 25594,44 N sertlik, 251 N kırılma ve 0,27 yapışkanlık değerleriyle daha yüksek değerler sergilemiştir. Esneklik etkilenmemiştir. En yüksek sakızimsılık (53,08 N) ve çiğnenabilirlik (1471,15 mJ) değerleri ise F4 – %100 FS formülasyonunda

bulunmuştur (Celia, 2022). Bu değerler aquafabalı bisküviye göre daha yüksek aralıktadır.

5.9. Hidroksimetil Furfural Tayini

5-hidroksimetilfurfural (HMF), asidik ortamlarda ısıtılma maruz bırakılan gıdalardaki indirgen şekerlerin dehidratasyonu veya Maillard reaksiyonu dekompozisyonu yoluyla sentezlenen önemli bir organik bileşiktir (Shapla ve ark., 2018; Choudhary ve ark., 2021). Son yıllarda yapılan toksikolojik çalışmalarda, HMF gıda güvenliği açısından yakından takip edilen bir parametre haline gelmiş; vücutta mutajenik, genotoksik, organotoksik ve enzim inhibitörü etkiler yaratabileceği bildirilmiştir (Shapla ve ark., 2018). Bu çalışmada gerçekleştirilen kromatografik analizler neticesinde, kontrol grubu bisküvilerinin HMF miktarı 6.81 mg olarak hesaplanırken, aquafaba ilaveli bisküvilerin HMF miktarı 6.65 mg olarak tespit edilmiştir. Sayısal veriler incelendiğinde, aquafaba ikameli bisküvilerin HMF içeriğinin kontrol örneğine kıyasla daha düşük bir seviyede kaldığı görülmektedir. Literatürde, fırıncılık ürünlerinde HMF oluşum kinetiğinin; düşük pH, düşük su aktivitesi, yüksek fırınlama sıcaklığı ve uzayan pişirme süreleri ile doğru orantılı olarak arttığı vurgulanmaktadır (Petisca ve ark., 2014; Roldan ve ark., 2026). Nitekim Roldan ve ark. (2026) tarafından farklı tahıl unlarıyla yapılan bir çalışmada, 10 dakika gibi kısa süre fırınlanan bisküvilerde dahi HMF miktarının gıda güvenliği sınırları açısından risk teşkil edebileceği rapor edilmiştir; mevcut çalışmamızda bisküvilerin 30 dakika boyunca fırınlanmasına rağmen HMF oluşumunun, özellikle aquafabalı örneklerde, oldukça baskılanmış olması dikkat çekici ve olumlu bir bulgudur. Hamzalıoğlu ve Gökmen'in (2017) yaptığı bisküvilerin in vitro sindirimi sırasında 5-hidroksimetilfurfural oluşumu ve eliminasyon reaksiyonları çalışmasında fırıncılık ürünlerinden elde edilen kurabiyelerin, uygulanan ısı yüküne bağlı olarak 0,5–74,5 mg/kg HMF içerdiği bildirilmiştir (Hamzalıoğlu ve Gökmen, 2017). Ticari fırıncılık ürünlerini inceleyen Petisca ve ark. (2014) bisküvilerdeki HMF içeriğinin 1.65 mg ile 82.78 mg arasında geniş bir dağılım sergilediğini ve en yüksek HMF değerlerinin genellikle çikolatalı bisküvilerde kümelendiğini aktarırken; Haider ve ark. (2022) ise bisküvilerin kimyasal bileşimine bağlı olarak HMF miktarının 1.8 mg ile 34.9 mg arasında değiştiğini belirtmiştir. Çalışmamızdan elde edilen hem kontrol (%6.81) hem de aquafaba ilaveli (%6.65) bisküvi değerleri, her iki literatürde (Petisca

ve ark., 2014; Haider ve ark., 2022) öngörülen güvenli referans aralıklarının alt sınırlarına yakın ve bu limitler dahilindedir. Çocuklar için üretilen bisküvilerde bulunan 5-hidroksimetil-2-furfural içeriğinin incelendiği çalışmada incelenen örnekler üç gruba ayrılmıştır. Birinci grup bisküviler altı aydan büyük çocuklar için, ikinci grup bir yaşından büyük çocuklar için uygundur. Üçüncü grup için belirli bir yaş aralığı belirtilmemiştir. Birinci örnek grubunda 5-HMF miktarı 0.34-1.73 mg/kg arasında, ikinci grupta 0.57-1.78mg/kg arasında ve üçüncü grupta ise 1.80-34.99mg/kg arasında değişmiştir. Üçüncü grup için HMF miktarı diğerlerinden daha yüksek dozda bulunmuştur. Kabul edilebilir günlük alım miktarı 2 mg/kg vücut ağırlığı olduğundan, tüm örneklerde tespit edilen 5-HMF miktarı, normal bir bisküvi dozunda tehlikeli olarak değerlendirilmemektedir (Švecova ve Mach, 2017). Bisküvilerin pişirilmesi sırasında akrilamid ve 5-hidroksimetilfurfural oluşumu çalışmasında pişirme derecesinin 250 C°'den yüksek olması HMF oluşumuna yol açtığı, bisküvilerin maksimum 200 C°'de pişirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda aquafabalı ve kontrol bisküviler 160 C°'de pişirilmiştir. Un kalitesi, fırınlama sıcaklığı ve pişme süresi gibi dış etkenlerin sabit olduğu çalışmamızda, aquafabalı bisküvilerin daha düşük HMF içeriğine sahip olması, aquafabanın yumurta akına kıyasla Maillard reaksiyonu öncüllerini (özellikle serbest amino asit profili yönünden) daha dengeli barındırması veya pH analizi bulgularımızda görüldüğü üzere kontrol grubuna göre daha az asidik olmasıyla (pH 7.38) açıklanabilir. Sonuç olarak, aquafaba kullanımının bisküvilerde kimyasal toksikanların (HMF) oluşumunu sınırlayarak gıda güvenliği kriterlerini başarıyla karşıladığı ve sağlıklı bir ürün formülasyonu sunduğu söylenebilir.

5.10. Duyusal Analiz

Gıda endüstrisinde yeni ürün geliştirme çalışmalarının başarısı ve pazar payı potansiyeli, nihai ürünün hedef kitle tarafından kabul görmesini sağlayan duyusal özelliklerle doğrudan ilişkilidir. Bu çalışmada üretilen bisküvi örneklerinin panelistler tarafından değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen duyusal analiz sonuçları incelendiğinde; görünüş, sertlik, lezzet, gevreklik, çiğnenebilirlik, ağızda bıraktığı his ve genel kalite parametrelerinde standart bisküvinin en yüksek beğeni puanlarını aldığı tespit edilmiştir. Buna karşın renk, koku, sunum ve genel kabul edilebilirlik kriterlerinde ise aquafaba ilaveli bisküviler ön plana çıkarak en yüksek skorları elde etmiştir. Kontrol

