

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİSEL PROTEİN KAYNAKLARININ GLUTENSİZ BİSKÜVİNİN
KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İpek ENGİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

OCAK 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FARKLI BİTKİSEL PROTEİN KAYNAKLARININ GLUTENSİZ BİSKÜVİNİN
KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İpek ENGİ
(506191525)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Aşlı CAN KARAÇA

OCAK 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**THE EFFECT OF DIFFERENT PLANT PROTEIN RESOURCES ON
QUALITY PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BISCUIT**

M.Sc. THESIS

**İpek ENGİ
(506191525)**

Department of Food Engineering

Food Engineering Programme

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Aşlı CAN KARAÇA

JANUARY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 506191525 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi İpek ENGİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “FARKLI BİTKİSEL PROTEİN KAYNAKLARININ GLUTENSİZ BİSKÜVİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Aşlı CAN KARAÇA**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Fatma Ebru FIRATLIGİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Esra Doğu BAYKUT
İstanbul Medeniyet Üniversitesi

Teslim Tarihi : 04 Ocak 2024
Savunma Tarihi : 30 Ocak 2024





Sevgili aileme,



ÖNSÖZ

Öncelikle bu tezin geliştirilmesi sırasındaki değerli desteği ve rehberliği için danışmanım Doç. Dr. Aslı CAN KARAÇA'ya,

Çalışmam boyunca sonsuz desteklerini esirgemeyen yöneticim Zeynep MUTLU ve tüm çalışma arkadaşlarıma değerli destekleri, tavsiyeleri ve bu çalışmanın duygusal analizine katılımları için içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Son olarak hayatımın her anında fikirlerine ihtiyaç duyduğum, bana her zaman yol gösteren, yardımlarını ve desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen kıymetli babam Burhan ENGİ'ye, kıymetli annem Zeynep ENGİ'ye ve hayatım boyunca her zaman yanımda olan kız kardeşimlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2024

İpek ENGİ
(Gıda Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Bisküvi	3
2.2 Bisküvi Üretiminde Kullanılan Hammaddeler.....	4
2.3 Gluten Proteini ve Çölyak Hastalığı.....	7
2.4 Glutensiz Ürünlerde Kullanılan Hammaddeler.....	10
2.4.1 Glutensiz rafine un ve nişastalar	12
2.4.2 Gamlar.....	13
2.4.3 Bitkisel protein kaynakları	14
2.4.3.1 Baklagiller	15
2.4.3.2 Yağlı tohumlar	24
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1 Materyal	27
3.2 Metot	28
3.2.1 Ön denemeler	28
3.2.2 Deneme planı	31
3.2.3 Bisküvi üretimi.....	31
3.2.4 Kullanılan un karışımlarının fonksiyonel özellikleri	33
3.2.4.1 Su ve yağ tutma kapasitesi	33
3.2.4.2 Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi.....	34
3.2.5 Bisküvi analizleri	35
3.2.5.1 Fiziksel özellikler	35
3.2.5.2 Besin öğeleri kompozisyonu	37
3.2.5.3 Hızlandırılmış raf ömrü analizleri.....	39
3.2.5.4 Duyusal özellikler	40
3.2.5.5 İstatiksel Analiz.....	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1 Kullanılan Un Karışımlarının Fonksiyonel Özellikleri.....	41
4.1.1 Su ve yağ tutma kapasitesi	41
4.1.2 Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi.....	46
4.2 Bisküvi Analizleri	49

4.2.1 Fiziksel özellikler	49
4.2.1.1 Çap, kalınlık ve yayılma oranı	49
4.2.1.2 Ağırlık ve pişme kaybı	52
4.2.1.3 Renk özellikleri	54
4.2.1.4 Tekstür özellikleri	58
4.2.1.5 Su aktivitesi	61
4.2.2 Besin öğeleri kompozisyonu	62
4.2.2.1 Nem içeriği	64
4.2.2.2 Protein içeriği	65
4.2.2.3 Yağ içeriği	67
4.2.2.4 Kül içeriği	69
4.2.2.5 Karbonhidrat içeriği	70
4.2.3 Hızlandırılmış raf ömrü analizleri	71
4.2.3.1 Nem içeriği	71
4.2.3.2 Su aktivitesi	73
4.2.3.3 Tekstür özellikleri	75
4.2.4 Duyusal özellikler	79
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	85
KAYNAKLAR	91
EKLER	103
ÖZGEÇMİŞ	105

KISALTMALAR

ANOVA : Analysis of variance

AOAC : The association of official analytical chemists

BAK : Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

BAK 4.3 : Son ürün protein oranı %4,3 olan bakla protein ilaveli glutensiz bisküvi

BAK 6.8 : Son ürün protein oranı %6,8 olan bakla protein ilaveli glutensiz bisküvi

BEP : Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

BEP 4,3 : Son ürün protein oranı %4,3 olan bezelye protein ilaveli glutensiz bisküvi

BEP 6,8 : Son ürün protein oranı %6,8 olan bezelye protein ilaveli glutensiz bisküvi

ÇH : Çölyak hastalığı

K1 : %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi

K2 : %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

OPP : Oriente polipropilen

PK : Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

PK 4.3 : Son ürün protein oranı %4,3 olan protein karışımı ilaveli glutensiz bisküvi

PK 6.8 : Son ürün protein oranı %6,8 olan protein karışımı ilaveli glutensiz bisküvi

RH : Bağıl nem



SEMBOLLER

$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece
a^*	: (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
b^*	: (+) sarı, (-) mavi renk değeri
L^*	: Parlaklık renk değeri
ΔE^*	: Renk farklılığı
ΔL^*	: Parlaklık (L^*) farklılığı
Δa^*	: Kırmızı/yeşil (a^*) farklılığı
Δb^*	: Sarı/mavi (b^*) farklılığı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Glutensiz gıdalarda kullanılan bazı baklagillerin yaklaşık besin değeri aralıkları.....	16
Çizelge 2.2 : Bazı baklagillerin protein sınıflarının yaklaşık bileşimi	16
Çizelge 2.3 : Bazı yağlı tohumların protein içerikleri	24
Çizelge 3.1 : Glutensiz un karışımı bileşenleri.....	27
Çizelge 3.2 : Protein karışımı bileşenleri.....	27
Çizelge 3.3 : Un karışımında kullanılan hammaddelerin protein konsantrasyonları.	28
Çizelge 3.4 : Un karışımında kullanılan hammaddelere ait besin ögesi kompozisyon değerleri (%).....	28
Çizelge 3.5 : Protein ilavesiz (standart) ve %5, %7, %10 oranlarında protein izolatı ilave edilen glutensiz bisküvi örneklerine ait analiz sonuçları.....	29
Çizelge 3.6 : Ön deneme bisküvi gruplarına ait pişme kaybı değerleri.....	31
Çizelge 3.7 : Bisküvi formülasyonu	32
Çizelge 3.8 : Bisküvi formülasyonunda kullanılan un bileşenlerinin miktarı (g).....	32
Çizelge 4.1 : Kullanılan un karışımlarına ait su ve yağ tutma kapasite değerleri	41
Çizelge 4.2 : Kullanılan un karışımlarının emülsiyon aktivite ve stabilite değerleri.	46
Çizelge 4.3 : Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları	49
Çizelge 4.4 : Bisküvi örneklerine ait pişme kaybı değerleri.....	53
Çizelge 4.5 : Üretilen Bisküvilere İlişkin L*, a*, b*, ΔE* renk değerleri.....	55
Çizelge 4.6 : Üretilen bisküvilere ilişkin tekstür (g) değerleri	59
Çizelge 4.7 : Üretilen bisküvilere ait su aktivitesi değerleri.....	61
Çizelge 4.8 : Üretilen bisküvilerin besin öğeleri kompozisyonu.....	63
Çizelge 4.9 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca nem içeriklerindeki değişim	72
Çizelge 4.10 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca su aktivite sonuçları	74
Çizelge 4.11 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca sertlik değeri sonuçları	76
Çizelge 4.12 : Bisküvi örneklerinin duyu özellikleri	80



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Bisküvi hamuru örneği	33
Şekil 3.2 : Konika Minolta renk ölçüm cihazı	36
Şekil 3.3 : TexturePro CT3 cihazı ile tekstür analizi.....	37
Şekil 3.4 : Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı.	39
Şekil 4.1 : Bisküvi gruplarının raf ömrü süresi boyunca tekstür (sertlik) değerlerindeki değişim	77
Şekil A.1 : Duyusal analiz formu	104



FARKLI BİTKİSEL PROTEİN KAYNAKLARININ GLUTENSİZ BİSKÜVİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

ÖZET

Glutensiz atıştırılabilir ürünlerine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Gluten, bitkisel kaynaklı bir protein olup, buğday, çavdar ve arpa gibi tahılların yapısında bulunmakta ve çölyak hastalığı gibi çeşitli sağlık sorunları nedeniyle bazı tüketiciler tarafından tüketilememektedir. Çölyak hastalığı, gluten tüketimi olması durumunda ince bağırsığa zarar vererek bir dizi ciddi semptomu neden olur. Bu hastalığa karşı en önemli çözüm ise günlük diyetten glutenin tamamen çıkarılmasıdır. Ancak gıda ürünlerinden glutenin çıkarılması ürünlerin besin değerinin azalmasına ve çeşitli kalite özelliklerinin olumsuz etkilenmesine sebep olabilir. Glutensiz tahıl ürünleri ile baklagillerin birlikte kullanılması, glutensiz ürünlerde daha dengeli bir esansiyel amino asit profili sağlarken, ürünlerin besin değerini de iyileştirmektedir. Baklagiller ve yağlı tohumlar, proteince zengin yüksek besin içeriği ve gluten içermemeleri sebebiyle glutensiz ürünlerde tercih edilmektedir.

Bisküvi, kolay erişilebilir, doyurucu ve uzun raf ömrüne sahip özellikleri ile sıklıkla tüketilen fırıncılık ürünlerinden biridir. Bisküvi üretiminde gluten, ekmek ürünlerindeki gibi temel bir role sahip olmadığından, bitkisel proteinler ile içeriği zenginleştirilmiş glutensiz bisküvi üretimi büyük ilgi görmektedir. Ayrıca, literatürdeki glutensiz ürün çalışmaları incelendiğinde, bisküvi kategorisinde bitkisel protein kaynaklarının un formunda kullanıldığı gözlemlenmiş, “izolat veya konsantre” formunda bitkisel protein ilaveli bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Tüm bunlardan yola çıkarak, bu çalışmanın amacı, farklı bitkisel protein kaynakları ile glutensiz bisküvi reçetesi geliştirmektir. Piyasadan temin edilen üç farklı protein kaynağı (bezelye proteini, bakla proteini ve nohut, bezelye ve ayçekirdeği proteinlerinden oluşan protein karışımı), glutensiz un karışımı ile yer değiştirme prensibine göre iki farklı son ürün protein oranında (%4,3, %6,8) bisküvi formülasyonlarına ilave edilmiş ve ürünlerin çeşitli kalite özellikleri hem birbirleri arasında hem de 2 farklı kontrol numunesi ile karşılaştırılmıştır. Kontrollerden biri buğday unuyla hazırlanmış glutenli bisküvi, diğeri pirinç unu, topyoka nişasta, mısır nişastası ve ksantan gam’dan oluşan un karışımı ile hazırlanmış glutensiz bisküvidir. Bisküvilerin kalite özelliklerinin değerlendirilmesi için, unların fonksiyonel özellikleri (su ve yağ tutma kapasitesi, emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi) ve bisküvilere ait fiziksel analizler (pişme kaybı, kalınlık, çap, yayılma oranı, sertlik, renk ve su aktivitesi), besin öğeleri kompozisyonu analizleri (nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat), duyu analizi ile hızlandırılmış raf ömrü testleri ile gerçekleştirilmiştir.

Bitkisel protein ilaveli glutensiz unların fonksiyonel özellikleri incelendiğinde, su tutma kapasiteleri (BAP ve BEP 6,8 grupları hariç) ve yağ tutma kapasiteleri (PK 6,8 grubu hariç) buğday unu ile aralarında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. BEP 6,8 grubu hariç, bitkisel protein ilaveli glutensiz unların, emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi değerleri ile buğday unu arasında önemli derecede benzerlik söz konusudur. BEP 6,8

grubu unların buğday ununa kıyasla emülsiyon aktivitesinin önemli düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, bisküvi bileşimindeki bitkisel protein ikame oranı artıkça, bisküvi çapında ve kalınlığında bakla protein ilaveli glutensiz bisküviler (BAP) hariç azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Çap ve kalınlıktaki bu değişim, yayılma oranlarına da yansımış olup, bezelye proteini hariç formülasyona ilave edilen bitkisel proteinler, bisküvilerin yayılma oranlarını, buğday unu ile hazırlanmış kontrol bisküvilerine göre önemli düzeyde azaltmıştır. Glutensiz un kullanılan kontrol grubu bisküvi (K2) renginin, buğday unlu bisküvilere (K1) kıyasla daha yüksek L^* (parlaklık) değeri ve daha düşük a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri ile daha açık bir renge sahip olduğu; protein ilaveli glutensiz bisküvilerin (BEP, BAP, PK) ise K2 bisküvi grubuna kıyasla L^* değerinin daha düşük, a^* değerinin ise daha yüksek olduğu ve daha koyu bir renkte oldukları gözlenmiştir. Bitkisel proteinlerin ilavesi, bisküvi sertliğini, buğday unlu kontrol bisküvilerine göre, önemli düzeyde azaltmıştır. Bitkisel protein konsantrasyonunda ki artışa bağlı olarak ise yüksek protein ilaveli (%6,8) bisküvilerin su aktivitesi ve nem içeriği değerlerinde önemli bir artış gözlemlenmiştir. Çalışılan numuneler içerisinde %4,3 ve %6,8 protein seviyelerindeki bisküvilerin protein içeriğinin, glutensiz kontrole göre sırasıyla 1,82 ve 2,59 kat kadar daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buğday ununun değiştirilmesiyle, özellikle yüksek konsantrasyondaki (%6,8) BAP ve PK örneklerine ait kül değerlerinin, K1 ve K2 kontrol örneklerinden önemli düzeyde yüksek iken; karbonhidrat değerlerinin kontrol örneklerinden önemli düzeyde düşük olduğu tespit edilmiş ve bisküvi örneklerinin genel olarak birbirine yakın yağ oranlarına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Raf ömrü analizleri sonucunda, su aktivite değerlerinin 45. gün sonuna kadar 0,6'nın altında kaldığı, nem değerlerinin ise 30.güne kadar %5'in üzerine çıkmadığı, 45. günde ise kontrol grupları ile birlikte yalnızca PK 6,8, BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin nem değerlerinin %6'nın altında olduğu tespit edilmiştir. Raf ömrü süresince sertlik değerindeki değişim incelendiğinde ise yine PK 6,8 ve BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin, K1 kontrol grubu ile benzer davranış gösterdiği ve 15, 30 ve 45. günlerde tekstür değerlerinde önemli bir değişim göstermeyerek nem ve su aktivite değerlerinin kritik seviyelere çıkmadığı tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre ise (BEP 6,8 grubu sertlik ve gevreklik değerleri hariç) tüm bisküvi gruplarının 5 ve üzeri puan aldığı ve 6,10-7,25 aralığındaki genel beğeni puanları ile tüketiciler tarafından kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, çalışmamız kapsamında, buğday unu yerine, farklı bitkisel protein ilaveli glutensiz bisküvi örneklerinin (BEP, BAP, PK) duyusal özellikleri açısından kabul edilebilir olması ve kontrol grupları ile çeşitli kalite özellikleri açısından aralarında önemli bir fark tespit edilmemesi, bitkisel protein ilaveli bisküvilerin endüstriyel olarak buğday unlu bisküvilere glutensiz ve besleyici değeri daha yüksek bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

THE EFFECT OF DIFFERENT PLANT PROTEIN RESOURCES ON QUALITY PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BISCUIT

SUMMARY

The demand for gluten-free snack products is increasing steadily. Gluten, a plant-derived protein found in the structure of grains such as wheat, rye, and barley, cannot be consumed by some consumers due to various health problems including celiac disease. Celiac disease causes serious symptoms by damaging the small intestine when gluten is consumed. While celiac disease generally shows symptoms such as loss of appetite, abdominal bloating, diarrhea, vomiting, weight loss, constipation and growth and developmental delay in children under 2 years of age; in children older than 2 years and adults, it shows symptoms such as anemia of unknown cause and bone weakness. The reason for this situation is shown to be malnutrition due to malabsorption in celiac patients over time. The most important solution to this disease is to completely remove gluten from the daily diet. However, removing gluten from food products can lead to a decrease in the nutritional value of the products and have a negative impact on various quality characteristics. Gluten-free market products generally contain more carbohydrates, fat and less protein. Legumes and oilseeds are preferred in gluten-free products due to their rich protein content and lack of gluten.

Legumes which are an important source of protein, also contain high amounts of carbohydrates, antioxidants, beneficial micronutrients such as vitamins and minerals, and dietary fibers. These product groups, known as low glycemic index foods, are low in fat and calories and do not contain cholesterol. Thanks to these properties, legumes have important beneficial effects with their rich chemical content in the nutritional treatment of diseases such as diabetes, obesity, cardiovascular diseases, and some types of cancer. For this reason, it is recommended that especially people with metabolic diseases include legumes in their daily diet. Additionally, the use of legumes together with gluten-free cereal products provides a more balanced essential amino acid profile and improves the nutritional value of the products. At the same time, legumes are grown and consumed worldwide, and they hold an important place as a source of plant protein in human nutrition, especially in countries where animal protein consumption is limited or absent due to religious beliefs or cultural habits.