grubu ve aquafabalı bisküviler kendi arasında kıyaslandığında; aquafaba ikameli örneklerin tekstürel ve lezzet profili açısından standardın sunduğu geleneksel bisküvi karakteristiklerine oldukça yakın performans gösterdiği, renk ve koku gibi yüzeysel/aromatik parametrelerde ise kontrol grubunu geride bırakarak daha yüksek panelist memnuniyeti sağladığı belirlenmiştir. Duyusal analizin bütünsel bir değerlendirmesi yapıldığında, aquafaba kullanımının bisküvinin karakteristik duyusal dengesini koruduğu, yenilebilirlik ile tercih edilebilirlik endeksleri açısından kontrol grubu örneklerine kıyasla daha avantajlı ve başarılı bir profil sergilediği görülmektedir. Pişirme işlemi sırasında mısır bisküvilerinin yapısal ve fiziksel değişikliklerinin incelendiği bir çalışmada duyusal olarak sertlik test edilmiş ve mısır oranı yüksek bisküvilerin sertlik derecesi beğenilmemiştir (Lara ve ark., 2011). Bisküvide kırılganlık veya esneklik aşırı olmadığı sürece hoş bir duyusal özellik olarak kabul edilmektedir. Aquafabalı bisküvi sertlik derecesi standart kadar iyi olmasa da çalışmamızda olumlu sonuçlar almıştır. Kunt'un yaptığı pirinç ve mısır nişastası ile üretilen glutensiz bisküvinin besinsel değerini artırmak için karabuğday unu, keçiyoynuzu unu ve nohut unu eklenmesi çalışmasında %20 ve %30 karabuğday unu eklenen örnekler duyusal açıdan olumlu olurken %40 karabuğday ilavesinde duyusal özellikler olumsuz etkilenmekte ve beğeni oranı azalmaktadır. Nohut unu ilavesi renk ve görünüşte en yüksek beğeni alan bisküvi türü olmuştur (Kunt, 2018). Bizim çalışmamızda da renk açısından aquafabalı bisküvi kontrolden daha olumlu sonuçlar almıştır. Leblebi Tozu İlaveli Glütensiz Bisküvi Üretimi: TOPSIS Uygulaması çalışmasında %20 oranında leblebi tozu ilave edilen bisküvilerin kontrol bisküviye en yakın beğeni puanı aldığı belirlenmiştir. 20-60 yaş arası 15 paneliste 5'li hedonik skala ile duyusal değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Renk, koku, gevreklik, ağızda dağılma hissi ve genel kabul edilebilirlik değerlendirilmiştir. Leblebi tozu ilavesiyle kokunun arttığı gözlemlenmiştir. Gevreklik ve ağızda dağılma hissi ise leblebi tozu ilavesinin artmasıyla artarak olumlu sonuçlar vermiştir. Leblebi tozu ilavesinin artmasıyla genel kabul edilebilirlik azalmıştır. Renk değerinde ise en yüksek leblebi tozu ilavesi bisküvinin rengini iyileştirmekte ve daha olumlu sonuç vermektedir (Cingöz ve Güldane, 2023). Çalışmamızda da aquafaba ilavesi renk özelliklerini kontrole göre olumlu hale getirmektedir. Aynı şekilde aquafabalı bisküvi genel kabul edilebilirlik açısından da kontrol bisküviden daha ön plana çıkmış ve standarda yakın beğeni puanı almıştır.

Uşkun bitkisinin bisküvi üretiminde fonksiyonel bir bileşen olarak kullanımının incelendiği çalışmada, uşkun ilavesinin ürünün duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri değeriendirilmiştir. Yapılan duyuşal analizler sonucunda; üst yüzey görünüşü, şekil, gevreklik, çiğneme ve yutma özellikleri, tat-aroma ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından uşkun katkılı bisküvi örnekleri ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak belirgin bir farklılık tespit edilmemiş ve örneklerin benzer duyuşal profiller sergilendiği saptanmıştır. 18-65 yaş arasındaki 30 panelist değeriendirme öncesi bilgilendirilmiştir. Bu bulgular, uşkun bitkisinin bisküvinin tüketici kabul edilebilirliği ve organoleptik nitelikleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmada fonksiyonel bir katkı maddesi olarak formülasyonlara dahil edilebileceğini göstermektedir. Duyusal analiz sonuçları 3.53-4.17 arasında değışmektedir. Anlamalı bir farklılık gözlemlenmemektedir.

Sonuç olarak, aquafaba ile üretilen bisküvilerin duyuşal panellerden aldığı bu yüksek kabul edilebilirlik skorları, bu bitkisel yan ürünün vegan beslenen ve yumurta alerjisi olan bireyler gibi spesifik tüketici gruplarına yönelik bisküvi formülasyonlarında, hayvansal protein kaynaklarına alternatif, yüksek potansiyelli ve fonksiyonel bir ikame bileşen olarak kullanılabileceğini güçlü bir şekilde ortaya koymaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, bisküvi formülasyonlarında yumurta akına alternatif bir fonksiyonel bileşen olarak aquafaba kullanımının potansiyelini ortaya koymaktadır. Aquafabanın sahip olduğu köpürme, emülsifikasyon, köpük oluşturma ve stabilizasyon kapasitesinin yanı sıra, ürüne kazandırdığı tekstürel ve duyuşal özellikler bu ikameyi destekler niteliktedir. Fiziksel kalite parametreleri incelendiğinde; çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri açısından kontrol grubunun standart normlara daha yakın olduğu tespit edilmiş olup, bu hususta optimizasyon çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır. Nitekim bisküvi üretiminde yüksek kalınlık derecesi istenen bir kalite kriteri olmadığından, kontrol örneğinin daha sınırlı düzeyde kabarması standartlara uygunluk sağlamıştır. İlgili literatür ve endüstriyel beklentiler doğrultusunda, bisküvi formülasyonlarında hacimsel kalınlıktan ziyade diğer geometrik ve tekstürel parametrelerin öncelikli olarak değerlendirildiği görülmektedir. Ağırlık parametresi açısından her iki örnek de standart bisküvi değerlerine yakınlık göstermiş olup, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p < 0.05$). Köpük kapasitesi ve stabilitesi analizleri sonucunda; çırpma işlemi sonrasında aquafabanın hem daha yüksek bir köpük hacmi oluşturduğu hem de oluşan bu köpük yapısını koruma hususunda daha üstün performans sergilediği tespit edilmiştir. Kontrol bisküvisinin daha düşük L^* değeri göstermesi, yumurta akı kullanımının üründe daha koyu bir renk oluşumuna yol açtığını ortaya koymuştur. Aquafaba içeren bisküvilerin daha açık renkli kalması ise, esmerleşmeye neden olan Maillard reaksiyonunun bu örneklerde daha az gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Ortalama a^* değeri yönünden aquafabalı örneklerin, kontrol bisküvilerine göre daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, kontrol grubunun yapısal olarak daha kırmızı tonlarda yer aldığını doğrulamaktadır. Diğer taraftan, örneklerin b^* renk bileşenleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Bebek bisküvilerinde asitlik bir kalite kriteri olarak aranmamakta olup, her iki deneme grubu da standart bisküvi normları ile uyumlu pH aralığı sergilemiştir. Nem ölçümüne göre aquafabalı bisküvinin neminin kontrol bisküviden %2.42 daha düşük olması büyük bir avantaj sağlar. Düşük nem içeriği, mikrobiyolojik ve kimyasal bozulma reaksiyonlarını sınırlayarak son ürünün raf ömrünü artırmaktadır. Bu durum,