Apart from legumes, oilseeds are among the preferred raw materials for enriching gluten-free products with their protein-rich content. Oilseeds, which are mostly used in the oil industry due to their high oil content, are mostly used as protein isolate or concentrate because they contain high concentrations of protein in the remaining part of the meal. One of the oilseeds from which protein is obtained is sunflower seed. Sunflower is a potential protein supplement in the daily diet due to its superior nutritional quality and absence of any non-nutritional components. Although it is mostly used for oil production, it is becoming necessary as an alternative protein source due to the rapidly increasing population. Like sunflower, wheat germ has a high concentration of nutritional content. Compared to wheat endosperm, sunflower seeds

offer three times the protein, seven times the fat, fifteen times the sugar and six times the mineral content.

Biscuits are one of the most consumed and popular foods in many centuries of the world. With its easy accessibility, satisfying nature, and long shelf life, is one of the frequently consumed bakery products. Gluten-free foods, unless enriched in nutrients, are generally produced from refined flour or starch-based raw materials, and therefore contain rich nutrients such as various vitamin groups (vitamin B), iron, dietary fiber and protein in lower amounts than gluten products. When gluten-free products and gluten-containing products are compared in terms of nutritional values, it has been determined that gluten-free products generally have higher carbohydrate and lipid content. Studies have shown that approximately 20-38% of celiac patients have some nutritional deficiencies such as protein, dietary fiber, minerals and vitamins. In addition, the production of gluten-free biscuits enriched with plant proteins has attracted great interest as gluten does not play a fundamental role in biscuit production as in bread products. Furthermore, in the literature, it has been observed that in the biscuit category, plant protein sources are used in the form of flour, and no study has been encountered with the addition of plant proteins in "isolate or concentrate" form. Based on all of this, the aim of this study is to develop a gluten-free biscuit recipe with different plant protein sources. Three different protein sources obtained from the market (pea protein, faba bean protein, and a protein mixture consisting of chickpea, pea, and sunflower proteins) were added to two different final product biscuit formulations according to the principle of replacing gluten-free flour mixture with protein at two different protein ratios (%4.3, %6.8), and the various quality characteristics of the products were compared both among themselves and with 2 different control samples. For the evaluation of the quality characteristics of the biscuits, the functional properties of the flours (water and oil holding capacity, emulsion activity and stability) and the physical analyses of the biscuits (baking loss, thickness, diameter, spread ratio, hardness, color, and water activity), nutritional composition analyses (moisture, protein, fat, ash, and carbohydrate), sensory analysis, and accelerated shelf life tests were performed.

When the functional properties of the gluten-free flours with added plant proteins were examined, no significant difference was observed between the water holding (except BAP and BEP 6.8 groups) and oil holding capacities (except PK 6.8 groups). Except for the BEP 6.8 group, there is a significant similarity between the emulsion activity and stability values of gluten-free flours with added plant protein and wheat flour. It was determined that the emulsion activity of BEP 6.8 group flours was significantly higher compared to wheat flour.

According to the results of the study, as the plant protein substitution rate in the biscuit composition increased, a tendency to decrease in the diameter and thickness of the biscuits, except for the faba bean protein-added gluten-free biscuits (BAP) were observed. This change in diameter and thickness was also reflected in the spread ratios, and except for the pea protein, the plant proteins added to the formulation reduced the spread ratios of the biscuits compared to the wheat flour-based control biscuits. The gluten-free flour used in the control group biscuits (K2) had a higher L* (brightness) value and lower a* (redness) and b* (yellowness) values compared to the wheat flour biscuits (K1); it was observed that the protein-added gluten-free biscuits (BEP, BAP, PK) had a lower L* value and a higher a* value compared to the K2 biscuits and were darker in color. Color differences (ΔE) between the K1 control group and the BEP 6.8 and PK 6.8 samples are below 3 and not perceived as significantly high by consumers.

However, a significant color difference is observed between the K1 control group and the K2 control group without protein addition, as well as the %4.3 protein-added all gluten-free biscuit groups. It is observed that the addition of high protein (%6.8) reduces the ΔE^* value of gluten-free biscuits and enables the attainment of a similar color to gluten-containing biscuits. The addition of plant proteins significantly reduced the hardness of the biscuits compared to the wheat flour-based control biscuits. As a result of the increase in plant protein concentration, a significant increase in the water activity and moisture values of the high protein-added (%6.8) biscuits was observed. It was observed that the protein content of the biscuits at %4.3 and %6.8 protein levels was 1.82 and 2.59 times higher, respectively, than the gluten-free control. When the wheat flour was replaced, it was determined that the ash values of the high concentration (%6.8) BAP and PK samples were significantly higher than the K1 and K2 control samples, while the carbohydrate values were significantly lower than the control samples, and the biscuit samples generally had similar fat contents. As a result of the shelf life analyses, it was determined that the water activity values remained below 0.6 until the 45th day, the moisture values did not exceed 5% until the 30th day, and on the 45th day, only the moisture values of the PK 6.8 and BEP 4.3 protein-added biscuits were below 6%. When the change in hardness value during the shelf life was examined, it was observed that the PK 6.8 and BEP 4.3 protein-added biscuits showed similar behavior to the K1 control group and did not show a significant change in texture values on the 15th, 30th, and 45th days, and the moisture and water activity values did not reach critical levels. According to the sensory evaluation results, all biscuit groups, except for the BEP 6.8 group, received a score of 5 and above and were found to have acceptable general liking scores in the range of 6.10-7.25.

In conclusion, within the scope of our study, the sensory properties of different plant protein-added gluten-free biscuit samples (BEP, BAP, PK) were found to be acceptable, and no significant difference was found between the control groups in terms of various quality characteristics. This shows that plant protein-added biscuits can be a gluten-free alternative and to wheat flour biscuits in the industry.



1. GİRİŞ

Gıda sektöründe glutensiz ürünlere olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık %1' i gluten intoleransına sahip ve bu hastalığa sahip olan kişiler, ömür boyu gluten içeren ürünlerden kaçınmak zorundadırlar. Bu nedenle, gluten içermeyen gıdaların çoğu, glutensiz rafine nişastalar veya unlar kullanılarak üretilmektedir. Glutenin varlığı, pişirme sırasında istenen uzama/hacim ve ürün dokusunu elde etmek için salınan gazın tutulması açısından kritiktir [1]. Ayrıca, fırıncılık ürünlerinde hamurun viskoelastik yapısının sağlanması için de güçlü bir protein ağı oluşumu önem arz etmektedir. Glutenin ve gliadin (prolamin), gluteni oluşturan ana bileşenlerdir. Buğday ununun su ile yoğrulması sırasında, viskozite ve uzama yeteneği prolamin tarafından sağlanırken, hamurun elastik ve yapışkan karakteristikleri glutenin tarafından sağlanır [2]. Bu nedenle gluten, tahıl bazlı ürünlerin iç yapısı ve görünümünden sorumludur. Son yıllarda, benzer kalitede glutensiz ürünlerin hazırlanmasında yaşanan ilerlemelere rağmen, ekmek, kahvaltılık gevrekler, makarna, kek ve bisküvi gibi tahıl bazlı ürünlerde glutenin tamamen ikame edilmesi hala ciddi bir zorluk olmaya devam etmektedir. Pirinç unu, doğal, hipoalerjenik ve renksiz bir ürün olması sebebiyle glutensiz ürünlerin hazırlanmasında umut verici bir tahıl bileşenidir. Bununla birlikte, pirinç genellikle az miktarda prolamin içerdiğinden, sistemin kıvamını veya viskozitesini artırmak için gamlar, emülgatörler ve süt ürünleri gibi uygun katkı maddeleri ile kullanılması gereklidir [1]. Alternatif olarak patates nişastası da, fırıncılık ürünlerinde yüksek viskozite sağlayarak tekstürün iyileştirilmesinde ve kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır [3].

Glutensiz pazar ürünleri genellikle daha fazla karbonhidrat, yağ ve daha az protein içermektedir. Bun karşın, baklagiller yüksek miktarda protein, kompleks karbonhidratlar (nişasta ve lif), vitaminler ve minerallere sahiptir. Ayrıca, yağ oranı düşüktür ve kolesterol içermez. Bu nedenle, tahılların ve baklagillerin birlikte kullanımı glutensiz ürünlerde daha dengeli bir temel amino asit profili sağlanabilir. Ayrıca, baklagillerin diyabetin kontrolünde, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde ve bazı kanser türlerine karşı koruyucu etkileri de vardır [1].

Bu çalışmada, atıştırmalık ürün kategorisinde tüketimi her geçen gün artan bisküvi, araştırma ürünü olarak seçilmiştir. Bu amaçla, bisküvi üretiminde buğday unu ikamesi olarak pirinç unu, patates nişastası, tapyoka nişasta ve ksantan gam'dan oluşan glutensiz bir un karışımı kullanılmıştır. Ürünün özellikle protein açısından besin değerini yükseltmek ve bisküvi yapısını geliştirmek amacıyla farklı bitkisel protein kaynakları [bezelye proteini, bakla proteini, ve bir protein karışımı (nohut, bezelye ve ayçekirdeği)] bu glutensiz un karışımına iki farklı son ürün konsantrasyonunda ilave edilerek yeni bir glutensiz bisküvi formülasyonu geliştirilmiştir. Ayrıca, üretilen glutensiz bisküvilerde, bitkisel protein kaynaklarının son ürün kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Literatürde yapılan araştırmalar sonucu, izolat veya konsantre formda bitkisel proteinlerin bisküvi üretiminde kullanımı ile ilgili bir çalışmaya rastlanmadığı için bu çalışmanın ileride yapılacak çalışmalara öncülük edip, literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı, çölyak ve çölyak harici gluten duyarlılığı olan hastaların tüketimlerine uygun, farklı bitkisel protein kaynakları kullanılarak glutensiz bisküvi reçetesinin geliştirilmesi ve geliştirilen bu glutensiz bisküvilerin kalite özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, piyasadan temin edilen, üç farklı bitkisel protein kaynağı [bezelye protein izolatı (%83), bakla protein konsantresi (%60) ve nohut, bezelye ve ayçekirdeği proteinlerinden oluşan bir protein karışımı (%66)] bisküvi formülasyonunda, son ürün protein oranı %4,3 ve %6,8 olacak şekilde, glutensiz un karışımına ilave edilerek kullanılması ve üretilen bisküvilerin besin öğeleri kompozisyonu, fiziksel ve duyuşal özellikleri ile hızlandırılmış raf ömrü sonuçlarının değerlendirilmesi ve ayrıca kullanılan un karışımlarının fonksiyonel özelliklerinin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Bisküvi

Bisküvi, dünyanın birçok ülkesinde yüzyıllardır tüketilen en popüler atıştırmalıklardan biridir [4]. Türkiye’de ilk olarak 1924 yılında üretilmeye başlayan bisküvi, 19’uncu yüzyıla kadar lüks bir tüketim maddesi olarak görülürken, günümüzde değişen yaşam şartlarıyla birlikte herkes tarafından kolaylıkla tüketilebilen bir gıda maddesi olmuştur. Tüketiciler için kolay erişilebilir olması, uygun fiyatlı ve doyurucu olması, düşük nem içeriği sayesinde uzun raf ömrüne sahip olmasının yanı sıra kolay taşınma ve muhafaza edilebilmesi gibi özellikleri sebebiyle gıda endüstrisinde en çok tercih edilen atıştırmalıklar arasında yer almaktadır [5]. Türkiye’de özellikle son 15-20 yıl içerisinde bisküvi üretimi hızlı bir gelişim göstererek önemli bir sektör haline gelmiştir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2005 yılında 442.178 ton olan bisküvi üretim hacmi 2022 yılında 876.259 bin tona yükselmiştir [6].

Bisküvi kelimesi Latince’de iki kez pişirilmiş (önce sıcak fırında pişirilip, sonra kurutma işleminin tamamlanması amacıyla daha soğuk bir fırında bekletilmiş) ürün anlamına gelen “bis coctus” veya Fransızca da “bescoit” kelimelerinden türetilmiştir [7]. Türk Standartları Enstitüsü’nün TS 2383 no’lu standartta ise bisküvinin tanımı; “Tahıl unu içine kabartıcı, şeker, yemeklik tuz, yemeklik bitkisel yağ ve gerektiğinde süt tozu, yumurta, peynir altı suyu tozu, nişasta, mevzuatında katılmasına izin verilen maddeler ile gerektiğinde çeşni maddeleri katılarak, içilebilir su ile yoğrulduktan sonra, şekil verilip, pişirilerek hazırlanan mamul” olarak yapılmıştır [8].

Bisküvi hamurunu oluşturan ana malzemelerin başında un, şeker ve yağlar gelmektedir. Bunlar ile birlikte, bisküvi hamurunda yer alan, sodyum bikarbonat, amonyum bikarbonat gibi kabartıcı ajanlar, tuz, süt tozu, emülgatörler, yumurta, tatlandırıcı ve aroma vericiler son ürünün yapı, tat ve kalitesi üzerinde önemli role sahip diğer bileşenlerdir [9,10]. Bisküviler çoğunlukla hamur yapılarına göre veya tatlarına göre sınıflandırılmaktadır. Hamur yapılarına göre sert hamur (hard dough) ve yumuşak/kısa hamur “soft/short dough” olarak iki ana sınıfa ayrılırken, tatlarına göre tatlı “sweet”, yarı tatlı “semi-sweet” ve tuzlu “salted” bisküviler olmak üzere üç ana

sınıfa ayrılmaktadır. Tatlı bisküviler, elastikiyet ve uzayabilir özellik göstermeyen, yumuşak ve kısa yapılı hamurlardan yapılmaktadır. Yarı tatlı ve tuzlu bisküviler ise fermente edilmiş veya fermente edilmemiş yapıdaki sert hamurlardan elde edilirler. Yumuşak hamurlar; düşük gluten içeriğine sahip un kullanımı, hamur içerisindeki su oranının düşük tutulması, yüksek şeker (%30-40) ve yağ (%20-30) içeriğine sahip olması, kısa süreli hamur karıştırma işlemi gibi özellikleri sayesinde gluten gelişimini minimize etmektedir. Tatlı bisküviler, kremalı bisküviler ve kurabiyeler, yumuşak hamurlardan yapılan bisküvi çeşitlerindendir. Sert hamurlar ise, yumuşak/kısa hamurların aksine kohezif ve elastik özellikler göstermektedir. İstenen bu yapının sağlanmasında gluten gelişimi çok önemli rol oynamaktadır. Uzun süreli karıştırma işlemi, daha yüksek gluten (%9-10) içeriğine sahip un kullanımı ve daha az miktarda şeker (%15-25) ve yağ (%5-20) ile birlikte yüksek miktarda su içeriği, bu tip hamurlarda gluten gelişimini sağlayan faktörlerdir. Çünkü glutenin gelişimi için ortamda yeterli miktarda suyun bulunması büyük önem arz etmektedir, aynı zamanda şeker ve yağ miktarının artması ise su içeriğini azaltacak ve gluten gelişimini sınırlayacaktır. Sert hamurdan yapılan bisküvilere yarı tatlı bisküviler ve krakerler örnek olarak verilebilirler. Bu ürünlerde istenilen gevrekliğin sağlanmasında üretim prosesinde gerçekleştirilen laminasyon ve inceltme işlemi etkili olmaktadır [7].

2.2 Bisküvi Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Buğday unu, bisküvi formülasyonlarında en yüksek orana sahip, temel bileşendir ve bisküvi yapısının oluşmasında önemli bir etkiye sahiptir. Yaklaşık olarak, %85,5 endosperm tabaka, %12 kepek ve %2,5 ruşeym bölümlerinden oluşan bir buğday tanesi, içeriğinde karbonhidrat (nişasta), yağ ve protein gibi makro bileşenler ile kül, lif, mineral ve vitaminler gibi mikro bileşenleri barındırır. Tipik bir bisküvi unu, %70-75 ekstraksiyon oranına ve %13 ve %15 nem aralığına sahiptir [9].

Buğday içeriğindeki depo proteinlerinin büyük bir kısmını gliadin ve gluteninden oluşan gluten proteinleri oluşturmaktadır. Unun güçlü veya zayıf olarak tanımlanması da protein yüzdesi ile ilgilidir [9]. Bisküvi üretiminde kullanılan unlar, genellikle % 7-10 oranında protein içeriğine sahiptir. Bisküvi hamurlarının uzama kabiliyeti yüksek iken elastikiyetleri düşüktür. Genel olarak, bisküvilik unlar, yumuşak tane yapısına, yüksek nişasta oranına, düşük protein, düşük gluten ve düşük alfa-amilaz enzim aktivitesine sahiptir. Bisküvi üretiminde kullanılan unun hamuru kolay şekil almalıdır

ve bisküvide şekil deformasyonuna sebebiyet vermeyerek optimum yayılma sağlamalıdır. Unlar, yayılma oranını da etkileyen faktörlerden biridir. Unun partikül boyutlarının küçük olması bisküvi yayılımını arttırırken, yüksek protein içeriğine sahip sert buğday unları kabarma oranını arttırır ve bisküvinin daha az yayılmasına sebep olur [11]. Günümüzde buğday unları sıklıkla vitamin ve minerallerle zenginleştirilerek kullanılmaktadır. B vitaminleri, folik asit, riboflavin, niasin, tiamin ve bazı durumlarda demir ve kalsiyum, bunlardan en sık kullanılanlardır [9].