endüstriyel bisküvi üretim hatlarında depolama ve lojistik süreçlerinin daha uzun süreli ve güvenli bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, aquafaba ilaveli bisküvilerin düşük nem içeriğine sahip olması, ticari açıdan uygun bir raf ömrü potansiyeline işaret etmekte ve ürünün pazarlanabilirliğini desteklemektedir. Aquafaba, bitkisel kaynaklı olmasına rağmen hayvansal kaynaklara yakın protein oranı sayesinde, vegan diyetlerindeki protein açığını azaltacak alternatif ve sürdürülebilir bir kaynaktır. Aquafabalı bisküvilerin karbonhidrat değerinin kontrol örneğine göre %0,81 oranında yüksek çıkması, ikame edilen nohut aquafabasının kuru maddesindeki karbonhidrat payının yumurta akının karbonhidrat içeriğinden daha fazla olması ile açıklanmaktadır. Örneklerin enerji değerleri incelendiğinde; aquafabalı bisküvilerin 479.81kkal/100g, kontrol grubu bisküvilerin ise 478.52kkal/100g kalori içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. İki grup arasında tespit edilen 1kkal'lik farkın istatistiksel açıdan anlamlı bir düzeyde olmadığı ve aquafaba kullanımının ürünün toplam enerji değerinde belirgin bir değişime yol açmadığı değerlendirilmiştir. Yağ ve kül parametreleri bakımından aquafabalı bisküviler, kontrol örneğine kıyasla istatistiksel düzeyde anlamlı bir farklılık yoktur. TPA analizi verileri, nohut suyu kullanımının yumurta akına kıyasla bisküvinin gevreklik özelliğini artırırken, aynı zamanda yapısal dayanıklılığını da desteklediğini ortaya koymaktadır. Tekstürel analizler, aquafaba kullanımının bisküvinin mekanik direncini artırdığını ortaya koymuştur. Literatürde bisküvi yapısında yüksek sertlik derecesi arzu edilmeyen bir özellik olarak kabul edildiği için, kontrol grubu sertlik parametresi bakımından standarda daha uygundur. Buna karşılık, gevreklik niteliği yönünden aquafaba içeren formülasyonun standart bisküvi spesifikasyonlarına daha uyumlu olduğu ve ürüne olumlu bir kırılgeçirgenlik kazandırdığı görülmüştür. Duyusal değerlendirme sonuçları incelendiğinde; aquafaba ilaveli bisküvilerin, tüm duyusal niteliklerde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek beğeni skorları aldığı tespit edilmiştir. Panelistler tarafından gerçekleştirilen değerlendirmede; görünüş, renk, sertlik, lezzet, gevreklik, koku, çiğnenebilirlik, sunum, ağızda bıraktığı his, genel kalite ve genel kabul edilebilirlik parametreleri test edilmiştir. Örnekler arasındaki en belirgin çeşitlilik lezzet skorlarında gözlemlenmiştir. Buna karşılık, en düşük farkın sunum parametresinde gerçekleştiği saptanmıştır. Bu durum, her iki bisküvi formülasyonunun da sunum özellikleri ve görsel sunum estetiği açısından benzer nitelikler sergilemesiyle açıklanabilmektedir. HMF içeriği, her iki

bisküvi örneğinin de uygun tolerans sınırları içinde kaldığı saptanmıştır. Aquafabalı bisküvinin kontrol örneğine göre daha düşük HMF içeriğine sahip olması, formülasyondaki kimyasal dezenformasyon ve istenmeyen bileşik oluşum riskinin daha az düzeyde gerçekleştiğini doğrulamaktadır. Bu araştırma bulguları, standart bebek bisküvisi formülasyonu esas alınarak geliştirilen aquafaba ikameli bisküvilerin, endüstriyel ölçekte ticari bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ürünün fizikokimyasal, tekstürel ve duysal kalite parametreleri bir bütün olarak değerlendirildiğinde, genel tüketim standartlarına uygunluğu doğrulanmıştır. Geliştirilen bu formülasyon, özellikle vegan beslenme modelini benimseyen veya yumurta alerjisi/intoleransı bulunan hassas tüketici grupları için sağlıklı, güvenilir ve fonksiyonel bir alternatif sunmaktadır. Bununla birlikte, söz konusu ürünün pazardaki başarısını ve tüketici algısını daha nesnel bir şekilde ölçebilmek adına, gelecek çalışmalarda doğrudan hedef kitleyi kapsayan odak grup odaklı spesifik duysal ve klinik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdelsatter, H. H., EL-Ghandour, H., ve Zaki, N. L. (2025). Evaluation of Gluten-Free Flatbread Substituted with Some Cereals and Legumes. *Food Technology Research Journal*, 7(1), 44-61.
- Abu Risha, M., Rick, E. M., Plum, M., and Jappe, U. (2024). Legume allergens pea, chickpea, lentil, lupine and beyond. *Current Allergy and Asthma Reports*, 24(9), 527-548.
- Acevedo Martinez, K. A., Yang, M. M., and Gonzalez de Mejia, E. (2021). Technological properties of chickpea (*Cicer arietinum*): Production of snacks and health benefits related to type-2 diabetes. *Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety*, 20(4), 3762-3787.
- Açıkgöz, Z., ve Önenç, S. S. (2006). *Fonksiyonel yumurta üretimi*. Hayvansal Üretim, 47(1).
- Adak, M.S., Kayan, N., ve Benlioğlu, B. (2015). *Yemeklik Tane Baklagiller Üretiminde Değişimler ve Yeni Arayışlar*.
- Aggarwal, D., Sabikhi, L., and Kumar, M. S. (2016). Formulation of reduced-calorie biscuits using artificial sweeteners and fat replacer with dairy–multigrain approach. *NFS journal*, 2, 1-7.
- Agregán, R., Rötter, L., Lorenzo, JM ve Esatbeyoglu, T. (2025). Yumurta ikamelerinin fırsatları ve zorlukları. *Discover Food*, 5 (1), 72.
- Akpınar, G. (2025). *Alternatif Vegan Tatlı Üretimi: Aquafaba Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Aksoy, A. (2021). Gıdalarda pH ölçümünün önemi. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 193-216.
- Aksürmeli, Z. S. T., ve Beşirli, H. (2019). Vegan kimliğinin oluşumu: Vegan olmak ve vegan kalmak. *Akademik Hassasiyetler*, 6(12), 223-249.
- Aktaş, Ö. (2025). *Farklı bisküvi çeşitlerinin içeriklerinin fiziksel, kimyasal, vitamin ve mineral değerlerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman.
- Alifaki, Y. Ö. (2013). *Nohut unu ilavesinin kekin dielektrik özellikleri ve kalite parametreleri üzerine etkisi*, Yüksek Lisan Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Arepally, D., Reddy, R. S., Goswami, T. K., and Datta, A. K. (2020). Biscuit baking: A review. *Lwt*, 131, 109726
- Aslam, H. K. W., Raheem, M. I. U., Ramzan, R., Shakeel, A., Shoaib, M., and Sakandar, H. A. (2014). Utilization of mango waste material (peel, kernel) to enhance dietary fiber content and antioxidant properties of biscuit. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 2(2), 76-81.
- Aslam, S., Kayani, A. R., Ashraf, M. I., Jameel, M. A., and Sahar, K. (2024). Food Preference of Rhesus Monkey (*Macaca mulatta*) in the Margalla Hills National Park, Islamabad, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 56(3), 1249.