Yağlar, bisküvinin arzu edilen dokusunun, yeme hissinin, tat ve aromasının elde edilmesinde büyük önem taşıyan bir bileşendir [9]. Formülasyonda %10-30 kullanım oranına sahip olan yağlar, bisküvi hamurunun reolojik yapısı, işlenebilme yeteneği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda, bisküvi tekstürü, görünüşünü de etkilemektedir [11]. Yağlar, kaliteli ham yağlardan rafinasyon, ağartma ve deodorizasyon işlemleriyle üretilir. Yüksek yağ içeriğine sahip hamurlar genellikle az su gerektiren yumuşak, kısa hamurlardır. Karıştırma sırasında yağ, un parçacıklarını kaplar ve bu durum hidrasyonu engelleyerek gluten gelişimini kesintiye uğratar [9]. Bisküvilerde sıklıkla tercih edilen “shortening” adı verilen yağlar, bisküvilerde yumuşak tekstür ve yapı kazandırır. Ayrıca, bir nevi nem bariyeri görevi üstlenerek ürünün raf ömrünü de uzatmaktadır [11]. Yağ özelliklerinin etkisi, sert hamur bisküvileri veya kraker gibi döner kalıplı “rotary” kesilen ürünlerde daha da önem kazanır, çünkü son ürünün genel kalitesi, kullanılan yağ türü tarafından büyük ölçüde belirlenir. “Petit beurre” gibi sert hamur bisküvileri üretmek için kullanılan palm veya hindistan ceviz kaynaklı bu “shortening” yağlar, gluten ağını kısaltarak hamur yapısını zayıflatma yeteneğine sahiptir [12].

Yaygın olarak kullanılan sakkaroz şekeri, şeker kamışı veya şeker pancarından elde edilen bir karbonhidrattır. Farklı parçacık boyutlarında üretilen şekerler, bisküvi formülasyonlarında genellikle kristal veya toz (pudra şekeri) halde kullanılır. Şeker son üründe tat verme işlevini görmektedir ancak aynı zamanda bisküvinin dokusunun gelişmesinde de önemlidir. Çözünmüş şeker, nişasta jelatinizasyonunu ve gluten oluşumunu engelleyerek hamur yapısını zayıflatır ve bisküvide daha yumuşak bir doku sağlar. Çözünmemiş şeker kristalleri ise bisküviye çıtır bir doku kazandırır. Pişirme sırasında eriyen şeker kristalleri, camsı bir yapıya dönüşerek özellikle şekerli bisküvilerde çıtır dokunun elde edilmesinde etkili olur [7]. Ayrıca, enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına etkisi ile renk gelişimini sağlarken,

yapıdaki suyu bağlayarak bayatlamayı geciktirici etkisi ile raf ömrünü iyileştirir ve yayılma oranını artırır [13].

Su, bisküvi yapımında önemli bir rol oynar. Hamur aşamasında eklenir ve pişirme aşamasında büyük bir kısmı buhar olarak yapıdan uzaklaşır. Suyun bisküvi yapımında önemli işlevleri vardır.

1. Un taneciklerini hidrate eder ve daha fazla işleme uygun hamurun oluşumuna yardımcı olur.
2. Tuz, kimyasallar, şeker, suda çözünür renk ve aroma maddelerini çözme ve çözülmüş malzemeleri hamurun her yerine dağıtma konusunda yardımcı olur.
3. Bisküvinin buhar oluşturarak belirli ölçüde havalandırılmasına yardımcı olur.

Sert suyun (çözülmüş tuz nedeniyle) bisküvi hamuruna veya özelliklerine herhangi önemli bir etkisi olduğuna dair bilgi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, bisküvilerde kullanılan tüm malzemeler arasında suyun en yüksek özgül ısıya “1.0” sahip olduğu ve su sıcaklığının başlangıç hamur sıcaklığı üzerindeki etkisinin çok önemli olabileceği, bu nedenle özellikle sıcak havalarda hamur işleme işini kolaylaştırmak için soğuk suyun kullanışlı olabileceği belirtilmektedir. Genellikle bisküvi üretiminde yumuşak veya yumuşatılmış su kullanılır [7].

Tuz, fırıncılık ürünlerinde lezzet vermek amacıyla kullanılmaktadır. Ancak formülasyonda fazla kullanımı buğday ununda bulunan gluten proteinlerinin sertleşmesine ve düşük ürün hacmine sebep olur [14]. Aynı zamanda, mayalı ürünlerde fermantasyonun hızını ve derecesini kontrol etmek için de kullanılır [9]. Bu nedenle, tuzlu bisküvi üretimlerinde, tuz pişirim sonrası ürünün üzerine serpilerek kullanılmaktadır [14].

Amonyum bikarbonat ve sodyum bikarbonat bisküvi üretiminde en yaygın en çok kullanılan kimyasal kabartıcılardır [14]. Genellikle fırıncılık ürünlerinde, hamurun kabarması ve gözenekli yapının sağlanması amacıyla kullanılırlar. Hamur içerisindeki su ile tepkimeye giren bu kabartıcı ajanlar, CO₂ oluşumu ile hamura hacim sağlayarak son ürün kalitesini iyileştirir [15].

2.3 Gluten Proteini ve Çölyak Hastalığı

Gluten, buğday, arpa, yulaf ve çavdar gibi tahılların yapılarında bulunan bir çeşit protein grubudur. Glutenin ve gliadin proteinlerinin bir araya gelmesi ile oluşmaktadır [16]. Gluten, unlu mamullerde istenen viskoelastik yapıyı oluşturarak gereken güçlü ağ yapısının oluşmasına sağlayan ve istenen hacmi elde etmek için gaz tutmaya yardımcı olan temel bir protein karışımıdır. Undan ayrıldığında, gluten kuru bazda yaklaşık %80 protein içerir; geri kalan kısım ise yağ, kül ve karbonhidrattan oluşmaktadır [17]. Gluteni oluşturan proteinlerden; glutenin alkolde çözünmezken, gliadin alkolde çözünebilmektedir. Gliadinler genellikle 28.000-55.000 arasında değişen molekül ağırlıklı monomerik proteinlerdir ve farklı birincil yapılarına göre α/β -, γ - ve ω -tipine göre sınıflandırılabilir. Glutenin fraksiyonları ise, zincirler arası disülfid bağlarıyla bağlı toplanmış proteinleri içerir; boyutları genellikle 500.000-10 milyondan fazladır [18]. Bağışıklık sistemini asıl olarak etkileyen ve sebep olduğu toksik etki sebebiyle çölyak hastalarının gluten tüketimini kısıtlayan protein bölümü, prolamin olarak adlandırılmaktadır. Bu bölüm buğday, çavdar, arpa ve yulaf gibi tahıl gruplarında, sırasıyla gliadin, sekalin, hordein ve avenin olarak adlandırılır [19]. Glutenin güçlü ağ yapısının oluşumunda, unun su molekülleri ile hidrasyonu ve belirli bir süre yoğrulma işlemi oldukça önemlidir. Hamur yapımı sırasında, hidrasyon ve karıştırma prosesleri ile gliadin ve glutenin proteinleri birbirlerine sıkıca bağlanır ve viskoelastik bir ağ yapısı oluşur [20].

Glutenin proteinleri arasındaki hidrojen bağları, kovalent olmayan interaksiyonlar (van der Waals, hidrofobik ve elektrostatik) ve disülfid bağları ile hamura elastikiyet kazandırır. Diğer yandan gliadin, glutenin proteinlerinin oluşturduğu bağın gücünü düzenleyen, plastikleştirici bir etki gösterir ve viskoz bir yapı ile uzayabilirliği sağlar. Bu nedenle, polimerik glutenin ve monomerik gliadin molekülleri arasındaki oran, hamurun elastikiyeti ve viskozitesi arasındaki dengeyi düzenlemektedir [21, 22].

Özetle, fırıncılık ürünlerinde gluten, hamura viskoelastik yapı kazandırmasının haricinde fermentasyon sırasında yapısında gaz tutabilme özelliği sayesinde, hamurda hacim artışını da sağlamaktadır. Son ürünün görünüş ve iç yapısında pozitif rol oynayan gluten, ürün içeriğinde temel bir yapı oluşturmaktadır. Bu sebeple yüksek kalitede glutensiz ürün elde etmek oldukça zordur [23].

Çölyak hastalığı (ÇH); günümüzde bir gıda alerjisi olarak çokça rastlanılan, gıda kökenli bir ince bağırsak hastalığıdır. Buğday, arpa, çavdar ve yulaf gibi gluten veya gluten benzeri proteinleri (prolaminleri) içeren gıdaları tüketmek, çölyak hastalarında bağışıklık tepkisine (intoleransa) neden olur ve zamanla bu intolerans, ince bağırsak duvarının hasar görmesine ve besinlerin emilimine engel olmaktadır [24]. Çölyak hastalığı 2 yaşından küçük çocuklarda, genellikle istahsızlık, karında şişlik, ishal, kusma, kilo kaybı, kabızlık ve büyüme gelişme geriliği ile kendini gösterirken; 2 yaşından büyük çocuklarda ve yetiskinlerde, sebebi belirlenemeyen kansızlık, kemik zayıflığı gibi belirtiler gösterir [25]. Bu durumun sebebi olarak, zaman içerisinde, çölyak hastalarındaki emilim bozukluğuna bağlı yetersiz beslenme gösterilmektedir [26].

Çölyak hastaları, gliadin (prolamin) ve glutenin olmak üzere iki fraksiyondan oluşan gluteni, ömürleri boyunca tolere edememektedirler. Bu hastalarda, toksik etkiye sebep olan ana etmen, prolamin fraksiyonudur. Bu nedenle, benzer prolamin yapıları sahip olan çavdar, arpa, yulaf gibi tahıl ürünlerinin tüketimi çölyak hastaları için sakıncalıdır. Yulaf tahılı için durum biraz farklıdır. Yulaf proteinleri, buğday proteinlerine kıyasla daha az miktarda prolamin içeriğine sahiptir ve bu sebeple buğdaya göre daha fazla tolere edilebilmektedir [24].

Çölyak hastalığının tedavisi için tek etkili yöntem olarak, ömür boyu gluten içermeyen sıkı bir diyet uygulanması önerilmektedir [19]. Çünkü, çölyak hastalarının tolere edebileceği gluten miktarı kişiden kişiye değişebilmektedir. Aynı zamanda, ‘glutensiz’ olarak belirtilen ürünlerde dahi iz miktarda gluten bulunabilmektedir [27]. Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği’ne (Tebliğ No: 2012/4) göre, gıdalarda gluten seviyesinin 20 mg/kg’ı aşmaması koşuluyla “glutensiz” ibaresi kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, etiket üzerinde “çok düşük glutenli” ibaresinin kullanılabilmesi için de, “Gluten intoleransı olan bireyler için üretilen, gluten seviyesini düşürmek için özel olarak işlenmiş buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melez çeşitlerinden elde edilmiş bir veya daha fazla bileşen içeren veya bunlardan oluşan, son tüketiciye sunulacak gıdada gluten miktarı 100 mg/kg’ı aşamaz” şeklinde bir koşul getirilmiştir [28]. Genel olarak, gluten, çölyak hastalığı dışında, çölyak dışı gluten duyarlılığı ve buğday alerjisi gibi farklı hastalıklar ile de ilişkilendirilmektedir [29].

Genel olarak ülkemizde, ekmek ve çeşitli tahıl ürünleri ağırlıklı beslenme şekline sahip olunması, glutensiz ürün çeşitliliğinin çok fazla gelişmemiş ve glutensiz ürün fiyatlarının glutenli ürünlere kıyasla yüksek oluşu, ÇH'na sahip bireylerin gluten içermeyen diyet uygulamalarını büyük ölçüde zorlaştırmaktadır [24]. Türkiye'de 2022 yılı sonu itibarı ile, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilgi Sistemi'nde kayıtlı olan 154.027 çölyak hastası bulunmaktadır. Fakat, bu sayının gerçek değeri yansıtmadığı, ÇH görülme sıklığının yüzde 1 ile binde 3 arasında değişmekte olduğu ve açıklanan bu rakamın tanı konulmamış toplam hasta sayısının yalnızca %10'unu temsil ettiği düşünülmektedir [30].

Glutensiz gıdalar, besin maddeleri açısından zenginleştirilmediği takdirde, genel olarak rafine un veya nişasta bazlı hammaddelerden üretilmektedir ve bu sebeple çeşitli vitamin grupları (B vitamini), demir, diyet lifi ve protein gibi zengin besin maddelerini, glutenli ürünlere kıyasla daha az oranda içermektedirler [31]. Glutensiz ürünler ile gluten içeren ürünler besin değerleri bakımından karşılaştırıldığında, genel olarak glutensiz ürünlerde daha yüksek karbonhidrat ve lipid içeriği olduğu tespit edilmiştir [32]. Yapılan çalışmalarda, çölyak hastalarının yaklaşık %20-38'inin protein, diyet lifi, mineraller ve vitaminler gibi bazı beslenme eksikliklerine sahip olduğunu göstermiştir. Başka bir araştırmada ise özellikle ÇH 'da, demir eksikliği sıklığının %12 ila %69 arasında, B-12 vitamini eksikliğinin görülme sıklığı ise %8 ile %41 arasında değiştiği rapor edilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalarda, ÇH hastalığı olan kişilerin, yüksek düzeyde yağ, şeker ve kalori içerdiği belirlenen, işlenmiş glutensiz ürünleri tüketerek glutensiz beslenmenin kısıtlamalarını telafi etme eğiliminde oldukları ve bu sebeple çölyak hastalarının aşırı miktarda toplam yağ ve doymuş yağ tüketimi gösterebileceği rapor edilmiştir [33].

Mariani ve arkadaşları tarafından, ÇH olan 47 kişi ve sağlıklı 47 kişi (kontrol grubu) ile beslenme alışkanlıkları ve diyet kompozisyonunun incelendiği bir çalışmada, çölyak hastalarında aşırı kilo ve obezite oranının %72 olduğu ve bu oranın kontrol grubundan %47 daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [34].

Çölyak hastalığına sahip bireylerin genellikle ev dışı sosyal ortamlarda glutensiz, güvenli yiyecek bulmaları kolay olmamaktadır. Bu nedenle günlük diyetlerini gluten içermeyen bisküvi, kraker gibi atıştırmalıklar ile gerçekleştirebilmektedirler. Atıştırmalık gıdalar bu açıdan çölyak hastaları için ayrıca önemlidir [24]. Ancak çoğu zaman, çölyak hastaları için olan atıştırmalık çeşitlerinin az ve fiyatlarının ise gluten

içeren muadillerine kıyasla yüksek olduğu görülmektedir. Tüm bu nedenlerle, glutensiz atıştırılabilirlik kategorilerinin ve üretim miktarlarının artırılmasının gerekli olduğu, görünen bir gerçektir. Bu sayede, besin öğeleri açısından zenginleştirilmiş ürünler, ÇH'na sahip bireylere daha kolay ulaşabilecek ve onlara daha dengeli ve yeterli bir beslenme şekli sağlayacaktır [32].

Son çalışmalar, çölyak hastaları dışında, glutensiz ürün tüketenlerin çoğunlukla bu ürünleri daha sağlıklı bir seçenek olarak algıladıklarını ve bu nedenle bu ürünleri tercih ettiklerini göstermektedir. Bu amaçla, pozitif besin özelliklerine sahip yüksek kaliteli glutensiz ürünler geliştirmek için farklı kaynaklardan birçok un, nişasta, protein ve hidrokoloid araştırılmaktadır [35].

2.4 Glutensiz Ürünlerde Kullanılan Hammaddeler

Günümüzde, glutensiz ürünlerin üretiminde, teknolojik ve besinsel kayıpların önlenmesi için farklı kaynaklar kullanılmaktadır. Gluten içermeyen diğer tahıl grupları, karabuğday, amarant ve kinoa gibi tahıl benzeri ürünler, baklagiller, yağlı tohumlar, hayvansal kaynaklı proteinler, besin değeri açısından ürün formülasyonlarında yer alabilmektedir. Enzimler, hidrokoloidler, emülsifiyerler, protein izolatları veya konsantreleri, süt ürünleri, yumurta gibi ürünler ise daha çok teknolojik kalite açısından glutensiz ürünleri geliştirmek için kullanılmakta olan ürün gruplarındandır [36, 37].

Glutensiz gıdaların daha çok nişasta bazlı ve düşük besleyici değere sahip olduğu bilinmektedir [36]. Zenginleştirilmemiş glutensiz ürünler, gluten içeren muadillerine kıyasla daha düşük besin değerlerine sahip olmakta ve glutensiz diyet uygulayan çölyak hastalarında özellikle vitamin, mineral eksiklikleri gibi çeşitli beslenme yetersizlikleri gözlemlenmektedir [37, 38]. Örneğin, ÇH sahip kişilerin diyetlerinde mısır sıklıkla yer almaktadır. Mısır, yüksek bir enerji alımı sağlar, ancak proteinlerinin biyolojik değeri düşüktür (düşük lizin ve triptofan aminoasit seviyesi) ve birçok temel vitaminden yoksundur. Bu nedenle, enerji gereksiniminin yanı sıra vücudun günlük beslenme ihtiyaçlarıyla başa çıkabilmesi için değerli bileşenler içeren farklı hammaddeler ile kombinasyon yapılarak kullanılması gerekmektedir [39]. Ayrıca gluten içermeyen gıdalarda genellikle yağ ve karbonhidrat bileşenlerinin yüksek oranda, protein ve diyet lifi oranlarının ise düşük düzeyde olduğu kabul görmektedir [40].

Yapılan bir araştırmada, farklı kaynaklar kullanılarak hazırlanan glutensiz ürünlerin mineral bileşimi incelenmiş ve mineral oranları açısından ürünlerin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Karabuğday, darı, nohut, yulaf, amaranth, teff ve kinoadan yapılan ürünlerin, glutensiz ürünlerde sıklıkla kullanılan, pirinç, mısır, patates ve glutensiz buğday nişastası gibi ile hammaddeler ile hazırlanmış bisküvi örneklerinden mineral değerleri açısından daha zengin olduğu tespit edilmiştir [41].