- Atalay, E., ve Gökbulut, İ. (2021). Baklagiller: Fonksiyonel özellikleri, sağlık etkileri ve potansiyel kullanımı. *Akademik Gıda*, 19(4), 442-449.
- Ay, İ., Gürsel, K., Yüceson, M., Süngü, S., ve Türkyılmaz A. (2025). Rafine Şeker İkamesi Olarak Stevia Bazlı Tatlandırıcı Kullanımı: Beslenme ve Tariflerdeki Yeri. *Sağlık Bilimleri*, 93.
- Aydos, M. ve Ertaş, N. (2023). Fonksiyonel bisküvi kırılması farklı kırılma muşmula (*Mespilus germanica*) meyve tozu kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27 (1), 113-124.
- Baltacıoğlu, C., ve Ülker, N. (2017). Bütün Kabak (*Cucurbita pepo* L.) Tozunun Bisküvilerin Kalite Kriterleri Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Türk Tarım- Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 5 (11), 1439-1445.
- Bar-El Dadon, S., Pascual, C. Y., and Reifen, R. (2014). Food allergy and cross-reactivity-chickpea as a test case. *Food Chemistry*, 165, 483-488.
- Bakaloudi, D. R., Halloran, A., Rippin, H. L., Oikonomidou, A. C., Dardavesis, T. I., Williams, J., and Chourdakis, M. (2021). Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clinical Nutrition*, 40(5), 3503-3521.
- Baysal, A. (2004). *Beslenme*. Ankara: Hatiboğlu Yayınevi.
- Bekdemir, S. E. (2023). *Nohut Suyunun Bitki Bazlı Kahve Beyazlatıcı Üretimi İçin Doğal Emülgatör Olarak Kullanılması*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Bloot, A. P. M., Kalschne, D. L., Amaral, J. A. S., Baraldi, I. J., and Canan, C. (2023). A review of phytic acid sources, obtention, and applications. *Food Reviews International*, 39(1), 73-92.
- Boobier, W. J., Baker, J. S., and Davies, B. (2006). Development of a healthy biscuit: an alternative approach to biscuit manufacture. *Nutrition Journal*, 5(1), 7.
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., and Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43(2), 537-546.
- Brouns, F. (2021). Phytic acid and whole grains for health controversy. *Nutrients*, 14(1), 25.
- Buhl, A., Schmidt-Keilich, M., Muster, V., Blazejewski, S., Schrader, U., Harrach, C., and Süßbauer, E. (2019). Design thinking for sustainability: Why and how design thinking can foster sustainability-oriented innovation development. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1248-1257.
- Büker, M. *Aquafabanın yanıt-yüzey metodolojisi ile optimizasyonu ve bitkisel bazlı mayonez üretiminde kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Cabezas, N. T. M., and Santos, D. K. C. (2022). Estudio comparativo de propiedades funcionales y fisicoquímicas de aquafaba de distintas leguminosas. *Alfa Publicaciones*, 4(1.2), 35-50.
- Caffarelli, C., Giannetti, A., Rossi, A., and Ricci, G. (2022). Egg allergy in children and weaning diet. *Nutrients*, 14(8), 1540.

- Caubet, J. C., and Wang, J. (2011). Current understanding of egg allergy. *Pediatric Clinics of North America*, 58(2), 427.
- Celia, J. A., Resende, O., Lima, M. S. D., Correia, J. S., Oliveira, K. B. D., and Takeuchi, K. P. (2022). Technological Properties Of Gluten-Free Biscuits From Sorghum Flour Granifero (Sorghum Bicolor (L.) Moench). *Food Science And Technology*, 42, E29222.
- Cheryan, M., and Rackis, J. J. (1980). Phytic acid interactions in food systems. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13(4), 297-335.
- Chigwedere, C. M., Olaoye, T. F., Kyomugasho, C., Kermani, Z. J., Pallares, A. P., Van Loey, A. M., and Hendrickx, M. E. (2018). Mechanistic insight into softening of Canadian wonder common beans (*Phaseolus vulgaris*) during cooking. *Food Research International*, 106, 522-531.
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., and Suri, S. (2021). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: Recent developments. *Toxin Reviews*, 40(4), 545-561.
- Choudhary, N., Khatik, G. L., and Suttee, A. (2021). The possible role of saponin in type-II diabetes-a review. *Current diabetes reviews*, 17(2), 107-121.
- Cingöz, A., ve Güldane, M. (2023). Leblebi Tozu İlaveli Glütensiz Bisküvi Üretimi: TOPSIS Uygulaması. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(7), 1200-1209.
- Cunsolo, V., 2025, MS-based investigation of the seed protein fraction of chickpea (*Cicer arietinum* L.). In *Book of Abstract* (p. 2).
- Çalikuşu, Ö. (2026). *Baklagil Atık Sularının Yumurta İkamesi Olarak Mereng Olarak Kullanılması*. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul.
- Çanga, D., ve Efe, C. (2017). Kontrol gruplarıyla tek yönlü varyans analizinde karşılaştırmaların kullanımı ve bir uygulama. *Tarım Bilimi ve Teknolojisi Dergisi A: David Publishing*, 474-478.
- Çetiner, M., ve Bilek, S. E. (2018). Bitkisel protein kaynakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2), 111-126.
- Çevik, S., ve Değer, A. G. (2019). Mersin’de nohut üretimi ve kuraklığın nohut gelişimi üzerine etkileri. *Dünya Multidisipliner Araştırmalar Dergisi*, 2019(1), 25-34.
- Çifçi, A. ve Eminsoy, İ. O. (2024). Üniversite öğrencilerinin hedonik açlık durumlarının besin gücü ve duygusal yeme performansı ile değerlendirilmesi. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 9 (1), 101-116.
- Çiftçiler, A. (2022). *Tamamlayıcı Beslenme Konusunda Annelere Verilen Eğitimin Bilgi ve Uygulamalarına Etkisinin Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Çubuk, B., ve Özgören, E. Glutensiz Bisküvi Üretiminde Siyah Nohut Ununun Kullanımının Araştırılması. *Tam Metin Kitabı*, 50.
- David Oakenfull, Saponins in food—A review, *Food Chemistry*, Volume 7, Issue 1, 1981, Pages 19-40, ISSN 0308-8146.

- Davidson, I. (2023). *Biscuit baking technology: processing and engineering manual*. United States: Elsevier.
- De Barros Miranda, B., Holanda, G. S., Raposo, A., da Costa Maynard, D., Botelho, R. B. A., Romão, B., de Oliveira, V. R., and Zandonadi, R. P. (2024). Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics. *Journal of food science and technology*, 61(8), 1439–1456.)
- Demir, M. (2015). Bisküvi üretiminde tam buğday unu ve paçallarının kullanımı. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 100-107.
- Demirel, H. (2017). *Farklı turunçgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanım imkanları*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan University, Konya.
- De Santis, M. A., Giuliani, M. M., Flagella, Z., Reyneri, A., and Blandino, M. (2020). Impact of nitrogen fertilisation strategies on the protein content, gluten composition and rheological properties of wheat for biscuit production. *Field Crops Research*, 254, 107829.
- Dıxıt, M., and Mishra, P., (2024). Exploring Plant Growth Potential Of Multifaceted Plant Growth Promoting Rhizobacteria Isolated From Chickpea. *Annals of Biology*, 40 (2): 264-270.
- Doğan, İ. S. (2002). Bisküvi üretiminde kalite kriteri olarak renk ölçümüne yeni bir yaklaşım. *Türkiye*, 7, 22-24.
- Doğan, İ. S., ve Uğur, T. (2005). Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 15(2), 139-148.
- Doğan, Ö. Ü. S., ve Yusuf, D. O. Ğ. A. (2024). Mardin İlinde Nohut Üretiminin Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Tarla Bitkilerinde Verimlilik ve Sürdürülebilirlik Editör*, 3.
- Dona, D. W., and Suphioglu, C. (2020). Egg allergy: diagnosis and immunotherapy. *International Journal Of Molecular Sciences*, 21(14), 5010.
- Ellis, A. L., and Lazidis, A. (2018). Köpüks for food applications. In *Polymers For Food Applications* (pp. 271-327). Cham: Springer International Publishing.
- Elkoca, E., and Kantar, F. (2011). Baklagillerde Simbiyotik Azot Fiksasyonuna Etki Eden Bazı Faktörler, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2).
- Engi, İ. (2024). *Farklı bitkisel protein kaynaklarının glutensiz bisküvinin kalite özelliklerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Erdoğan, S. (2023). *Portakal ve nar kabuğu atıklarının bisküvi ve kek üretiminde kullanım olanakları*, Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Erken, O., Kızılkaya, B., Altın, A., and Ayyıldız, H. (2020). Determination of Protein and Fat Amounts in Dried Apple and Pear Chips. *Acta Natura et Scientia*, 1(1), 6-11.
- Ertal, E., Üstündağ, P., Memiş, E., Gör, M., ve Çelik, F. (2023). Sürdürülebilir beslenme kapsamında bitkisel ve hayvansal protein tüketiminin değerlendirilmesi ve depresyon, anksiyete, stres ile ilişkisi. *Toros University Journal of Food Nutrition and Gastronomy*, 2(2), 169-182.