Aynı zamanda gluten, fırıncılık ürünlerinde önemli fonksiyonel özellikleri sayesinde etkili bir rol oynamaktadır. Ürünlerin yapısını, doku ve pişme özelliklerinin yanı sıra görünüşünü ve reolojik özelliklerini de belirleyen bir bileşendir [37]. Gluten ağ yapısı, yüksek hacim gerektiren mayalı ekmeklerde temel bir role sahiptir. Ancak bisküviler için aynı şey geçerli olmayabilir. Bazı bisküvi çeşitlerinde, yüksek yağ ve şeker içeriği sebebiyle, gluten ağ gelişimini sınırlıdır. Bisküvilerin dokusu, temel olarak protein-nişasta yapısına bağlı değil, öncelikle nişasta jelatinizasyonuna dayanmaktadır. Gluten ağ bu bisküvilerde, çok elastik olmayan bir hamur elde edebilmek için sadece belli bir miktar geliştirilmelidir. Çünkü, kalıplama aşamasında temiz bir kesim prosesinin sağlanabilmesi için doğru derecede elastikiyet gereklidir. Özellikle, kısa hamur “short dough” bisküvilerinde yüksek oranda yağ ve şeker bulunur ve karıştırma prosesi çok kısadır, bu nedenle gluten ağ çok fazla gelişmezken; sert hamur “hard dough” ve yarı tatlı bisküvilerde gluten ağının daha fazla gelişmesi istenmektedir. Gluten, sert hamur bisküvilerinde hamur yapısını geliştirmekte ve laminasyon ve şekil verme işlemlerine olanak sağlamaktadır [39].

Ayrıca, glutenin formülasyondan tamamen çıkarılmasının, teknolojik özellikler ve duyu kalite açısından genellikle daha düşük kalitede bisküviler ortaya çıkardığı da görülmüştür. Glutensiz bisküvilerin duyu kalitelerinin ÇH sahip çocuklar tarafından değerlendirildiği bir çalışmada, çölyak hastası çocukların glutensiz bisküvilerde görsel ve tat tercihleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar, glutensiz bisküvilerin çölyak hastası çocukların tat beklentilerini tam olarak karşılamadığını belirlemiştir. Bu durum, buğday harici unların kullanımının bisküvilerin duyu özelliklerinde bir azalmaya neden olabileceğini göstermektedir [42].

Bisküvilerin duyu kalitesi genellikle, doku (kırılma dayanımı, çıtırılık ve sertlik), görünüm (şekil ve renk), lezzet ve tadın yanı sıra genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirilmektedir. Kullanılan unlar nedeniyle, glutensiz bisküviler, gluten içeren muadillerine göre daha sert ve daha koyu bir renkte olabilmekte, aynı zamanda kuru

ve kumsu bir ağız hissi ile hoş olmayan bir görünüm ve tat sunabileceği belirtilmektedir. Genel olarak, piyasada bulunan glutensiz ürünlerin, geleneksel son pişmiş ürünlere kıyasla daha düşük bir doku kalitesine, yüksek kırılma yapısına, düşük lezzet ve aroma ile zayıf yeme hissi gibi düşük duyu kaliteye sahip olduğu gözlemlenmektedir [39].

Çölyak hastalarının öncelikli kuralı, gluten içeren gıdalardan uzak durmaktır. Ancak geçmişte, glutensiz ürünlerin besinsel ve duyu yönlerine çok az önem verilmiştir. Besin değeri açısından zengin hammaddelerden üretilen glutensiz gıda ürünlerinin yaygınlaşması, ÇH olan bireylerin dengeli besin alımının iyileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır [43].

2.4.1 Glutensiz rafine un ve nişastalar

Dünya nüfusunun temel besin maddelerinden olan pirinç, dünyadaki gıda ihtiyacının %20'sini karşılamaktadır. Pirinç, dünya üzerinde, hemen hemen her bölgede yetiştirilen glutensiz bir tahıl grubudur. Protein, demir, fosfor, potasyum gibi mineraller ile tiamin, riboflavin ve niyasin gibi B vitaminleri açısından zengindir. Aynı zamanda kolesterol içermemektedir [44].

Pirinç unu, gluten intoleransı olan veya çölyak hastalarının tükettiği ürünlerin hazırlanmasında buğday ununun yerine geçen bir hammadde olarak giderek daha popüler hale gelmektedir. Yumuşak tadı, beyaz rengi, sindirilebilirliği ve hipoalerjenik özellikleri ile glutensiz ürün üretimi için en uygun tahıl unu olarak görülmektedir [45].

Pirinç unu, glutensiz unlar arasında en yaygın kullanılan un çeşitlerinden biridir. Genellikle pirinç ununun formülasyonda tek başına kullanımı tercih edilmez ve mısır unu/nişastası, pirinç nişastası, patates unu/nişastası gibi diğer unlarla birlikte kullanılmaktadır [46].

Farklı nişasta ve un çeşitlerinin birlikte kullanıldığı bir çalışmada, mısır unu ve patates nişastası ile hazırlanan un karışımı kullanılarak üretilen bisküvilerin yüksek beğeni ve besin değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Tekstürel açıdan değerlendirildiğinde ise sertlik derecesinin, nişastasız bisküvi örneklerine kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Un karışımına karabuğday ununun ilave edildiği bisküvi örneklerinin ise daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu ve karabuğday ununun protein açısından besin değerini yükselttiği gözlemlenmektedir [47].

Yapılan başka bir çalışmada ise glutensiz bisküvi üretimi için, pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastası, soya unu ve nohut unu ile farklı oran ve içeriklerde un karışımları kullanılmıştır. Glutensiz bisküvilerin kalite özelliklerinin değerlendirildiği bu çalışmada, %100 nişasta karışımı ile hazırlanan bisküvilerin yapısında dağılma gözlemlenmiştir. %100 buğday unu ile hazırlanan kontrol örneğinin ise yüksek sertlik derecesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, nişasta ve unun birlikte kullanıldığı formülasyonların son ürün özelliklerini geliştirerek daha başarılı sonuçlar alınabileceği ve tüketici beğenisini arttıracak şekilde yorumlanmıştır [48].

Patates, buğday, pirinç ve mısırdan sonra dünya genelinde en çok üretilen ürün grubudur. Protein ve diyet lifi açısından zengin içeriğe sahip olan patates, ayrıca birçok mineral, vitamin ve iz elementleri yapılarında bulundurmaktadır. Temel enerji kaynaklarından olan bu ürün grubu, hem karbonhidrat açısından zengin hem de protein içeriği açısından diğer tahıllara kıyasla lizince zengindir. Patates nişastası, fırıncılık ürünlerinde yüksek viskozite sağlayarak tekstürün iyileştirilmesinde ve kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu sayede hamurda kabarma üzerinde olumlu etkileri vardır. Aynı zamanda patates nişastasının, yüksek su ve yağ tutma kapasitesine sahip olduğu bilinmektedir. Jelatinizasyon sıcaklığının düşük olması ve jel oluşturma potansiyeli sebebiyle emülsifiye ve ekstrüde ürünlerin formülasyonlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [3].

Glutensiz ürünlerde, gluten içermeyen tahılların kullanımı bazı önemli teknolojik problemlere sebebiyet vermektedir. Bu problemlerin giderilmesi için glutensiz ürün formülasyonlarında gamlar sıklıkla kullanılmaktadır [49].

2.4.2 Gamlar

Gamlar, teknik açıdan kıvam arttırıcı özelliği bulunan ve jelleştirici etkiye sahip polimerik maddeler olarak bilinmektedir. Suda yayılma veya dağılma özelliği bulunabilen gamlar, gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılmakta ve ürün yapısını iyileştirmektedir. Genel olarak gamlar, endüstride nem kaybını azaltmak, nişasta retrogradasyonunu yavaşlatmak, son ürün kalitesini geliştirmek ve glutensiz ürünlerde, glutenin ürüne kazandırdığı viskoelastik yapıyı sağlamak amacıyla gıdalarda kullanılmaktadır. Guar gam, ksantam gam ve keçiyoynuzu gamı gıda endüstrisinde en yaygın kullanılan gamlardır. Gamların, nişasta ile birlikte kullanımı,

son üründe raf ömrü boyunca stabil bir yapı ve kalitenin korumasını sağlarken; proses sırasında ise ürünün işlenmesini kolaylaştırmaktadır [50].

Farklı gamların, karabuğday unu ile üretilen glutensiz bisküvilerin fizikokimyasal ve duyu özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, karabuğday ununa %1 oranında farklı gamlar eklenmiştir. Karabuğday unu ile rafine buğday karşılaştırıldığında su ve yağ tutma kapasitesi ile emülsiyon aktivitesi gibi onların çeşitli fonksiyonel özelliklerinin önemli oranda etkilediğini rapor edilmiştir. Gamların eklendiği karabuğday unlu bisküvi örneklerinin, rafine buğday unu ile hazırlanan bisküvilere kıyasla, su içeriğinin, çap, kalınlık ve ağırlık değerlerinin daha fazla olduğu, bisküvi kırılma direncinde ise bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak yapılan duyu değerlendirme sonuçlarına göre, gam ilavesiz karabuğdaydan yapılan bisküvilerin, buğday unu ile hazırlanan bisküvilerden daha düşük puanlar aldığı görülürken; gam ilave edilerek hazırlanan karabuğday unlu bisküvilerin, duyu özellikleri iyileştirdiği ve daha yüksek puanlar aldığı rapor edilmiştir. Formülasyonda kullanılan farklı gamların arasından, bisküvi örneklerini renk, görünüm, tat ve genel kabul edilebilirliği açısından iyileştirmede, ksantan gam çeşidinin başarılı olduğu belirtilmiştir [51].

%1, %2 ve %3 oranlarında 3 farklı hidrokolloidin (guar gam, HPMC ve ksantan gam) glutensiz bisküvi üretiminde kullanıldığı bir çalışmada ise, kullanılan nişasta karışımına (patates + mısır nişastası) hidrokolloidlerin artan düzeylerde ilavesi sonucu ölçülen su absorpsiyon kapasite değerleri, nem, kalınlık, L*, sertlik ve gevreklik değerlerinde konsantrasyon artışına bağlı bir artış; pişme kaybı, spesifik hacim, çap ve yayılma oranı değerlerinde ise bir azalma gözlemlenmiştir. Duyusal analiz sonucuna göre, örnekler arasında renk, tat ve genel beğeni açısından istatistiksel olarak bir farklılık saptanamamıştır. %100 Guar gam kodlu örneğin en yüksek beğeni puanı aldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak; guar gam tek başına kullanıldığında ise, düşük nem, sertlik ve gevreklik değerleri ile yüksek çap ve yayılma oranına sahip istenilen kalite ve duyu niteliklerde bisküvilerin elde edildiği rapor edilmiştir [13].

2.4.3 Bitkisel protein kaynakları

Glutensiz fırıncılık ürünlerinde, gluten eksikliği sebebiyle, son üründe oluşan teknolojik ve besinsel kayıpları önemek amacıyla farklı protein kaynaklarından sıklıkla yararlanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, bitkisel protein ilaveli glutensiz

ürün yapımındaki çalışmaların hız kazandığı görülmektedir. Diğer fırıncılık ürünlerinde de olduğu gibi bisküvi de renk gelişimi için istenen Maillard reaksiyonlarının gerçekleşmesi, tat ve aromanın geliştirilmesi için de protein kaynaklarına ihtiyaç vardır [37]. Ayrıca, fırıncılık ürünlerinde, bayatlamayı geciktirerek raf ömrü süresinin uzamasında etkili olan gluten yerine ikame edilebilecek, zengin içerikli protein kaynağı alternatiflerinin bulunması gerekmektedir [38]. Bu açıdan, glutensiz atıştırılmalıklarda hammadde olarak sıklıkla kullanılan pirinç unu ve türevleri gibi nişasta bazlı glutensiz tahıl ürünleri ile birlikte dengeli aminoasit bileşimi ve zengin içeriği ile besleyici özelliği bulunan baklagillerin bir arada kullanımı tercih edilmektedir [37].

Baklagiller dışında, yağlı tohumlarda, proteince zengin içeriği ile glutensiz ürünlerin zenginleştirilmesinde tercih edilen hammaddelerdendir [37]. Aynı zamanda önemli bir enerji kaynağı olan bu ürün grupları, bileşiminde yüksek oranda yağ, vitamin, mineral maddeler ve diyet lifleri bulundurmaktadır [10].

2.4.3.1 Baklagiller

Baklagiller *Fabaceae* familyasına ait bitkilerin tohumları veya meyveleridir ve mercimek, fasulye, nohut ve bezelye gibi 60'a yakın türü içerir [52]. Genel olarak, dünyada sıklıkla tüketilen bakliyat grupları, nohut (*Cicer arietinum L.*), bezelye (*Pisum sativum L.*), barbunya, bakla (*Vicia faba L.*), beyaz fasulye (*Phaseolus vulgaris L.*), maş fasulyesi (*Vigna radiata L.*), börülce (*Vigna unguiculata (L.) Walp.*) ve mercimektir (*Lens culinaris Medik.*). Bunların dışında, acı bakla (*Lupinus albus L.*, *Lupinus mutabilis Sweet*) ve bambara fasulyesi (*Vigna subterranea L.*) çok fazla bilinmeyen baklagil çeşitlerindendir [53].

Önemli bir protein kaynağı olan baklagiller, aynı zamanda yapılarında yüksek oranda karbonhidratlar, antioksidanlar, vitamin ve mineral gibi faydalı mikrobeyinler ile diyet lifleri içerirler. Düşük glisemik indeksli gıdalar olarak bilinen bu ürün gruplarının, yağ miktarı ve kalorisi düşüktür ve ayrıca kolesterol içermezler [53, 54]. Çizelge 2.1'de glutensiz gıdalarda kullanılan bazı baklagillerin besin değerleri yaklaşık olarak verilmiştir [35]. Bu özellikleri sayesinde baklagiller, diyabet, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanser türleri gibi hastalıkların beslenme açısından tedavisinde zengin kimyasal içerikleri ile önemli faydalı etkilere sahiptir [54]. Bu nedenle, özellikle metabolik hastalıkları olan kişilerin günlük diyetlerinde baklagillere yer vermesi

önerilmektedir. Aynı zamanda baklagiller, dünya çapında yetiştirilmekte ve tüketilmekte olup, özellikle hayvansal protein tüketiminin sınırlı olduğu veya bulunmadığı ülkelerde, dini inançlar veya kültürel alışkanlıklar nedeniyle insan beslenmesinde bitkisel protein kaynağı olarak önemli bir yer tutarlar [55].

Çizelge 2.1 : Glutensiz gıdalarda kullanılan bazı baklagillerin yaklaşık besin değeri aralıkları [35].

Baklagil grubu	Protein (%)	Toplam Karbonhidrat (%)	Nişasta (%)	Amiloz (%)	Diyet lifi (%)
Bezelye	20-28	52-62	20-50	24-88	14-27
Bakla	27-30	44-52	40-44	17-42	11-12
Nohut	17-24	54-66	20-52	26-35	16-22
Mercimek	35-46	54-58	50-52	23-32	14-20
Fasulye	24-28	57-60	40-50	27-35	15-32
Soya fasulyesi	34-42	35	0,5-15	11-16	7-32
Börülce	20-26	56-68	35-38	26-33	14-27

Gıda proteinleri, esansiyel amino asit bileşimleri ve sindirilebilirlikleri açısından farklılık göstermektedir. Çizelge 2.2’ de bazı baklagillerin protein sınıflarının yaklaşık bileşimi verilmiştir [35]. Örneğin, genel olarak lizin aminoasitleri açısından zengin olan bitkisel proteinlerin yapılarında sülfür barındıran amino asitler (metiyonin ve sistein) az miktarda bulunurken; hayvansal proteinler, yapılarında dokuz adet esansiyel amino asitlerin hepsini içermektedirler [56].

Çizelge 2.2 : Bazı baklagillerin protein sınıflarının yaklaşık bileşimi [35].

Baklagil grubu	Albumin (%)	Globulin (%)	Prolamin (%)	Glutelin (%)
Bezelye	15-25	44-60	0.0	1.3
Bakla	10-30	45-78	0.0	1-6
Nohut	8-12	53-60	3-7	19-25
Mercimek	15-17	45-50	3-5	11.2
Fasulye	31	38-40	1.7	22
Soya fasulyesi	10-20	80-90	0.0	0.0
Börülce	20-30	43-55	0.7-2.7	12-32
Buğday	6-10	5-8	62-80	22-40

Ancak, alerjenik özelliğe sahip hayvansal kaynaklı proteinler gün geçtikçe yerini bitkisel kaynaklı proteinlere bırakmaktadır [57]. Baklagiller, besin değerleri açısından da tahıllara kıyasla iki kat daha fazla protein içermektedirler [24]. Ancak beslenme açısından bakliyatların ve tahılların birlikte tüketilmesi dengeli aminoasit alımı için önem arz etmektedir. Çünkü, bu iki ürün grubuna ait protein içerikleri günlük diyetle birbirini tamamlamaktadır. Baklagiller, metiyonin, sistein, triptofan gibi kükürt içeren amino asitleri yapılarında düşük oranda içerirken, lisin açısından zengindir. Metionin ve sistein açısından zengin içeriğe sahip olan tahıllar ise lisin açısından fakirdir [58].

Bitkisel proteinlerin, özellikle fonksiyonel özellikleri açısından kullanıldığı alanlardan biri, glutensiz ürünlerde gluten ikamesi olarak formülasyonlarda tercih edilmesidir. Glutenin, fırıncılık ürünlerinde benzersiz hamur işlevselliği, onu diğer tüm bitkisel proteinlerinden ayıran bir özelliktir. Gluten hidrasyona uğradığında, hamur oluşturan protein bileşenleri (gliadin ve glutenin), gözenekli bir doku sağlayan, gaz kabarcıklarının genişlemesini kontrol edebilen bir bütüncül matris yapı oluşturur. Bu yapı, çeşitli fırıncılık ürünlerinin ayırt edici özelliklerindendir. Glutensiz ürünlerinde, gluten yerine çeşitli kaynakların polisakkarit hidrokolloidleri ve proteinleri uygun hamur yapısı ve son ürün dokusu sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda, kullanılan hammadde ve katkı maddelerinin farklılıkları, karışımların bileşimi, hamur hazırlama ve pişirme prosedürleri nedeniyle, konuyla ilgili toplanan verilerin karşılaştırılması son derece zordur. Bu nedenle, çeşitli baklagil unu / protein bileşenlerinin hamur özellikleri ve ürün kalitesi üzerindeki gerçek etkisi tam olarak net değildir ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır [35].