- Ervural, B.Ç. (2020). Varyans analizi (ANOVA) ve Kovaryans analizi (ANCOVA) ile deney tasarımı: Bir gıda işletmesinin tedarik süresinine etki eden belirlenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 923-941.
- Esendemir, Y. D., Yıldız, S., ve Sıçramaz, H. (2025). Ultrases İle Modifiye Edilen Aquafaba Protein Konsantratinın Vegan Mayonez Üretiminde Kullanımı. *Gıda*, 50(2), 147-164.
- Esmer, B., Hepsağ, F., ve Hayoğlu, İ. (2024). Bitkisel Proteinler ve Et Alternatifi Olarak Kullanımı. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(4), 1913-1932.
- Feil, B. (2001). Phytic acid. *Journal of New Seeds*, 3(3), 1-35.
- Gallagher, A., Delgado Mainar, P., Cronin, C., Muñoz, C., Calleja, J. R., Loughnane, C., and Trujillo, J. (2025). Managing egg allergy: A systematic review of traditional allergen avoidance methods and emerging graded exposure strategies. *Pediatric Allergy and Immunology*, 36(4), e70075.
- Gila-Diaz, A., Arribas, S. M., Algara, A., Martín-Cabrejas, M. A., López de Pablo, Á. L., Saenz de Pipaon, M., and Ramiro-Cortijo, D. (2019). A review of bioactive factors in human breastmilk: a focus on prematurity. *Nutrients*, 11(6), 1307.
- Gökçen, M., Aksoy, Y. Ç., ve Özcan, B. A. (2019). Vegan beslenme tarzına genel bakış. *Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 50-54.
- Graf, E., Empson, K. L., and Eaton, J. W. (1987). Phytic acid. A natural antioxidant. *Journal of Biological Chemistry*, 262(24), 11647-11650.
- Graf, E., and Eaton, J. W. (1990). Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*, 8(1), 61-69.
- Göncü, A. (2024). The effect of using sour cherry (*Prunus cerasus L.*) puree in tarhana formulations on nutritional value and functional properties of tarhana. *Food Science and Nutrition*, 12(8), 5412-5425.
- Gülümser, A. (2016). Dünyada ve Türkiye’de Yemeklik Dane Baklagillerin Durumu. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı-1), 292-298.
- Güner, A., ve Telli, N. (2021). Yumurta Ürünleri. *Türkiye Klinikleri Food Sciences-Special Topics*, 7(5), 101-110.
- Güneşliol B. E., Tek N., 4. Uluslararası Tıp Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımlar Kongresi, İstanbul, Turkey, 26- 28 March 2022.
- Hadi Alkarawi, H., and Zotz, G. (2014). Phytic acid in green leaves. *Plant Biology*, 16(4), 697-701.
- HadiNezhad, M., and 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.
- Haider, N. N., Altemimi, A. B., George, S. S., and Pratap-Singh, A. (2022). The chemical composition and quality parameters of biscuits: a review. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 35(1), 257-277.

- Hamzalıoğlu, A., ve Gökmen, V. (2017). Bisküvilerin in vitro sindirimi sırasında 5-hidroksimetilfurfural oluşumu ve eliminasyon reaksiyonları. *Food Research International*, 99, 308-314.
- Hayıt, F., ve Gül, H. (2019). Glutensiz bisküvi unu formülasyonunun yanıt yüzey yöntemi kullanılarak optimizasyonu. *Akademik Gıda*, 17(2), 185-192.
- Hayıt, F. ve Yazıcı, L. (2023). Fonksiyonel Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kenevir Tohumunun Değerlendirilmesi. *Aydın Gastronomi*, 7 (2), 241-253.
- He, Y., Shim, Y. Y., Mustafa, R., Meda, V., and Reaney, M. J. (2019). Chickpea cultivar selection to produce aquafaba with superior emulsion properties. *Foods*, 8(12), 685.
- He, Y., Meda, V., Reaney, M. J., and Mustafa, R. (2021). Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends In Food Science And Technology*, 111, 27-42.
- Hildebrand, H. V., Arias, A., Simons, E., Gerdts, J., Povolo, B., Rothney, J., and Protudjer, J. L. (2021). Adult and pediatric food allergy to chickpea, pea, lentil, and lupine: a scoping review. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 9(1), 290-301.
- Huopalahti, R., Anton, M., López-Fandiño, R., and Schade, R. (Eds.). (2007). *Bioactive Egg Compounds* (Vol. 5, pp. 293-389). Berlin: Springer.
- Hurrell. (2004). Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. *International Journal For Vitamin And Nutrition Research*, 74(6), 445-452.
- Hülağa Kaderoğlu, G. (2025). *Siyah Renkli Baklagillerden Üretilen Aquafabaların Fonksiyonel Özelliklerinin Gastronomi Açısından Değerlendirilmesi: Bitkisel Krema Üretimi*. Doktora Tezi, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul.
- Ibáñez MD, Martínez M, Sánchez JJ, Fernández-Caldas E. Reactividad cruzada de las legumbres [Baklagil çapraz reaktivitesi]. *Allergol İmmünopatol (Madr)*. 2003 Mayıs-Haziran; 31(3):151-61.
- Jakubczyk, E., and Niranjana, K. (2006). Transient development of whipped cream properties. *Journal of Food Engineering*, 77(1), 79-83.
- Jaramillo, E., and Shin, W. S. (2023). Current processing methods of aquafaba. *Trends in Food Science and Technology*, 138, 441-452.
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., and Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.
- Kadakoğlu, B., ve Karlı, B. (2022). Türkiye’de yemeklik tane baklagiller üretimi, tarım politikaları ve dış ticaretinin rekabet gücü analizi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 75-87.
- Karaboğa, Z., ve Yıldırım, A. (2019). Mısır ve Nohut Ununun Mardin Peksimetinin Kalitesine Etkileri. *Uluslararası Gıda Tarım ve Hayvancılık Kongresi, 19-22 Eylül, 2019*. Gaziantep: İKSAD- İktisadi Kalkınma ve Sosyal Araştırmalar Enstitüsü.