Yapılan birkaç çalışmada, bazı ekmek türleri, makarnalar, kurabiyeler ve kekler gibi ticarileşen birçok glutensiz ürün içeriğinde karbonhidrat ve yağ oranının yüksek bulunurken, protein oranının düşük seviyede olduğu rapor edilmiştir. Bakliyat unları ve protein konsantrelerinin formülasyona eklenmesiyle, bir yandan besin içeriği açısından glutensiz ürünler zenginleştirilirken; bir yandan da son ürüne esneklik, koheziflik ve duyu kalite üzerinde etkili yapı oluşumu gibi gluten proteinin sağladığı fonksiyonel özellikler, baklagil protein kaynakları ile taklit edilmektedir [56].

Dopporto ve arkadaşları tarafından yapılan glutensiz bisküvi çalışmasında, besin değeri açısından zengin, baklagiller sınıfına ait ahıpa (*Pachyrhizus ahıpa*) unu ve manyok unu, farklı oranlarda mısır nişastasına ikame edilmiştir. 1:3 oranında mısır ununa

ikame edilen ahıpa ve manyok unundan hazırlanan bisküvi örnekleri duyusal olarak değerlendirildiğinde, %100 mısır nişastası içeren kontrol örneğinden, daha yüksek beğeni almıştır. Kalite parametreleri ile kimyasal bileşim sonuçlarında ise yine mısır nişastası ile hazırlanan kontrole göre daha başarılı sonuçlar alındığı rapor edilmiştir. Bu sonuçlar, ahıpa ununun, glutensiz bisküvi formülasyonlarında kullanılan mısır nişastasının bir kısmını başarılı bir şekilde ikame edebileceğini göstermiştir [59].

Yapılan başka bir çalışmada, piyasadan temin edilen, nohut, yeşil ve kırmızı mercimek, barbunya, beyaz fasulye unu, yeşil bezelye unu, bezelye proteini ve bezelye lif izolatu olmak üzere 9 farklı baklagil kaynağı kullanılarak glutensiz krakerler hazırlanmıştır. Açık renk, başarılı lezzet ve gevrek yapı olumlu kalite kriterleri tüm kraker örneklerinde gözlemlenmiştir. Ürün işleme özellikleri ve kabul edilebilirlik verilerine istinaden, nohut unu içeren kraker formülasyonu ile, endüstriyel bir üretim denemesi geliştirilmiştir. Geliştirilen nohut unlu krakerler, piyasada satışı mevcut olan glutensiz krakerler ile karşılaştırıldığında, genel anlamda ürün bileşimi ve besin değerleri açısından piyasadaki glutensiz krakerlerle benzer özelliklerde olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, piyasada yer alan mevcut krakerlerin günlük demir ihtiyacının bir porsiyonda yalnızca %0-2'sini karşıladığı görülürken; nohut unlu krakerlerin besin değerinin daha yüksek olduğu ve günlük demir ihtiyacının %6'sını karşılayabileceği gözlemlenmiştir [60].

Bir araştırmada ise, glutensiz ürünlere alternatif olarak, nohut unu, karabuğday unu, kinoa unu ve kayısı gibi farklı glutensiz hammaddelerin karışımı (NKKK) ile besleyici özelliği arttırılmış glutensiz bisküvi üretilmiştir. Pirinç ve mısır unu (1:1) ile hazırlanan kontrol bisküvi örnekleri ile karşılaştırıldığında, NKKK miktarının belli bir seviyeden sonra bisküvilerin duyusal özelliklerini olumsuz yönde etkilediği, artan yağ miktarının sertlik, gevreklik, ağızda dağılma ve genel kabul edilebilirlik üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirmede genel olarak en yüksek puanların yağ ve şeker miktarı kontrol grubuna göre %38 daha düşük olarak üretilen, %50 NKKK içeriğine sahip bisküvilerde olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak, glutensiz bisküvi üretiminde, bisküvilerin besleyici değerini arttırmak amacıyla NKKK karışımının glutensiz bisküvi üretiminde olumlu sonuçlar verdiği ve duyusal özellikler açısından yağ ve şeker içeriğinde azalmanın mümkün olabileceği gözlemlenmiştir [24].

Glutensiz ürünlerde sıklıkla tercih edilen nişasta bazlı unların türü ve miktarı glisemik indeksi etkilemektedir. Glisemik indeksin kontrol altında tutarak, Tip 2 diyabet ve kalp hastalıkları riskini azaltmak amacıyla, pirinç, mısır ve buğday nişastasına alternatif unların kullanımı ile glutensiz ürünlerin besin kalitesinde artışın amaçlandığı bir çalışmada, karabuğday, darı, sorgum, nohut ve mercimek gibi tahıl, yalancı tahıl ve baklagil unlarının karışımları ile glutensiz bisküviler üretilmiştir. Glutensiz bisküvilerin fiziksel özellikleri, nişasta sindirilebilirliği ve sonrasında tahmini glisemik indeksin belirlendiği çalışmada, nohut ununun bisküvi sertliğini arttırdığı, glutensiz unların, buğday unlu kontrol bisküvilerine kıyasla bisküvi rengini koyulaştırdığı tespit edilmiştir. Glutensiz bisküvi örnekleri ile kontrol buğday unlu bisküviler arasında, nişasta bileşimi ve sindirimi arasındaki önemli farklılıklar tespit edilmiş ve glutensiz bisküvilerin, buğday unu ile hazırlanan ticari ürünlere göre daha düşük tahmini glisemik indekse değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir, aynı zamanda farklı glutensiz formülasyonların glisemik indeks değerlerinin birbiri ile benzer olduğu gözlemlenmiştir [61].

Bezelye proteini

Bezelye proteini, baklagiller grubunda ticari olarak kullanılan en yaygın bitkisel protein kaynaklarından. Geniş yetiştirilebilir alanlara sahip olan bezelye, işlenmesi de kolay bir baklagil grubudur. Hem üretim ve işleme kolaylığı hem de protein ve karbonhidrat bakımından zengin besin içeriği ile gıda ensüdrisinde sıklıkla tercih edilmektedir. Bezelye aynı zamanda yapısında nispeten yüksek oranda çözünür olmayan diyet lifi ve düşük konsantrasyonda yağ bileşenlerini içermektedir [62].

Bir bezelye çeşidinin protein içeriği genellikle %20-28 arasında değişmektedir (Çizelge 2.1). Bu proteinin %15-25'i albümin, %44-60'ı ise globulin proteinlerini temsil eder (Çizelge 2.2). Diğer proteinlerin büyük çoğunluğu ise genellikle globulinler (legumin ve visilin) oluşturup, bezelye izolatinin tuzda çözünebilen protein fraksiyonunun, toplam un proteininin %65—80' ini oluşturduğu bildirilmiştir [62, 63]. Bezelyede bulunan bu iki ana depo proteininin yüksek emülsifiye edici özellik gösterdiği belirtilmektedir [62]. Globulinlere kıyasla, bezelye albüminleri esansiyel amino asitlerden triptofan, lizin, treonin, sistin ve metiyonin açısından daha zengindir; globulin proteinleri ise arjinin, fenilalanin, lösin ve izolösin açısından zengindir [64].

Bezelye proteinlerinin sahip olduğu yüksek fonksiyonel özellikler, bu baklagil grubunu, f r nc lık ürünleri, makarna, et, deniz ürünleri ve bebek mamaları gibi farklı gıda kategorilerinde tercih edilmesini sağlamaktadır [62].

Bezelye unu ile kraker bisküvi üretiminin gerçekleştirildiği bir araştırmada, bezelye unu %0, 10, 20 ve 30 oranlarında buğday ununa ikame edilerek kullanılmıştır. Bezelye ununun ikame oranı arttıkça protein ve k l gibi besin içeriklerinde artış gözlemlenmiş, duysal değerlendirme sonuçlarına göre ise %100 buğday unu ile üretilen kraker örnekleri en yüksek puanı alırken, %10 bezelye unu ile hazırlanan örnekler ile arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bezelye unlu krakerler %10 seviyesine kadar duysal açıdan kabul edilebilir iken, %20 ve 30 oranlarında bezelye unu ilavesi, krakerlerde koku, tat, sertlik, renk ve genel kabul kriterleri açısından olumsuz olarak değerlendirilmiştir [65].

Yulaf unu (*Avena sativa L*) ve bezelye (*Pisum sativum*) protein izolatından yapılan krakerlerin besinsel, antioksidan ve fiziksel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, iki protein kaynağının birlikte kullanılarak hazırlandığı kraker örnekleri, buğday unu kullanılan iki ticari krakerle karşılaştırılmıştır. Geliştirilen krakerin, sertlik, esneklik, yapışkanlık, esneklik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik gibi tekstürel özellikleri geliştirdiği ve daha yüksek oranda besleyici içeriğe sahip olduğu rapor edilmiştir [66].

Bezelye, fasulye, yeşil mercimek gibi farklı baklagil unlarının, % 25, 50, 75 ve 100 oranlarında ve farklı partikül boyutlarında form lasyona ilave edilerek, fonksiyonel ve besleyici özellikleri geliştirilmiş bisküvi üretebilmek amacıyla yapılan bir çalışmada; baklagil unu ilavesinin araştırılan özellikleri önemli oranda değiştirdiği rapor edilmiştir. Ürünün protein içeriğini ve antioksidan aktivitesini arttırdığı gözlemlenirken; ince partiküllü unların yayılma oranını azalttığı ve sertlik değerlerini arttırdığı gözlemlenmiştir. Fiziksel  zellikler üzerinde en büyük etki, yeşil mercimek ununun eklendiği örneklerde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, buğday ununun baklagiller ile kısmen veya tamamen ikame edilmesiyle, kabul edilebilir fiziksel özelliklere ve geliştirilmiş beslenme profiline sahip bisküvilerin üretilbileceği belirtilmiştir [67].

Bakla proteini

Olgun bakla taneleri, protein, nişasta, selüloz ve mineraller açısından zengin bir kaynaktır. Bu nedenle, gelecekte insan ve hayvan beslenmesinde için artan bir öneme

sahip olacağı düşünülmektedir. Dünya genelinde 80'den fazla farklı bakla çeşidi olmasına rağmen, soya fasulyesi, lima fasulyesi, kırmızı fasulye gibi sadece 18'i geniş çapta yetiştirilmektedir. Yüksek verim, daha küçük taneler, daha az antibesinsel faktörler ve modern tarıma yüksek adaptasyon yeteneği, bu bitkiyi çiftçiler, yem ve gıda üreticileri için daha çekici hale getirecektir. Batı ülkelerinde bakla daha az tüketilmesine rağmen, Afrika, Asya ve Latin Amerika'nın büyük bir kısmı için protein ve enerji kaynağıdır. Bakla, pahalı et ve balık proteinine iyi bir alternatiftir [68]. Ayrıca, folik asit, niyasin, C vitamini, magnezyum, potasyum, demir ve lif kaynağı açısından zengindir. Proteinlerindeki yüksek lizin seviyesi sayesinde tahıl proteinlerine uygun bir tamamlayıcıdır [69]. Bir bakla çeşidinin protein içeriği genellikle %27-30 arasında değişmektedir (Çizelge 2.1). Bu proteinin %10-30'u albümin, %45-78'i ise globulin proteinlerini temsil etmektedir (Çizelge 2.2).

Depolama ömrünün uzun olması, kolay taşınabilir olması ve düşük maliyetleri, çiftçiler için çekici olan özelliklerindendir. Bakla, taze bakla, taze bakla çekirdeği, konserve ve kuru bakla taneleri olarak tüketilmektedir. Ayrıca, bakla ilaç olarak da kullanılmaktadır. Böbrek taşları, karaciğer bozuklukları ve göz hastalıkları için kullanılmaktadır. Aynı zamanda hayvan yemi olarak da kullanıldığı bilinmektedir [68].

%30 bakla unu ve %70 mısır unu kullanarak glutensiz makarnaların hazırlandığı bir çalışmada, bakla unu ile zenginleştirilmiş mısır unlu spagetti makarna elde etmek ve ekstrüzyon sıcaklığı ile nemin makarnaların fizikokimyasal ve duyu kalite parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonunda, bakla unu ilavesinin, yüksek protein ve lif içeriğine sahip, uygun kalitede makarna elde etmek için tercih edilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca bakla ununun, son ürün tekstürel özelliklerini ve fizikokimyasal kalitesini önemli oranda iyileştirildiği belirtilmiştir [69].

Yapılan başka bir çalışmada, altı farklı bakla çeşidinden elde edilen unların bileşimleri analiz edilmiş ve unun, kurabiyelerde buğday ununun kısmi veya tam ikamesi olma potansiyeli araştırılmıştır. Formülasyonlarda yer alan bakla unu sebebiyle yüksek miktarda protein ve lif, kurabiyelerin sertliğinin artmasına ve daha koyu bir renge sebep olmuştur. Duyusal değerlendirme sonucunda ise bakla çeşidinin lezzeti önemli ölçüde etkilendiği belirtilmiştir. Sonuç olarak, bakla (*Vicia faba bean*) unundan, daha yüksek protein içeriğine sahip alternatif glutensiz kurabiye üretiminin olabileceğini açıkça ifade edilmiştir. Baklagil bazlı kurabiyeler ile kontrol arasındaki farklar,

baklagil proteinlerinin farklı davranış göstermesi ve artmış diyet lifi içeriğine bağlanmıştır. Antibesinsel kaynaklar içeriklerini azaltabilmek ve duyuşal özellikleri iyileştirebilmek adına, unun ön işleme ilişkin çeşitli iyileştirmelerin yapılabileceğı rapor edilmiştir [70].

Nohut proteini

Nohut (*Cicer arietum L.*), dünya ekonomik açıdan 5. değerli baklagil olarak kabul edilmektedir. Nohut, Asya'nın Güney ve Batı bölgeleri ile Akdeniz'de ekilmektedir. Hindistan, nohut üretiminin %75'ini gerçekleştirerek, başlıca yüksek kaliteli nohut tedarikçisidir [71]. Türkiye, dünya arzının yaklaşık %7'sini üreterek ikinci büyük üretici konumundadır [72]. Nohut, protein ve karbonhidratların iyi bir kaynağı olarak kabul edilmektedir. Diğer baklagiller gibi, nohutun globulin ve albumin proteinleri, baklagillerde bulunan iki ana fraksiyonu temsil etmektedir. Nohutun protein içeriğı genellikle %17-24 arasında değişmektedir (Çizelge 2.1). Nohut proteinin yaklaşık %8-12'si albümin, %53-60'ı globulin ve %19-25'i ise glutelin depo proteinlerini temsil etmektedir (Çizelge 2.2). Albuminler, metabolik öneme sahip enzimlerin ve proteinlerin çoğunu içerdiği için nohut içeriğinde önemli bir rol oynar. Ayrıca, yüksek lizin ve kükürt aminoasit içerikleri nedeniyle, globulinlere göre daha yüksek besleyici değere sahiptirler [71].

Ticari olarak dünya çapında kabuli ve desi olmak üzere iki çeşitte üretilen nohut, yüksek oranda protein, düşük oranda yağ ve sodyum içeriğine sahiptir. Bununla birlikte yapısında diyet lifi ve kompleks karbonhidrat bulundurmaktadır. Ayrıca, yüksek konsantrasyonda kalsiyum, fosfor, demir, magnezyum gibi vitamin ve mineral içermektedir. Yüksek besinsel değeri dışında, nohut proteinlerinin üstün emülsifiye edici ve yağ bağlama gibi önemli fonksiyonel özellikleri olduğu bilinmektedir [62]. Nohut, kıvam arttırıcı ve yüksek emülsiyon kapasitesi gibi fonksiyonel özellikleri sebebiyle glutensiz ürünlerde protein ikamesi olarak kullanılmaktadır. [37]. Aynı zamanda, bu yüksek emülsifiye kapasitesi nohut izolatlarını, sosis ve krema gibi ürünler elde etmek için önemli bir hammadde yapmaktadır. Yüksek su ve yağ tutma kapasitesi ise fırıncılık ürünleri dışında peynir ve et ürünleri elde etmek nohut protein izolatlarını uygun kılmaktadır [71].

Rachwat ve arkadaşları, araştırmalarında nohudun yüksek besin içeriğı ve sağlık için önemli faydalarından bahsetmiş ve ekmek ve atıştırmalık ürünlerde kullanılabileceğini

rapor etmiştir. Isıl işlem uygulamalarının nohut proteinlerinin biyo-yararlılığını artırdığı ifade edilmiş ve nohut ilavesiyle yüksek besinsel kalitenin yanı sıra muhtemel kanserojen bir madde olan akrilamid içeriğinin azalabileceği ifade edilmiştir [73].

Kavurma ve ultrason işlemlerinin nohut ununun fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı sıcaklık ve sürelerde kavurma işlemi gerçekleştirilerek nohut unlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikler incelenmiştir. Kavurma işleminin renk parametreleri, emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi, köpürme ve termal özellikler üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiş, emülsiyon, köpürme ve termal özellikler açısından en iyi sonuçların 100°C'de 2,5 dakika kavrulmuş numunelerde tespit edildiği belirlenmiştir. Bu koşullarda kavurma işlemi uygulanmış nohut unu ile hazırlanan kurabiyelerin duyuusal özellikleri değerlendirildiğinde 100°C'de 2,5 dakika kavrulmuş numunede sonradan oluşan tat (fasulye/yeşil tat) önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Fonksiyonel özellikler ve duyuusal değerlendirmeler sonucunda, fırıncılık kullanımı için en uygun örneğin 100°C'de 2,5 dakika kavrulmuş nohut unu örneğinin olduğu rapor edilmiştir. Kavurma prosesinin nohut ununun kullanılacağı uygulamalarda, fonksiyonel ve duyuusal özellikleri iyileştirebileceği vurgulanmıştır [74].