- Karaağaoğlu, N., Başoğlu, S., Mercanlıgil, S. M., Karakaynak, N., Yalçın, G., Seçkiner, S., ve Yıldırım, B. (1993). Bisküvi, kraker, kek, bar ve gofretlerin besin değerleri: protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat ve enerji miktarları. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 22(1), 69-82.
- Karaoğlu, M.M., Kotancılar, H.G., Çelik, İ., 1998. Modifiye nişasta eldesi ve fırın ürünlerinde kullanımı. *Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg.* 29(2): 359-368
- Karnwal, A., Shrivastava, S., Al-Tawaha, A. R. M. S., Kumar, G., Singh, R., Kumar, A., and Malik, T. (2023). Microbial biosurfactant as an alternate to chemical surfactants for application in cosmetics industries in personal and skin care products: a critical review. *BioMed Research International*, 2023(1), 2375223.
- Kaur, R., and Prasad, K. (2021). Nutritional characteristics and value-added products of Chickpea (*Cicer arietinum*) A review. *Journal of Postharvest Technology*, 9(2), 1-13.
- Kerwin, S. M. (2004). Soy saponins and the anticancer effects of soybeans and soy-based foods. *Current Medicinal Chemistry-Anti-Cancer Agents*, 4(3), 263-272.
- Kızılaslan, Y. (2020). *Siyez unu ile üretilen bebe bisküvilerinde protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul.
- Kilci, Z. (2023). Bitkisel Bazlı Diyetler: Yenilikçi Uygulamalar ve Karşılaşılan Zorluklar. *Mühendislik Alanında Akademik Analiz ve Tartışmalar*, 43.
- Kniskern, M. A., and Johnston, C. S. (2011). Protein dietary reference intakes may be inadequate for vegetarians if low amounts of animal protein are consumed. *Nutrition*, 27(6), 727-730.
- Koutentakis, M., Surma, S., Rogula, S., Filipiak, K. J., and Gąsecka, A. (2023). The effect of a vegan diet on the cardiovascular system. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, 10(3), 94.
- Köksal, E., ve Göde, F. (2017). Kompleks Koaservasyon Yöntemi ile E Vitamini İçeren Mikrokapsül Üretimi. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 12(1), 1-14.
- Kregiel, D., Berlowska, J., Witonska, I., Antolak, H., Proestos, C., Babic, M., and Zhang, B. (2017). *Saponin-based, biological-active surfactants from plants. In Application And Characterization Of Surfactants*. Intechopen: United Kingdom.
- Kumar, C. S. (2018). *Chickpea (Cicer Arietinum L.)*, Doctoral Dissertation, Chaudhary Sarwan Kumar Himachal Pradesh Krishi, India.
- Kunt, V. H. (2018). *Glutensiz bisküvi formülasyonlarının zenginleştirilmesi ve bisküvi kalitesinin artırılması*, Yüksek Lisan Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Küçükkurt, İ., ve Fidan, A. F. (2008). Saponinler ve bazı biyolojik etkileri. *Kocatepe Veterinary Journal*, 1(1), 89-96.
- Lai, H. M., and Lin, T. C. (2007). *Bakery products: science and technology*. Wiley-Blackwell: United Kingdom.

- Lara, E., Cortés, P., Briones, V., and Perez, M. (2011). Structural and physical modifications of corn biscuits during baking process. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 622-630.
- Lin, M., Tay, S. H., Yang, H., Yang, B., and Li, H. (2017). Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chemistry*, 229, 663-673.
- Liu, L., Yang, T., Yang, J., Zhou, Q., Wang, X., Cai, J., and Jiang, D. (2022). Relationship of starch pasting properties and dough rheology, and the role of starch in determining quality of short biscuit. *Frontiers in Plant Science*, 13, 829229.
- Lopez, H. W., Leenhardt, F., Coudray, C., and Remesy, C. (2002). Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *International journal of Food Science And Technology*, 37(7), 727-739.
- Lu, H., and Zheng, H. (2012). Fractal colour: A new approach for evaluation of acrylamide contents in biscuits. *Food Chemistry*, 134(4), 2521-2525.
- Majzoobi, M., Mansouri, H., Mesbahi, G., Farahnaky, A. ve Golmakani, M. T. (2016). Effects of sucrose substitution with date syrup and date liquid sugar on the physicochemical properties of dough and biscuits. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 643-656.
- Mamat, H., Hardan, M. O. A., and Hill, S. E. (2010). Physicochemical properties of commercial semi-sweet biscuit. *Food Chemistry*, 121(4), 1029-1038.
- Mancebo, C. M., Picón, J., and Gómez, M. (2015). Effect of flour properties on the quality characteristics of gluten free sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 264-269.
- Manley, D. (Ed.). (2011). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies (4th ed.)*. Woodhead Publishing: United Kingdom.
- Martín-Cabrejas, M. A. (2019). *Legumes: An overview*. In M. A. Martín-Cabrejas (Ed.), *Legumes: Nutritional quality, processing and potential health benefits* (pp. 1-18). Royal Society of Chemistry.
- Maphosa, Y., and Jideani, V. A. (2017). The role of legumes in human nutrition. *Functional Food-Improve Health Through Adequate Food*, 1, 13.
- Mert, B., ve Demirkesen, I. (2016). Reducing saturated fat with oleogel/shortening blends in a baked product. *Food Chemistry*, 199, 809-816.
- Meurer, M. C., de Souza, D., and Marczak, L. D. F. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*, 265, 109688.
- Milgate, J., and Roberts, D. C. (1995). The nutritional and biological significance of saponins. *Nutrition Research*, 15(8), 1223-1249.
- Misra, N. N., and Tiwari, B. K. (2014). Biscuits. *Bakery Products Science And Technology*, 585-601.
- Moreno, M. T., and Cubero, J. I. (1978). Variation in *Cicer arietinum* L. *Euphytica*, 27, 465-485.

- Mustafa, R., and Reaney, M. J. (2020). Aquafaba, from food waste to a value-added product. Food wastes and by-products: *Nutraceutical and Health Potential*, 93-126.
- Mustafa, R., He, Y., Shim, Y. Y., and Reaney, M. J. (2018). Aquafaba, wastewater from chickpea canning, functions as an egg replacer in sponge cake. *International journal of food science and technology*, 53(10), 2247-2255.
- Mut, Z., Erbaş Köse, Ö. D., ve Kardeş, Y. M. (2024). Determination of some quality traits of local bread wheat genotypes. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 21(4), 988-1000.
- Nacaroglu, H. T., Bahçeci Erdem, S., Çetin Şentürk, C., Karaman, S., Ünsal Karkıner, C. Ş., Toprak Kanık, E., ve Can, D. (2016). Yumurta allerjisi olan olgularımızın klinik ve laboratuvar özelliklerinin değerlendirilmesi. *Journal of Dr. Behcet Uz Children's Hospital*, 6(2).
- Nawrocka-Musiał, D. ve Latocha, M. (2012). Kwas fitynowy--nutraceutyk o działaniu przeciwowotworowym. *Polski merkuriusz lekarski: organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego*, 33 (193), 43–47.
- Neufingerl, N., and Eilander, A. (2023). Nutrient intake and status in children and adolescents consuming plant-based diets compared to meat-eaters: a systematic review. *Nutrients*, 15(20), 4341.
- Oakenfull, D., and Sidhu, G. S. (2023). Saponins. *Toxicants Of Plant Origin*, 97-142.
- Oktay, M., ve Gözükmızı, C. K. (2023). Nohut ve bezelye konserve sularının vegan mayonez üretiminde kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27(1), 94-102.
- Olca, N., ve Demir, M. K. (2022). Yulaf ve Çavdar Unlu Bisküvilerde Bal Kabağı ve Şeker Pancarı Tozu İkamesinin Etkisi. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 18(2), 41-50.
- Önder, C. Y. Ç. M., Ceyhan, E., Kaya, M., Karaköy, T., Akdoğan, G., Benlioğlu, B., ve Özaktan, H. (2020). Yemeklik Baklagiller Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 395. İstanbul: TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası.
- Özer, E. A., Özbuldu, N., ve Çoban, N. (2025). Development of Vegan Cookies Using Composite Flour and Determination of Principal Quality Characteri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(1), 125-140.
- Pareyt, B., and Delcour, J. A. (2008). The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 48(9), 824-839.
- Park, H. Y., Yoon, T. J., Kim, H. H., Han, Y. S., and Choi, H. D. (2017). Changes in the antigenicity and allergenicity of ovalbumin in chicken egg white by N-acetylglucosaminidase. *Food Chemistry*, 217, 342-345.
- Pedersen, L., Kaack, K., Bergsøe, M. N., and Adler-Nissen, J. (2004). Rheological properties of biscuit dough from different cultivars, and relationship to baking characteristics. *Journal of Cereal Science*, 39(1), 37-46.

- Pereira, M. J., Belver, M. T., Pascual, C. Y., and Martín Esteban, M. (2002). La importancia alergénica de las legumbres [The allergenic significance of legumes]. *Allergologia et Immunopathologia*, 30(6), 346–353.
- Perundurai, E. (2021). *Regulating Biscuit Weight By Using Statistical Process Control Measures*, Doctoral Dissertation, Anna University, Chennai.
- Petisca, C., Henriques, A. R., Pérez-Palacios, T., Pinho, O., and Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 20-25.
- Pires, S. M. G., Reis, R. S., Cardoso, S. M., Pezzani, R., Paredes-Osses, E., Seilkhan, A., Ydyrys, A., Martorell, M., Sönmez Güre, E., Setzer, W. N., Abdull Razis, A. F., Modu, B., Calina, D., and Sharifi-Rad, J. (2023). Phytates as a natural source for health promotion: A critical evaluation of clinical trials. *Frontiers in Chemistry*, 11, 1174109.
- Rakıcıoğlu, N., Topçu, A. A., ve Javıdıpour, I. (2000). Ankara'daki Bazı Fast-Food Restoranlarında Satılan Hamburgerlerin Besin Ögesi İçeriği ve Beslenme Açısından Değerlendirmesi. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 57(1), 7-12.
- Richter, M., Boeing, H., Grünewald-Funk, D., Heseker, H., Kroke, A., Leschik-Bonnet, E., and Watzl, B. (2016). Vegan diet. Position of the German nutrition society (DGE). *Ernährungs Umschau*, 63(04), 92-102.
- Ridout, C. L., Price, K. R., Dupont, M. S., Parker, M. L., and Fenwick, G. R. (1991). Quinoa saponins—analysis and preliminary investigations into the effects of reduction by processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54(2), 165-176.
- Roldán, M., Mesias, M., and Morales, F. J. (2026). Balancing nutrition and safety: Acrylamide and HMF in biscuits from different cereal flours. *Food Chemistry: X*, 103579.
- RufiÁN-Henares, J. A., Delgado-Andrade, C., and Morales, F. J. (2006). Application of a fast high-performance liquid chromatography method for simultaneous determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *Journal of AOAC International*, 89(1), 161-165.
- Sala, M., Barbiroli, A. G., and Cappa, C. (2024). *Chickpea cooking water: A by-product for sustainable tailored food applications*. Milano University.
- Salur, Z. (2021). *Bisküvi sanayisi artık/yan ürünlerinin ekstrüde çerez gıda üretiminde kullanımı*, Yüksek lisans tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Konya.
- Samady, W., Warren, C., Wang, J., Das, R., and Gupta, R. S. (2020). Egg Allergy in US Children. *The Journal Of Allergy And Clinical Immunology. In Practice*, 8(9), 3066–3073.e6.
- Sandhu, J. S., and Chaturvedi, S. K. (2025). Legumes Crops Cultivation for Food, Feed and Soil Health. *Legume Crops for Food Security-Cultivation and Benefits: Cultivation and Benefits*, 75.
- Sarioğlu, G., ve Velioğlu, Y. S. (2018). Baklagillerin bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483-496.

- Sarıtaş, M. K. S. (2025). Güncel Beslenme Trendleri ve Gelecek Perspektifleri. *Sağlık ve Bilim 2025: Beslenme-I*, 7.
- Sarwar, G., Sosulski, F. W., Bell, J. M., and Bowland, J. P. (1978). Nutritional evaluation of oilseeds and legumes as protein supplements to cereals. *Advances In Experimental Medicine And Biology*, 105, 415–441.
- Seidita, A., Compagnoni, S., Pistone, M., and Carroccio, A. (2025). Food Intolerances and Food Allergies: Novel Aspects in a Changing World. *Nutrients*, 17(9), 1526.
- Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., and Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, 28, 100520.
- Shah, S. Z. H., Baloch, S. K., Ali, M., Soomro, N. S., Khaskheli, A. J., Khaskheli, M. A., ... and Rajpar, A. A. (2025). Rapid massclonal regeneration of chickpea (*Cicer arietinum* L.) through callus induction. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 14(2), 366-375.
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., and Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 35.
- Shi, J., Arunasalam, K., Yeung, D., Kakuda, Y., Mittal, G., and Jiang, Y. (2004). Saponins from edible legumes: chemistry, processing, and health benefits. *Journal of Medicinal Food*, 7(1), 67-78.
- Shim, Y. Y., He, Y., Kim, J. H., Cho, J. Y., Meda, V., Hong, W. S., and Reaney, M. J. (2021). Aquafaba from Korean soybean I: A functional vegan food additive. *Foods*, 10(10), 2433.
- Sibincic, N., Prodic, I., Apostolovic, D., Wai, C. Y., Leung, A. S., and Stojadinovic, M. (2025). Insights into Isolation and Purification Strategies of Egg Allergens. *Foods*, 14(11), 1944.
- Singh, F., and Diwakar, B. (1995). *Chickpea botany and production practices (Skill Development Series No. 16)*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Sofi, S. A., Muzaffar, K., Ashraf, S., Gupta, I. ve Mir, S. A. (2020). Chickpea. K. Muzaffar, S. A. Mir ve B. S. Modi (Ed.), *Pulses: Processing and product development* (ss. 55-76). Springer.
- Sudha, M. L., Chetana, R., and Reddy, S. Y. (2014). Effect of microencapsulated fat powders on rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *Journal Of Food Science And Technology*, 51, 3984-3990.
- Stantiall, S. E., Dale, K. J., Calizo, F. S., and Serventi, L. (2018). Application of pulses cooking water as functional ingredients: The köpüking and gelling abilities. *European Food Research and Technology*, 244, 97-104.
- Stasiak, J., Stasiak, D. M., and Libera, J. (2023). The potential of aquafaba as a structure-shaping additive in plant-derived food technology. *Applied Sciences*, 13(7), 4122.
- Švecová, B., and Mach, M. (2017). Content of 5-hydroxymethyl-2-furfural in biscuits for kids. *Interdisciplinary Toxicology*, 10(2), 66-69.