Yapılan başka bir çalışmada ise glutensiz amarant ve karabuğday ile rafine ve tam buğday ununa nohut unu ilave edilerek bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş ve bisküvilerin fiziksel ve duyuusal özellikleri incelenmiştir. Duyusal değerlendirmelerin neticesinde, özellikle glutensiz çeşitlerde olmak üzere tüm bisküvi çeşitlerinde, nohut unu ikamesinin, kabul edilebilirlik oranını yükselttiği belirtilmiştir. Fiziksel özellikler incelendiğinde ise glutensiz bisküvilerin yayılma oranının, nohut unu eklenmesi ile azaldığını ve buğday unu ve karabuğday bisküvi çeşitlerinde sertlik değerini arttırırken, tam buğday ve amarant içeren bisküvilerde sertlik değerlerini azalttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, buğday unlu bisküvilerde en uygun nohut unu ikame oranının %20-40 olduğu belirtilirken, glutensiz formülasyona sahip bisküvilerde bu oran %60-80 gibi önemli bir orana yükselmiştir [75].

Buğday ununun nohut unu ile zenginleştirilmesi üzerine yapılmış bir çalışmada, nohut unu ile zenginleştirilmiş keklerin kalite özelliklerinin değerlendirilmiş ve nohut unu ikamesinin kek üretiminde kullanılabilecek alternatif bir hammadde olduğu, ancak ilave oranındaki artışa bağlı olarak kek hacmi ve simetrisi gibi önemli kalite

parametrelerinde azalma, tekstürel açıdan ise daha sert ve yapışkan yapıya sebep olduğu ifade edilmiştir [76].

2.4.3.2 Yağlı tohumlar

Günümüzde kullanılan bitkisel kaynaklı protein gruplarından biri de yüksek miktarda protein içeriğine sahip, alternatif bir protein kaynağı olarak üretiminin zaman içerisinde önem kazandığı yağlı tohumlardır. Soya fasulyesi, kolza tohumu, pamuk tohumu, ayçiçeği çekirdeği ve yer fıstığı en çok üretimi gerçekleştirilen ve yapılarında yüksek miktarda protein içeriği bulunan yağlı tohumlardır. Çizelge 2.3'te bazı yağlı tohumları ve küspelerinin protein oranları verilmektedir [62].

Çizelge 2.3 : Bazı yağlı tohumların protein içerikleri [62].

Hammadde	Protein içeriği (%)
Soya fasulyesi	40
Soya küspesi	50
Kolza/Kanola	17 - 36
Kolza/Kanola küspesi (yağsız)	36 - 40
Keten tohumu	18 - 25
Keten tohumu küspesi (yağsız)	25 - 41
Pamuk tohumu küspesi (yağsız)	55 - 60
Yer fıstığı unu (yağsız)	47 - 55
Çiya tohumu	19 - 23
Susam	23 - 25
Susam küspesi (yağsız)	50
Ayçiçek küspesi	40

Yüksek yağ içerikleri sebebiyle daha çok yağ endüstrisinde kullanımı bulunan yağlı tohumlar, geriye kalan küspe bölümünde yüksek konsantrasyonda protein içerdiğinden çoğunlukla protein izolatu ya da konsantresi olarak değerlendirilmektedir. Protein elde edilen yağlı tohumlardan biri de ayçiçek çekirdeğidir [62].

Yağlı tohumların, unlu mamullerde, besin değerini arttırdığı ve duyuusal çekiciliği üzerinde olumlu bir etki yaratabileceği düşünülmektedir. Yağlı tohumların lezzetli ve değerli kimyasal bileşimi nedeniyle glutensiz beslenen bireylerin günlük diyetlerine dahil etmesi önerilmektedir. Ayçiçeği tohumlarının yaklaşık %20.78'i protein,

%51.46'sı yağ, %20'si karbonhidrat, %3.02'si kül ve %8.6'sı liflerden oluşmaktadır. Yağ üretimi sırasında elde edilen yan ürünler, protein, mineraller ve polifenoller açısından önemli birer kaynaktır [77].

Ay çekirdeği proteini

ABD Tarım Bakanlığı'na göre, 2019 yılında dünya genelinde ayçiçeği tohumu, 2018 yılında 51 milyon tonun üzerinde toplam üretimle en çok yetiştirilen yağlı tohumlardan biridir. Bu durum, bu tohumdan elde edilen yüksek kaliteli yenilebilir yağın, biyodizel üretmek için kullanılmasından kaynaklanmaktadır [78].

Yağın çıkarılmasından sonra kalan kısım (kek), genellikle %20-60'ı protein, %5-35'i lif (artık kabuk kısımlarından) ve %3-5'i kalıntı yağ içeren besleyici bir yan ürün olarak kabul edilir. Genellikle bu kısım, hayvan yemi olarak atılmaktadır. Ayçiçeği proteini konsantresi, kekten (küspeden) çıkarılan ve %75'ten fazlası proteinden oluşan bir protein kaynağı olarak gıda endüstrisinde kullanılabilir [78].

Ayçiçeği, üstün besin kalitesi ve herhangi bir besleyici olmayan bileşeni olmaması nedeniyle, günlük diyetle potansiyel bir protein takviyesidir. Çoğunlukla yağ üretimi için kullanılsa da, hızla artan nüfus nedeniyle alternatif protein kaynağı olarak gerekli hale gelmektedir. Ayçiçeği gibi, buğday tohumu da yüksek konsantrasyonda besinsel içeriğe sahiptir. Buğday endospermi ile karşılaştırıldığında, ayçiçeği çekirdeği, üç katı protein, yedi katı yağ, on beş katı şeker ile altı katı mineral içeriği sunar [79].

Yapılan bir çalışmada, kurabiyelerin hazırlanmasında buğday ve ayçiçeği çekirdekleri %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranında buğday ununa ikame edilmiştir. Ayçiçeği çekirdeği ilavesiyle ham protein, kül ve lif içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde buğday tohumu ilavesiyle protein, kül ve ham lif içerikleri önemli ölçüde artmış ve %30 buğday tohumu ile %20 ayçiçeği çekirdeği içeren kurabiyelerin genel kabul edilebilirlik açısından daha başarılı olduğu rapor edilmiştir [79].

Ayçiçeği tohumu küspesi ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmeklerin kalitesinin incelendiği başka bir çalışmada, ayçiçeği küspesi, kontrol numunesine kıyasla besin içeriğinde bir artış sağlamıştır. Ayçiçeği tohumu küspesi içeren glutensiz ekmekler daha düşük sertlik, esneklik ve çiğnenebilirlik ancak daha yüksek yapışkanlık özellikleri göstermiştir. Ayçiçeği küspesi ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmekğin görünümü, kıvamı, aroması ve lezzetinin, ayçiçeği tohumu içermeyen kontrol ekmek örneklerinden çok daha çekici olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak yapılan

araştırmalar, ayııııı kúspesi ilavesi sayesinde, arzu edilen duyusal kaliteye sahip, besin değeri yüksek bir úrün elde etmenin mümkün olduğunu göstermiştir [77].

Glutensiz ekmek úzerine yapılan başka bir ıalışmada, farklı konsantrasyonlarda ayııııı protein konsantresi ilavesinin glutensiz ekmek úzerindeki kalite parametreleri bezelye unu ile karşılaştırılmıştır. Ayııııı protein konsantresi, un karışımı (%70 pirinı unu ve %30 mısır nişastası) úzerine %5, %10 ve %20 oranında eklenmiş ve belirli hacim, renk ve doku gibi bazı parametreler 21 gúnlük depolama súresi boyunca değeriendirilmiştir. Elde edilen sonuılar ayııııı protein konsantresinin yüksek kalite ve duyusal kabul edilebilirliği ile glutensiz ekmeklerde kullanım iıin önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Ayııııı protein konsantresi ile, tüm konsantrasyonlarda bezelye unlu ekmeğe kıyasla 21 gúnlük depolamadan sonra daha dúřuk sertlikte ve protein iıeriğindeki %100'lük bir artışla besin değeri daha yüksek glutensiz ekmek elde edilmesi sağlanmıştır [78].

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bisküvi formülasyonunda kullanılan hammaddeler buğday unu (Çağ Un), pudra şekeri (kristal şeker işlenmesi ile) (Kayseri Şeker), shortening bitkisel yağ (Wilmar), fruktoz-glikoz şurubu (Beşan A.Ş.), tuz (Buket Tuz), sodyum bikarbonat (Eykim Gıda ve Kimya Sanayi), ayçiçek lesitini (Yılmaz Kimya), metil vanilin (Solvay İstanbul Kimya) ve fındık aroması (IFF) ve şebeke suyu, üreticinin tedarikçilerinden temin edilmiştir. Çalışmada bisküvilik un yerine kullanılan, glutensiz un karışımı (Tate&Lyle) ile bezelye protein izolatı (Roquette), bakla protein konsantresi (Univar) ve içeriğinde nohut, bezelye, ayçekirdeği proteinlerini içeren bir protein karışımı (Tate&Lyle) piyasadan temin edilmiştir. Glutensiz un karışımının bileşimine ait veriler Çizelge 3.1’de, protein karışımının ürün bileşenine ait veriler ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Kullanılan unlar ve protein kaynakları farklı protein konsantrasyonlarına sahiptir. Un karışımında kullanılan hammaddelere ait protein konsantrasyonları Çizelge 3.3’te; diğer tüm besin öğeleri kompozisyonları ise Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Glutensiz un karışımı bileşenleri.*

Hammadde	Bileşim oranı (%)
Pirinç unu	En az % 28
Topyoka nişastası	En çok % 31
Patates nişastası	En çok % 30
Ksantan gamı (E415)	En çok % 11

*Ürün spesifikasyonuna göre yaklaşık değerler verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Protein karışımı bileşenleri.*

Hammadde	Bileşim oranı (%)
Nohut proteini	En az % 40
Bezelye proteini	En çok % 42
Ayçekirdeği proteini	En çok.% 18

*Ürün spesifikasyonuna göre yaklaşık değerler verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Un karışımında kullanılan hammaddelerin protein konsantrasyonları.*

Hammadde	Protein oranı (%)
Bisküvilik buğday unu	% 10
Glutensiz un karışımı	% 3
Bezelye proteini	% 83
Bakla proteini	% 60
Protein karışımı	% 66

*Ürün spesifikasyonuna göre kuru madde üzerinden yaklaşık değerler verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Un karışımında kullanılan hammaddelere ait besin ögesi kompozisyon değerleri (%).*

	Yağ	Karbonhidrat	Protein	Kül	Nem	Diyet Lifi	Tuz
Buğday unu	1.42	70	10,07	0,65	14	3,86	-
Glutensiz un karışımı	0,6	83	3	0,5	12,33	0,9	0,17
Bezelye proteini	9	0	79	2,65	6	1	2,35
Bakla proteini	3,7	12,5	60	5,7	4,67	13,4	0,025
Protein karışımı	1,9	11	66	5,04	4,06	10,9	1,1

*Ürün spesifikasyonuna göre yaklaşık değerler verilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Ön denemeler

Çalışmadaki esas denemelerde bisküvi üretiminde kullanılacak uygun hamur formülasyonunun belirlenebilmesi için buğday unu ile hazırlanan bisküvi hamuru örneğinde, diğer bileşenlerin miktarı uygulamalı olarak adım adım test edilmiş ve en uygun hamur formülasyonu oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan protein kaynaklarının, genel olarak literatürdeki bisküvi formülasyonlarında “un” formunda kullanılması, “izolat veya konsantre” formda kullanılan bir çalışmaya rastlanılmaması sebebiyle hamur reçetesinde bazı bileşenler (protein kaynakları, yağ, şeker ve su) farklı miktarlarda kullanılmak suretiyle ön denemeler yapılmış ve uygun bisküvi hamur formülü optimize edilmiştir. Reçete optimizasyonu için hamur ve bisküvi örneklerinde fiziksel ölçüm sonuçları (ağırlık, çap, kalınlık), su aktivitesi ve tekstür gibi temel analitik ölçümlerden faydalanılmış ve ayrıca subjektif izlenimlere göre deneme koşullarında en ideal bisküvi formülasyonu seçilmiştir.

İlk olarak buğday unu ile hazırlanan bisküvi reçetesinde, glutensiz un karışımı, buğday ununu %100 ikame edecek şekilde kullanılmıştır. Hamur yapısı ve son ürün özellikleri duyusal olarak değerlendirildiğinde (oldukça sert bir yapı ve düşük gevreklikte son ürün) uygun bulunmamış, yağ ve şeker oranı yükselttilerek yapılan denemeler sonucunda uygun reçete formülasyonu oluşturulmuştur. Belirlenen standart reçeteye ait analiz sonuçları Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Glutensiz bisküvi hamur reçetesinin belirlenmesinin ardından, formülasyona eklenebilecek maksimum protein miktarını tespit edebilmek adına en yüksek protein konsantrasyonuna sahip bezelye protein izolatı (%83) ile ön denemelere devam edilmiştir. Bisküvi hamuru reçetesindeki glutensiz un karışımı, sırasıyla %5, %7 ve %10 oranlarında bezelye protein izolatı ile ikame edilmiştir. Genel olarak, protein ilave oranı arttıkça bisküvilerde bağl su miktarının arttığı ve bu sebeple bisküvide önemli bir parametre olan sertlik ve gevreklik özelliklerini olumsuz düzeyde azalttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple, uygun yağ ve su oranı dengesi ile optimizasyon sağlanmaya çalışılmıştır. Çizelge 3.5’te protein ilavesiz (standart) ve %5, %7, %10 oranlarında protein izolatı ilave edilen glutensiz bisküvi örneklerine ait analiz sonuçları ile reçete su ve yağ oranlarına ait bilgiler verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Protein ilavesiz (standart) ve %5, %7, %10 oranlarında protein izolatı ilave edilen glutensiz bisküvi örneklerine ait analiz sonuçları.*

Deneme No	Protein Oranı**	Reçete su oranı (%)	Reçete yağ oranı (%)	Su aktivitesi	Sertlik (g)	Duyusal Değerlendirme
Standart reçete	-	12,97	17,33	0,25	799,5	Başarılı
1.	5%	19,74%	17,33%	0,52	274	Başarısız
2.	5%	18,54%	14,83%	0,45	963,25	Başarılı
3.	5%	18,91%	12,98%	0,60	1522,5	Başarısız
1.	7%	22,02%	14,83%	0,54	1160,75	Başarısız
2.	7%	24,92%	14,83%	0,63	894	Başarısız
1.	10%	20,02%	12,98%	0,62	1103,5	Başarısız

* Su aktivitesi ve sertlik değerleri üç ölçümün ortalamasıdır.

**Protein oranı; hamur reçetesine ilave edilen protein izolatın yüzde miktarını ifade etmektedir.

Yapılan analiz sonuçları ile birlikte bisküvi örnekleri duyusal olarakta değerlendirilmiş ve standart bir bisküviden beklenen sertlik, gevreklik, ağız doygunluğu ve yeme hissi gibi parametreler subjektif olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre uygun

bulunmayan bisküvi örnekleri “başarısız” olarak ifade edilmiştir (Çizelge 3.5). Protein izolatu ilaveli (%7 ve %10) örneklerin, protein ilavesiz standart bisküvilere kıyasla çok yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olduğu, duyuşal olarak değerdendirildiğinde ise genel bisküvi yapısından çok uzak olduğu ve neredeyse hiç gevreklik özelliğinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

Protein ilavesi sonrasında, reçete optimizasyonu için yağ oranındaki değışiklikler son ürünün yapısını etkilemiştir. Protein ilavesinin %5 olduğu bisküvilerde protein artış oranına bağılı olarak, bisküvi sertliğindeki önemli düzeyde azalma (274 g), yağ oranının %17,33’ten %14,83’e düşürölmesi ile iyileştirilmiş ve protein ilavesiz standart bisküvi örnekleri ile benzer duyuşal özelliklerde son ürün elde edilmiştir. Ancak yağ oranında azalma belirli bir miktardan sonra (%12,98), ürünün sertlik değerdinin çok fazla yükselmesine (1522,5 g) ve standart bisküvi yapısından uzaklaşarak düşük gevreklikte ve istenmeyen sertlik derecesinde bir son ürüne sebep olmuştur. Yağ oranındaki bu düşüş (%12,98) ile %5 protein ilaveli reçetede başarısız bir sonuç elde edildiğinden, %7 protein ilaveli bisküvilerde yağ oranı %14,83’ün altına düşürölüp yapıda iyileştirme denemesi yapmak mümkün olamamıştır. Protein izolatu ilaveli (%7) bisküvi hamurunda su oranındaki artış ise sertlik değerdini bir miktar azaltsa da duyuşal kabul edilebilirlik açısından, gevrek bisküvi yapısından çok uzak bulunmuş ve başarısız olarak değerdendirilmiştir.