- Şirin, S. D. (2021). *Çimlendirilmiş Çavdar (Secale Cereale) ve Yulaf (Avena Sativa)'In Bisküvi Üretiminde Kullanım İmkânları*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Şeker, İ. T., Gökbulut, İ., Öztürk, S., Özbaş, Ö. Ö., ve Köksel, H. (2006). Enzime dirençli nişastanın bisküvi üretiminde kullanımı. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Tachie, C., Nwachukwu, I. D., and Aryee, A. N. (2023). Trends and innovations in the formulation of plant-based foods. *Food Production, Processing And Nutrition*, 5(1), 16.
- Tan, J. W., and Joshi, P. (2014). Egg allergy: an update. *Journal Of Paediatrics And Child Health*, 50(1), 11-15.
- Tarantul, A., and Eliseeva, T. (2020). Chicken egg. *Journal of Healthy Nutrition and Dietetics*, 1(11), 51-67.
- Tetik, S. (2018). *Bazı Gıda endüstrisi yan ürünlerinin bisküvi üretiminde kullanımı üzerine bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan University, Konya.
- Toker, C., Uzun, B., Ceylan, F. O., ve Ikten, C. (2014). Chickpea. In A. Pratap and J. Kumar (Eds.), *Alien gene transfer in crop plants, volume 2: achievements and impacts*, Springer. (pp. 121-151).
- Topal, N., ve Bal, Y. C. (2021). Nohut (Cicer arietinum L.) Polen Morfolojisi ve Etkileyen Faktörler. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 4(2), 1-8.
- Topaloğlu, K. (2019). *Glutensiz bisküvi üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ University, Bursa.
- Tresina, P. S., and Mohan, V. R. (2012). Physico-chemical and antinutritional attributes of gamma irradiated *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *unguiculata* seeds. *International Food Research Journal*, 19(2).
- Tufaro, D., and Cappa, C. (2023). Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product. *Food Hydrocolloids*, 136, 108231.
- Ton, A., and Anlarsal, A. (2015). Possibilities of High Quality Seed Production of Grain Legumes in Turkey. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 1(1), 51-56.
- Tuğan, S. C., Kotancılar, H. G., Cheraghi, K. S., ve Civelek, P. (2022). Triticale unu ve gam kullanımının ekmeğin bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. *ATA-Gıda Dergisi*, 1(1 (Ocak)).
- Uyar, M. (2021). *Besinsel Lifler ve Yağ İkame Maddelerinin Kullanımı ile Enerjisi Kısıtlanmış Bisküvi Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya.
- Uysal, L. H. (2005). *Farklı kaynaklardan elde edilen besinsel liflerin bisküvi kalitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması*. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Ünsal, H., ve Soyer, Ö. (2021). Yumurta Alerjisi. *Türkiye Klinikleri Food Sciences-Special Topics*, 7(5), 55-62.

- Üzümcü, Z., ve Özsisli, B. (2023). Yulaf ezmesi ve yaban mersinli çikolatanın bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(3), 478-484.
- Van der Sman, R. G. M., and Renzetti, S. (2019). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2225-2239.
- Von Koerber, K., Bader, N., and Leitzmann, C. (2017). Wholesome nutrition: an example for a sustainable diet. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(1), 34-41.
- Wanders, A. J., Zock, P. L., and Brouwer, I. A. (2017). Trans fat intake and its dietary sources in general populations worldwide: a systematic review. *Nutrients*, 9(8), 840.
- Wang, R., and Guo, S. (2021). Phytic acid and its interactions: Contributions to protein functionality, food processing, and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 2081-2105.
- Wang, T., Masedunskas, A., Willett, W. C., and Fontana, L. (2023). Vegetarian and vegan diets: benefits and drawbacks. *European Heart Journal*, 44(36), 3423-3439.
- Weikert, C., Trefflich, I., Menzel, J., Obeid, R., Longree, A., Dierkes, J., ... and Abraham, K. (2020). Vitamin and mineral status in a vegan diet. *Deutsches Ärzteblatt International*, 117(35-36), 575.
- Włodarczyk, K., Zienkiewicz, A., and Szydlowska-Czerniak, A. (2022). Radical scavenging activity and physicochemical properties of aquafaba-based mayonnaises and their functional ingredients. *Foods*, 11(8), 1129.
- Wu, P., Tian, J. C., Walker, C. E., and Wang, F. C. (2009). Determination of phytic acid in cereals—a brief review. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1671-1676.
- Yazıcı, GN, Taşpınar, T., Binokay, H., Ağcam, E., Ağırman, B., ve Özer, MS (2025). Aquafaba içeren yumurtasız glutensiz keklerin fizikokimyasal özelliklerinin ve bayatlama karakteristiklerinin değerlendirilmesi. *Gıda Ölçümü ve Karakterizasyonu Dergisi*, 1-17.
- Kılınç Şahin, S., ve Yıldız, E. (2023). Kek hazırlama ve uygulama teknikleri. *Pastacılık temel metot ve uygulamaları içinde* (ss. 53-74). Çanakkale: Paradigma Akademi.
- Yıldız, M. (2012). *Karabuğday (Fagopyrum esculentum Moench.) ve lüpen (Lupinus albus L.) unlarının glutensiz bisküvi üretiminde kullanımı üzerine bir araştırma*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Yılmaz, H. (2024). *Vegan Top Kek Üretiminde Farklı Baklagil Atık Sularından Hazırlanan Aquafabaların Kullanımı ve Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul.
- Yüccer, M., Temizkan, R., ve Caner, C. (2012). Fonksiyonel gıda olarak yumurta: bileşenleri ve fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda*, 10(4), 70-76.
- Zhou, J. R., and Erdman Jr, J. W. (1995). Phytic acid in health and disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), 495-508.

Zhou, Q., Li, X., Yang, J., Zhou, L., Cai, J., Wang, X., and Jiang, D. (2018). Spatial distribution patterns of protein and starch in wheat grain affect baking quality of bread and biscuit. *Journal of Cereal Science*, 79, 362-369.

EKLER

Ek-1. Duysal Analiz Değerlendirme Formu:

BİSKÜVİ DUYUSAL ANALİZ FORMU

Tarih:

Panelistin Adı Soyadı:

Yaşı:

Eğitim Durumu:

Özellikleri	Aquafabalı bisküvi	Kontrol bisküvi
Görünüş		
Renk		
Sertlik		
Gevreklik		
Lezzet (Koku+Tat+Aroma)		
Genel Kabul Edilebilirlik		
Çiğnenebilirlik		
Koku		
Ağızda bıraktığı his		
Sunum		
Kalite		

Not: Genel Kabul Edilebilirlik, bu formda belirtilen ve belirtilmeyen tüm duysal özellikleri kapsayacak şekilde yapılan değerlendirmedir.

Ek-1. (Devam)

Genel Puanlama Tablosu

Puan	Açıklama
1	Tüketilemez
2	Çok Kötü
3	Kötü (kusurlu)
4	Sınırdan (Biraz zayıf)
5	Orta
6	Oldukça iyi
7	İyi
8	Çok iyi
9	Mükemmel

Görünüş, dış kısmı düzgün, dağılmamış, çatlamamış, kurumamış olmalı,

Renk; açık kahverengi, yanmamış kızarmamış olmalı,

İç görünüşü, pişmiş, homojen dağılmış olmalı,

Sertlik, çok sert değil, kırılmalı olmalı,

Lezzet, hoş giden bisküvi lezzeti, kokusu ve aroması olmalı,

Gevreklik, gevrek ve kolayca dağılabilen yapıda olmalı,

Koku, hoş kokulu, nohut kokusu gelmeyecek şekilde olmalı,

Tercih edilebilirlik, sonra da normal bisküvi yerine satın alınabilecek şekilde olmalıdır.

Yumurta beyazı ve aquafaba ile iki şekilde pişirilerek test edilecektir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Adı Soyadı: Elif POLAT

Eğitim Durumu:

Lisans: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü (2016-2020)

Yüksek Lisans: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı'nda öğrenim görmektedir.