Analitik analizler ve duyuşal değerdendirmeler sonucunda, protein ilave edilmeyen glutensiz bisküvi örneklerine en yakın standart en yakın sonuç %5 protein ilaveli 2 no’lu denemede tespit edilmiş olup, %5 oranının üzerinde protein izolatu ilavesinin bisküvi yapısını olumsuz yönde etkilediğı gözlemlenmiştir (Çizelge 3.5). Bu nedenle bisküvi formölasyonuna ilave edilecek maksimum protein izolatu miktarı %5 olarak belirlenmiştir. İlave edilecek diğerd protein oranı ise %2,5 olarak belirlenerek düşük ve yüksek protein konsantrasyonunun bisküvi kalitesi üzerindeki etkisinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Kullanılan protein kaynaklarının konsantrasyonları birbirinden farklı olduğu için en yüksek protein konsantrasyonuna sahip bezelye protein izolatının, %2,5 ve %5 oranlarında formölasyona ilave edilmesiyle son ürün protein oranları, pişme kaybı da dikkate alınarak hesaplanmıştır. Son ürün protein oranları sırasıyla %4,3 ve %6,8 olarak belirlenmiş ve diğerd protein kaynakları da aynı son ürün protein değerdini sağlayacak miktarda formölasyona eklenmiştir (Çizelge 3.8).

Ön denemeler sırasında, bisküvilerin pişirim öncesi ve sonrası ağırlıkları tartılarak, pişirim sonrası bisküvilerden uzaklaşan su miktarı (pişme kaybı) hesaplanmış ve ortalaması alınarak %20,20 olarak belirlenmiştir. Son ürüne ait protein oranı hesaplanırken bu pişme kaybı dikkate alınmıştır. Çizelge 3.6’te ön deneme numunelerinin pişme kaybı değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Ön deneme bisküvi gruplarına ait pişme kaybı değerleri.*

	Pişme kaybı (%)
K1	17,49
K2	19,82
BEP 4,3	21,42
BEP 6,8	22,09
Ortalama pişme kaybı	20,20

*Pişme kaybı, aynı gruba ait bisküvilerden dört adet seçilip ölçüm ortalamalarının alınması ile gerçekleştirilmiştir.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP 4,3:** Son ürün protein oranı %4,3 olan bezelye protein ilaveli glutensiz bisküvi, **BEP6.8:** Son ürün protein oranı %6,8 olan bezelye protein ilaveli glutensiz bisküvi

3.2.2 Deneme planı

Bisküvi üretimi denemelerinde; piyasadan temin edilen ve farklı konsantrasyonlara sahip 3 farklı protein çeşidi son ürün protein oranına göre hesaplanarak 2 farklı dozajda (%4,3 ve %6,8) kullanılmıştır. Protein ilaveli numunelerde, glutensiz un karışımı kullanılmış ve bu denemeler iki tekrarlı olarak (3 x 2) x 2 faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Kontrol örneği olarak %100 bisküvilik yumuşak buğday unu ve %100 glutensiz un karışımı ile üretilen bisküviler kullanılmıştır.

3.2.3 Bisküvi üretimi

Bisküvi hamuru, Çizelge 3.7 ve 3.8’de verilen bileşenlerin çizelgede belirtilen miktarlarda kullanılması suretiyle hazırlanmıştır. Formülde değişken olarak un çeşitleri kullanılmış buna bağlı olarak uygun hamur kıvamı elde etmek için su miktarında da değişikliğe gidilmiştir.

Bitkisel proteinler, birbirinden farklı konsantrasyonlarda olmaları sebebiyle, aynı miktarlarda formülasyonlara eklenememiş ve son ürün protein oranları eşitlenerek, iki farklı son ürün protein konsantrasyonunda (%4,3 ve %6,8) bisküvi formülasyonları oluşturulmuştur. BEP, BAP ve PK proteinleri, glutensiz un karışımı ile yer değiştirme prensibine göre ilave edilmiştir. Genel bisküvi formülasyonu Çizelge 3.7’de, formülasyonda kullanılan 8 farklı un bileşimi ise Çizelge 3.8’de belirtilmiştir.

Bisküvi üretimine ait ön denemelerde ilk olarak her grup için tüm bileşenler sabit tutulmuş, hamurun bir araya gelip, yoğrulabilir seviyeye gelmesine göre eklenecek su miktarı her bir formül için ayrı ayrı belirlenmiştir (Şekil 3.1). Daha sonrasında üretiminde kullanılacak optimum pişirme sıcaklığı ve süresi belirlenmiştir. Bu aşamada gözlemsel veriler ve subjektif ölçütlerden yola çıkılarak en uygun bisküvi pişirme sıcaklığı ve süresi belirlenmiş, tüm bisküvi üretim denemelerinde bu koşullar sağlanarak pişirim işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.7: Bisküvi formülasyonu.

HAMMADDELER	Bileşim miktarı (g)
Un*	100,00
Pudra şekeri	34,16
“Shortening” tipi bitkisel yağ	30,37
Su	23,00 – 33,00
Tuz	0,56
Fruktoz-glukoz şurubu (50 DE)	7,97
Sodyum bikarbonat	0,56
Ayçiçek lesitini	0,48
Fındık aroması	0,39
Metil vanilin	0,15
TOPLAM	202,6

*8 farklı un karışımı kullanılmıştır (Çizelge 2.8)

Çizelge 3.8: Bisküvi formülasyonunda kullanılan un bileşenlerinin miktarı (g).

HAMMADDELER	K1	K2	BEP 4,3	BEP 6,8	BAP 4,3	BAP 6,8	PK 4,3	PK 6,8
Buğday unu	100,0	-	-	-	-	-	-	-
Glutensiz un karışımı	-	100,0	94,8	89,6	92,7	85,4	93,4	86,8
Bezelye protein izolatu - %83	-	-	5,2	10,4	-	-	-	-
Bakla protein konsantresi - %60	-	-	-	-	7,3	14,6	-	-
Protein karışımı - %66	-	-	-	-	-	-	6,6	13,2

*Protein ve un miktarları, kullanılan proteinlerin konsantrasyonları ve %20 pişirme (su) kaybı baz alınarak hesaplanmıştır.

K1: %100 Buğday unu, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı, **BEP 4,3:** Son ürün protein oranı %4,3 olan bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımı, **BEP6,8:** Son ürün protein oranı %6,8 olan bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımı, **BAK 4,3:** Son ürün protein oranı %4,3 olan bakla protein ilaveli glutensiz un karışımı, **BAK 6,8:** Son ürün protein oranı %6,8 olan bakla protein ilaveli glutensiz un karışımı, **PK 4,3:** Son ürün protein oranı %4,3 olan protein karışımı ilaveli glutensiz un karışımı, **PK 6,8:** Son ürün protein oranı %6,8 olan protein karışımı ilaveli glutensiz un karışımı

Bisküvi hamurunun elde edilmesi için stand mikserde (KithcenAid, Amerika) kullanılmıştır. İlk olarak bitkisel yağ, pudra şekeri ve lesitin 3 dakika boyunca 4.seviye hızda karıştırılmıştır. Ardından sodyum bikarbonat ve tuz suda çözülürülerek, fruktoz-glikoz şurubu ve aroma ile birlikte karışıma eklenmiş ve 2 dakika boyunca mikserde homojenize olması sağlanmıştır. Son ürün protein oranına göre hesaplanan dozajlarda protein ve glutensiz un karışımı hazırlanarak, metil vanilin ile birlikte 1 dakika boyunca ön karıştırma işlemi gerçekleştirilmiş ve mikserdeki karışıma ilave edilerek 1 dakika daha karıştırılıp hamur haline getirilmiştir. Yoğurma sonrası elde edilen hamur 2.0 mm kalınlığında makine (XTS, Thiene (VI), İtalya) yardımıyla açılmış ve 53.0 mm çaplı kalıp ile kesilerek şekil verilmiştir. Kesilen hamur parçaları alüminyum tepsilere yerleştirilmiş ve 155 ± 5 °C’ de 6 dakika fanlı ve 165 ± 5 °C’ de 3 dakika fansız şekilde önceden ısıtılmış konveksiyonel fırında (Unox, XBC65E, Cadoneghe, İtalya) pişirilmiştir. Pişen bisküvi numuneleri yarım saat oda sıcaklığında soğutulduktan sonra plastik separatörlere konularak analiz ve raf ömrü süresince kırılmaması için üzerine kağıt yastık, koruyucu olarak konulmuştur, ardından alüminyum folyo ile hava almayacak şekilde bir kat sarılıp Oriente Polipropilen (OPP) ile ambalaj yapılmıştır.



Şekil 3.1 : Bisküvi hamuru örneği.

3.2.4 Kullanılan un karışımlarının fonksiyonel özellikleri

3.2.4.1 Su ve yağ tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi tespiti için, Batır tarafından 2018 senesinde yapılan bir çalışmanın yöntemi değiştirilerek uygulanmıştır. İlk olarak 0,1 gram örnek tartılır. Un örneği, 0,1 M NaOH çözeltisi ile pH değeri 8’e ayarlanan 10 mL distile su ile 60 saniye süre ile vorteks karıştırıcıda (İKA Vortex Genius 3, Almanya) karıştırılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) 30 dakika süre ile bekletilmiştir. Karışım 4000 rpm kuvvetinde 25 dakika süre ile 20°C koşullarında santrifüjlenmiş (Universal 32R, HettichZentrifugen, Tuttlingen, Almanya) ve santrifüj sonrası partiküllerin tam olarak

ökmesi için oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Tüplerin üst sıvı fazı dikkatlice uzaklaştırılarak, süzüntü tartılmıştır. Su tutma kapasitesi bir gram örnek tarafından tutulan su miktarın gramı olarak belirlenmiştir. Her bir un karışımı için bu analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Su tutma kapasitesi için aşağıdaki denklem (3.1) kullanılmıştır [80].

Yağ tutma kapasitesi tespiti için Batır tarafından 2018 senesinde yapılan bir çalışmanın yöntemi değiştirilerek uygulanmıştır. İlk olarak 0,1 gram örnek tartılmış ve 10 mL ayçiçek yağı ile 60 saniye süre ile vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında (~25°C) 30 dakika süre ile bekletilmiştir. Karışım 4000 rpm kuvvetinde 25 dakika süre ile 20°C koşullarında santrifüjlenmiş (Universal 32R, HettichZentrifugen, Tuttlingen, Almanya) ve santrifüj sonrası partiküllerin tam olarak çökmesi için oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Tüplerin üst sıvı fazı dikkatlice uzaklaştırılarak, süzüntü tartılmıştır. Yağ tutma kapasitesi 1 gram örnek tarafından tutulan yağ miktarın gramı olarak belirlenmiştir. Her bir un karışımı için bu analizler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yağ tutma kapasitesi aşağıdaki denklem (3.1) kullanılmıştır [80].

$$\text{Su tutma kapasitesi} / \text{Yağ tutma kapasitesi (g /g)} = (W_2 - W_1) / W_0 \quad (3.1)$$

Burada, W_0 kuru numunenin ağırlığı (g), W_1 tüpün ve kuru numunenin ağırlığı (g), W_2 ise tüpün ve süzüntünün ağırlığıdır (g).

3.2.4.2 Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi

Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi tespiti için, Batır tarafından 2018 senesinde yapılan bir çalışmanın yöntemi değiştirilerek uygulanmıştır. İlk olarak 0,1 gram un örneği tartılır. Un örneği, 0,1 M NaOH çözeltisi ile pH değeri 8'e ayarlanan 10 mL distile su ile oda sıcaklığında 2 dakika boyunca homojenize edilir (Ultra Turrax, IKA, T18, Staufen, Almanya). Ardından, 10 mL ayçiçek yağı eklenerek tekrar 2 dakika homojenizasyon gerçekleştirilir. Karışım 4000 rpm kuvvetinde 5 dakika süre ile 20°C koşullarında santrifüj edilmiştir (Universal 32R, HettichZentrifugen, Tuttlingen, Almanya). Emülsifiye tabaka hacmi (mL) kayıt edilmiştir. Emülsiyon stabilitesini belirlemek için ise, ilk emülsifikasyondan sonra numuneler 80°C'de 30 dakika süreyle sıcak su banyosunda ısıtılmış (Memmert SV 1422, Almanya) ve ardından 1200 g'de 5 dakika süreyle santrifüj edilerek emülsifikasyon tabakasının hacmi (mL)

kaydedilmiştir. Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi için aşağıdaki denklemler (3.2 ve 3.3) kullanılmıştır [80].

$$\text{Emülsiyon Aktivitesi (\%)} = \frac{\text{Emülsifiye tabaka yüksekliği (ml)}}{\text{Tüpteki toplam sıvı yüksekliği (ml)}} \times 100 \quad (3.2)$$

$$\text{Emülsiyon Stabilitesi (\%)} = \frac{\text{Kalan emülsifiye tabaka yüksekliği (ml)}}{\text{Başlangıç emülsifiye tabaka yüksekliği (ml)}} \times 100 \quad (3.3)$$

3.2.5 Bisküvi analizleri

3.2.5.1 Fiziksel özellikler

Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Bisküvi örneklerinde çap ve kalınlık ölçümleri, aynı gruba ait bisküvilerden sekiz adet seçilip ölçüm ortalamalarının alınması ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler, dijital kumpas (Mitutoyo, CD-15APX, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Kalınlık ölçümleri, her bisküvinin dört köşesi ve bir orta noktası olmak üzere toplam beş noktasından gerçekleştirilerek ortalamaları alınmıştır. Bisküvi örneklerinin yayılma oranı ise çap değerinin kalınlık değerine bölünmesi ile hesaplanmıştır [81].

Ağırlık ve pişme kaybı

Bisküvilere ait pişirim öncesi ve sonrası ağırlık değerleri hassas terazide (Kern, ALS 220-4, Almanya) tartılmıştır. Pişirim sonrası bisküvilerden uzaklaşan su miktarının belirlenebilmesi için pişme kaybı hesaplanmıştır. Pişme kaybı aşağıdaki denklem (3.4) ile hesaplanmıştır [21].

$$\text{Pişme Kaybı} = (W_1 - W_2) / W_1 \times 100 \quad (3.4)$$

Burada, W_1 =Pişirim öncesi hamur ağırlığı (g) ve W_2 =Pişirim sonrası bisküvi ağırlığıdır. (g)

Renk özellikleri

Bisküvi örneklerinin renkleri L^* , a^* , b^* değerleri el tipi renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, CR-400, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 3.2). Her bir bisküvi formülasyonundan 10 adet bisküvi numunesinin renk tayini, üretildiği gün yapılp ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. CIELAB renk sistemi kullanarak renk değerleri L^* , a^* , b^* den oluşan üçlü skalada, L^* ; parlaklık değerini, a^* ; kırmızı/yeşil değerini ve b^* ; sarı/mavi değerini ifade etmektedir. Bu renk sistemine

göre iki renk aynı anda hem kırmızı hem yeşil, hem de mavi ve sarı renginde görülemez. Bu nedenle kırmızı/yeşil ve sarı/mavi değerleri ayrı ayrı tanımlanmaktadır [82]. Bu renk sistemine göre, açıklık-koyuluk L^* (0=siyah, 100=beyaz), yeşil/kırmızı (- a^* : yeşil, + a^* : kırmızı), mavi/sarı (- b^* : mavi, + b^* : sarı) olarak gösterilmektedir. Buğday unu ile hazırlanan kontrol bisküvisi (K1) ile glutensiz diğer bisküvi örnekleri arasındaki toplam renk farkı (ΔE^*) denklem 3.5 ile hesaplanmıştır [83].

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3.5)$$

Burada, ΔL^* , Δa^* ve Δb^* değerleri, K1 kontrol grubu ve diğer glutensiz numunelerin sırasıyla L^* , a^* ve b^* değerleri arasındaki farkları ifade etmektedir [84]. ΔE^* değeri, 1'in altında, 1 ile 3 arasında ve 3'ten büyük olarak değerlendirilmektedir. 1'den küçük olması, renk açısından kontrol ile aralarında belirgin bir fark olmadığını, 3'ten büyük olması ise insan gözü tarafından algılanabilen, belirgin renk farklılıklarını göstermektedir. Renk farklılığı 1 ile 3 arasında ise bu farklılıklar insan gözü tarafından algılanamamaktadır [83].



Şekil 3.2 : Konika Minolta renk ölçüm cihazı

Tekstür özellikleri

Bisküvilere ait tekstür analizi (g), Brookfield CT3 4500 (Middleboro, USA) cihazı kullanılarak, “compression” metodu ile gerçekleştirilmiş ve bisküvilerin sertlik değerleri (g) kaydedilmiştir (Şekil 3.3). Tekstür ölçümlerinde bisküvi örnekleri, TA40 probu kullanılarak, ön test hızı 2.00 mm/sn, test hızı 1.00 mm/sn, yük kuvveti 50 g ve uzaklık 15 mm test metoduna tabi tutulmuştur. Bisküvilerin sertlik değerleri

ürünler fırından çıkarıldıktan 2 saat sonra ölçülmüştür. Bisküvi çeşitlerinin her biri için 6 adet ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3.3 : TexturePro CT3 cihazı ile tekstür analizi.

Su aktivitesi

Su aktivitesi cihazı (Aqualab, Pre) içerisindeki kabın yarısı dolacak şekilde 25°C’de numune yerleştirilip ölçüm yapılmıştır. Bisküvilerin sertlik değerleri ürünler fırından çıkarıldıktan 3 saat sonra ölçülmüştür. Bisküvi çeşitlerinin her biri için 4 adet ölçüm yapılmıştır.

3.2.5.2 Besin öğeleri kompozisyonu

Bisküvilerin besin öğeleri kompozisyon analizleri için AOAC metodu kullanılarak kül, nem, protein ve yağ tayinleri gerçekleştirilmiştir [85].

Nem içeriği

Nem içeriği analizi için, önceden etüvde 105°C’de 2 saat boyunca bekletilmiş ve desikatörde yarım saat soğutularak sabit tartıma getirilen cam petri kaplarına, öğütülmüş bisküvi numunelerinden tartılmıştır. Yaklaşık 105°C’deki etüvde (Nüve, FN400, Ankara, Türkiye) kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma işlemi ortalama 5 saat sürmüştür. Kurutma işleminin ardından ağırlık kaybı belirlenerek örneklerin nem içeriği (%) belirlenmiştir.

Protein içeriği

Bisküvilerin protein içeriğini belirlemek için Kjeldahl metodu kullanılmış ve dört değer ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Buna göre 0,5 - 1’er gram aralığında bisküvi örnekleri toz haline getirilerek yakma tüplerine alınır. Ardından iki adet

Kjeldahl tableti (Na_2SO_4 , K_2SO_4 , TiO_2 , CuSO_4 karışımı) ve 20 mL %98'lik H_2SO_4 ilave edilmiştir. Aynı işlemler numune ilave edilmeden kör örneğe de uygulanmıştır. Tüplerin ağzı tıpa ile kapatıldıktan sonra kilit sistemi kaydırılarak tırnaklara geçirilir. Borunun ucuna temizleyici takıldıktan sonra 1 saat boyunca yakma cihazı ile yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüplerdeki çözelti rengi yakma işlemi sonunda yeşile dönmüş ve yakma işleminin tamamlanmasının ardından mavi renge dönen çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Kjeldahl cihazına (Buchi, Kjelflex360, Switzerland) tüpler yerleştirilerek titrasyon gerçekleştirilmiş ve kalan sarfiyat üzerinden önce yüzde azot miktarı denklem 3.6 kullanılarak hesaplanmıştır. Ardından yüzde bisküvilere ait protein miktarı denklem 3.7 ile belirlenmiştir.

$$\% \text{ Azot miktarı} = [((V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 14 \times 2 \times 0,1) / \text{örnek ağırlığı}) / 1000] \times 100 \quad (3.6)$$

$$\% \text{ Protein miktarı} = \% \text{ Azot miktarı} \times 6,25 \quad (3.7)$$

Yağ İçeriği

Yağ içeriği tayini için, Soxhlet ekstraksiyon metodu (Buchi, E-812, Switzerland) ile 4 değerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. İlk olarak ekstraksiyon beherleri 105°C 'de iki saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiştir. Desikatörde soğutulup ağırlığı ölçülmüştür (A). Toz haline getirilen bisküvi örneklerinden 2-2,5 g numune adi süzgeç kağıdına tartılıp, tartım sonucu kaydedilerek (B), ekstraksiyon kartuşuna yerleştirilir (Şekil 3.4) Ardından ekstraksiyon beherlerine yerleştirilen kartuşların üzerine 90 mL petrol eteri ilave edilmiştir. Ardından beherler içerisindeki kartuşlar alınarak etüvde tekrardan sabit tartıma getirilerek desikatörde soğutulmuştur. Son olarak soğutulan beherler tartılır (C). Son tartım değeri, ilk tartımdan çıkartılıp, numune miktarına bölünerek yağ miktarı hesaplanır (3.8).

$$\text{Yağ (\%)} = ((C-A)/B \times 100) \quad (3.8)$$



Şekil 3.4 : Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı.

Kül İçeriği

Kül içeriği tayini, altı adet kroze ile kül fırınında (Nüve, MF120, Ankara, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Krozeler 900°C’de iki saat boyunca kül fırınında bekletilerek ardından bir saat desikatörde soğutulup daraları alınmıştır (Mo). Krozelere 2-3 g arası tartım yapılmış (M₁) ve üzerlerine 3 mL %96’lık etil alkol ilave edilerek kül fırını içerisinde ön yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yakma işleminin ardından 900 °C’de dört saat kül fırınında bekletilmiştir. Desikatöre alındıktan sonra bir saat daha soğutulup tartılmıştır (M₂). Kül tayini için denklem 3.9 kullanılmıştır.

$$\% \text{ Kül (m/m)} = [(M_2 - M_0)/M_1] \times 100 \quad (3.9)$$

Karbonhidrat içeriği

Karbonhidrat miktarı farklılık metodu uygulanarak hesaplanmıştır. Farklılık metoduna göre, protein, yağ, nem ve kül miktarları toplanır ve toplam miktardan çıkarılır. Kalan miktar karbonhidrat oranını vermektedir [86]. Karbonhidrat tayini için denklem 3.10’da gösterilmiştir

$$\text{Toplam karbonhidrat miktarı} = 100 - (\text{Protein} + \text{Yağ} + \text{Kül} + \text{Nem}) \quad (3.10)$$

3.2.5.3 Hızlandırılmış raf ömrü analizleri

Hızlandırılmış raf ömrü çalışması ile bisküvilerde belirlenen kalite kriterlerinin ne kadar süre ile korunduğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bisküvi örnekleri 37°C ve %75 RH (bağıl nem) koşullarının stabilize edildiği klimatize test kabini (Nüve, Test Cabinet, TK120, Ankara, Türkiye) plastik separatörlere konularak, alüminyum folyo ile hava almayacak şekilde bir kat sarılıp Oriente Polipropilen (OPP) ambalaj ile

muhafaza edilmiştir. Hızlandırılmış takip 15'er günlük periyotlarla 45 gün süresince yapılmış ve her periyotta nem, su aktivitesi ve tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü çalışmasında her 15 günlük periyot 4 aylık raf ömrüne tekabül etmekte ve 45 günün sonunda bisküvilerin bir yıllık raf ömrü tamamlanmaktadır.

Nem içeriği

Bisküvi örneklerinde depolama boyunca yapılan nem tayini, bisküvi analizlerinde 3.2.5.2 “*Nem içeriği*” başlığı altında belirtilen metoda göre gerçekleştirilmiştir.

Su aktivitesi

Bisküvi örneklerinde depolama boyunca yapılan su aktivitesi tayini, bisküvi analizlerinde 3.2.5.1 “*Su aktivitesi*” başlığı altında belirtilen metoda göre gerçekleştirilmiştir.

Tekstür özellikleri

Bisküvi örneklerinde depolama boyunca yapılan tekstür analizi, bisküvi analizlerinde 3.2.5.1 “*Tekstür özellikleri*” başlığı altında belirtilen metoda göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.4 Duyusal özellikler

Üretilen glutensiz ve bitkisel protein ilaveli bisküvilerin duyusal özelliklerini belirleyerek tüketilebilirliklerini değerlendirmek amacıyla yaşları 25–45 arasında değişen 10 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından duyusal analiz yapılmıştır. Bisküvi örnekleri rastgele üç haneli kodlar ile isimlendirilerek; tekstür (sertlik ve gevreklik), tat, renk, tadım sonrası ağızda istenmeyen tat ve genel kabul edilebilirlik olmak üzere 6 farklı parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Dokuzlu hedonik test esasına göre gerçekleştirilen duyusal analiz için; 1:Berbat; 2:Çok Kötü; 3:Kötü; 4:Fena Değil/Yeterli Değil; 5:Orta; 6:Kabul Edilebilir; 7:İyi; 8:Çok iyi; 9:Mükemmel olarak değerlendirilerek 1 ve 9 arasında puan verilmiştir (EK-A). 5 puan ve üzeri ortalamaya sahip, örnekler beğenilmiş ve kabul edilebilir bir ürün olarak kabul değerlendirilmiştir.

3.2.5.5 İstatiksel Analiz

İstatistiksel analizler Minitab 2019 (Amerika) programı yardımıyla, %0.05 güven aralığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey testi ile yapılmıştır

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kullanılan Un Karışımlarının Fonksiyonel Özellikleri

4.1.1 Su ve yağ tutma kapasitesi

Su tutma kapasitesi, suyun sınırlı olduğu ortamda unun su ile bağlanma kabiliyetini ifade etmektedir. Hamur karışımının hazırlanması sırasında ne ölçüde su eklenebileceği su tutma kapasitesi ile belirlenebilmektedir [87].

Bisküvi yapımında kullanılan farklı un karışımlarının su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.1 'de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Kullanılan un karışımlarına ait su ve yağ tutma kapasite değerleri.*

Su tutma kapasitesi (g/g)	K1	1,46±0,24 ^B	1,46±0,24 ^B
	K2	2,11±0,24 ^{AB}	2,11±0,24 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,3	% 6,8
	BEP	2,19±0,26 ^{ABa}	3,07±0,49 ^{Aa}
	BAP	2,39±0,43 ^{Aa}	2,59±0,61 ^{Aa}
	PK	2,18±0,16 ^{ABa}	2,44±0,33 ^{ABa}
Yağ tutma kapasitesi (g/g)	K1	4,92±0,54 ^A	4,92±0,54 ^A
	K2	4,76±0,74 ^A	4,76±0,74 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,3	% 6,8
	BEP	4,39±0,46 ^{Aa}	4,98±0,10 ^{Aa}
	BAP	4,55±0,75 ^{Aa}	5,30±0,16 ^{Ab}
	PK	4,47±0,17 ^{Aa}	3,58±0,44 ^{Bb}

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır

K1: %100 Buğday unu, **K2:**%100 Glutensiz un karışımı **BEP:** Bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımı, **BAP:** Bakla protein ilaveli glutensiz un karışımı **PK:** Protein karışımı ilaveli glutensiz un karışımı

Baklagil unları genel olarak buğday ununa göre daha fazla protein ve diyet lifi içeriği içerirler ve bu bileşenler kompozit unların su tutma kapasitesini arttırır [88]. Aynı zamanda protein moleküllerinin bileşimi ve yapısal özellikleri de su tutma mekanizmasını etkilemektedir. Proteinler, gıda matrisinde hidrofilik ve hidrofobik yapıları sayesinde su ve yağ ile etkileşime girebilirler [89]. Proteinlerin amino,

karboksil, hidroksil, karbonil ve sülfidril gibi polar hidrofilik grupları ile su molekülleri arasında hidrojen bağları oluşur. Proteinlerin su tutma özellikleri bu polar hidrofilik grupların sayısı ve türüne bağlıdır [90]. Hammedelerin içerisindeki farklı protein yapıları ile birlikte lif miktarı, liflerin fiziksel ve kimyasal yapısı ve hidrofilik karbonhidratların varlığı da unların su tutma kapasitesini etkileyen faktörlerdendir [91, 92]. Çizelge 4.1’da görülebileceği gibi su tutma kapasitesi değerleri 1,46 – 3,07 g/g aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük su tutma kapasitesi değeri ($1,46 \pm 0,24$ g/g) K1 buğday ununun, en yüksek su tutma kapasitesi değerine ise ($3,07 \pm 0,49$ g/g), %6,8 konsantrasyonda bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımının sahip olduğu belirlenmiştir. Buğday unu (K1) ile karşılaştırıldığında, glutensiz un karışımı (K2) ve protein ilaveli diğer glutensiz un karışımlarının su tutma kapasitelerinde her ne kadar anlamlı olmasa da (BAP ve BEP 6,8 hariç) belirli bir artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu durumun sebebinin kullanılan glutensiz un karışımının içeriğinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çalışmada glutensiz un karışımının içeriğinde, her biri yaklaşık %30 oranlarında kullanılan, pirinç unu, patates nişastası ve topyoka nişastası bulunmaktadır. Glutensiz ürünlerde buğday unu yerine sıklıkla nişasta bazlı unlar kullanılmakta ve suda çözünmeyen bu nişasta granülleri, hamur yapımı sırasında suyu emerek şişmekte ve su tutma kapasitesini arttırmaktadır [93]. Aynı zamanda kullanılan glutensiz un karışımında yaklaşık %11 oranında ksantan gum bulunmaktadır (Çizelge 3.1) ve ksantan gum gibi hidrokolloid maddelerin yüksek su absorbe etme kabiliyeti olduğu bilinmektedir. Hidrokolloidlerin yapısında bulunan hidrojen bağı vasıtasıyla daha fazla suyun tutulmasını sağlayan hidroksil gruplarının varlığının da yine su absorpsiyon kapasitesinde artış sağladığı belirtilmektedir [94].

Unlara ilave edilen protein kaynaklarının su tutma kapasiteleri arasında ise önemli bir farklılık gözlemlenmezken her ne kadar anlamlı bir fark olmasa da protein ikame oranındaki artış ile unların su tutma kapasitesinde bir artış söz konusudur. Bu durum protein bileşenlerinin hidrofilik yapıları sayesinde yüksek su tutma özellikleri ile ilişkilendirilmiştir ($p > 0,05$).

Yapılan bir çalışmada patates (PN) ve mısır (MN) nişastaları ve bu nişastaların eşit oranlarda karıştırılması ile oluşturulan nişasta karışımı (PMN)'na %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda hidrokolloidlerin ilave edilmesi sonucu örneklerin su absorpsiyon kapasiteleri ölçülmüş ve su absorpsiyon kapasitesi değerleri 0,74-1,98 g/g arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük su absorpsiyon kapasitesi değerleri 0,74 g/g, 0,76

g/g ve 0,81 g/g ile sırasıyla patates nişastasına (PN), nişasta karışımı (PMN), ve mısır nişastasına ait iken en yüksek su absorpsiyon kapasitesi değerine ise (1,98 g/g), %3 konsantrasyonda hidrokolloid ilave edilen (HPMC ve ksantan gum) örneğin sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada nişasta karışımına hidrokolloidlerin tek başlarına ve artan düzeylerde (%1, %2 ve %3) ilave edilmeleri sonucunda, özellikle ksantan gum ilaveli örneklerde su absorpsiyon kapasitesi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum çalışmamızdaki glutensiz un karışımına ait (K2) su tutma kapasitesinin neden literatüre kıyasla daha yüksek olduğunu ($2,11 \pm 0,24$ g/g) açıklamaktadır. Çalışmamızda kullanılan glutensiz un karışımı içeriğinde yaklaşık %11 oranında ksantan gum bulunmakta (Çizelge 3.1) ve yüksek ksantan gum ilavesinin su tutma kapasitesini arttırdığı ön görülmektedir [13].

Benzer şekilde glutensiz kurabiyelerde un yerine farklı protein kaynaklarının (bezelye, patates, yumurta akı ve peynir altı suyu) etkisinin incelendiği bir çalışmada %15 ve %30 oranlarında bezelye proteini mısır ununa eklenmiş ve su tutma kapasitesinin protein ikame oranındaki artışa bağlı olarak 1,93'ten 2,12'ye yükseldiği tespit edilmiştir. Su tutma kapasitesi değerlerinin mevcut çalışmamız ile benzer olduğu görülmektedir. Çalışmamızda ki bezelye proteininin, formülasyonda daha düşük oranlarda kullanılmasına rağmen su tutma kapasite değerlerin daha yüksek olduğu (2,18 - 3,07) görülmektedir. Bu durumun hem kullanılan un kaynağının farklı olması hem de un karışımında bulunan %11 oranında ksantan gum içeriğinin de su tu tutma kapasitesini artırıcı etkisi kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan %15 ve %30 oranlarında patates, yumurta akı ve peynir altı suyu proteinlerinin eklenmesi ile su tutma kapasitesinin kontrole göre azaldığı belirlenmiş ve bunun sebebi olarak protein yapılarının ve yüzeye yakın hidrofilik grupların varlığının hidrasyon özelliklerindeki değişikliklere neden olabileceği gösterilmiş ve bezelye proteinlerinde su ile etkileşimi arttıran yüksek miktarda polar amino asitlerin varlığına işaret edilmiştir [95].

Glutensiz ürünlerin üretiminde kullanılan esmer pirinç unu, kuru fasulye unu, mısır unu, “teff” unu ve karabuğdayunun fonksiyonel özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada unların su tutma kapasite değerleri 1,29-1,63 g/mL aralığında değişmekte ve en düşük su tutma kapasitesi değeri kuru fasulye ununda, en yüksek değer ise esmer pirinç ununda kaydedilmiştir. En yüksek karbonhidrat içeriğine sahip esmer pirinç ununun en yüksek su bağlama kapasitesi değerine sahip olduğu tespit edilmiş ve bu durum

yüksek polisakkaritler içeren hidrofilik grupların unlarda yüksek su tutma kapasitesine olanak sağlaması ile ilişkilendirilmiştir [96]. Su tutma kapasite değerleri çalışmamız ile karşılaştırıldığında daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun, kullandığımız glutensiz un karışımının içerisinde pirinç unu dışında, yine su tutma kapasitesini arttırdığı bilinen patates ve topyaka gibi nişasta içeriği ile yaklaşık %11 oranında bulunan hidrokoloidlerin (ksantan gum) varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yağ bağlama kapasitesi ise proteinlerin yan zincirlerinde bulunan ve polar yapıda olmayan amino asitler tarafından yağın bağlanması olarak tanımlanmaktadır. Unlu mamüllerde protein yapıların yağ bağlama kapasitesi, tekstürün gelişiminde ve verim kayıplarının azaltılmasında etkilidir [35]. Yüksek su ve yağ tutma kapasitesi unlarda jel oluşturma, emülsifikasyon ve köpük oluşturma kapasitelerini arttırarak, unların fırıncılık ürünleri, çorbalar, süt ürünleri, glutensiz gıdalar gibi farklı formülasyonlarda kullanılmasını mümkün kılmaktadır [97].

Çizelge 4.1’de verilen unlara ait yağ tutma kapasite değerleri 3,58 – 5,30 g/g arasında değişkenlik göstermektedir. Kullanılan unların yağ tutma kapasiteleri arasında önemli bir fark gözlemlenmezken ($p>0,05$), en düşük yağ tutma kapasitesi değeri (3,58 g/g) %6,8 konsantrasyonda PK örneğinin sahip olduğu, en yüksek yağ tutma kapasitesi değerine ise (5,30 g/g), %6,8 konsantrasyonda bakla protein ilaveli glutensiz un karışımının sahip olduğu belirlenmiştir. Protein artışına bağlı olarak BEP örneğinde önemli bir değişiklik gözlemlenmezken ve BAP örneğinde yağ tutma kapasitesinde önemli derecede artma, PK örneğinde ise önemli derecede azalma görülmektedir. Protein çeşitleri arasında önemli bir fark gözlemlenmese de, unların protein oranındaki artışa bağlı olarak yağ tutma kapasitelerinde birbirinden farklı davranış gösterdikleri belirlenmiştir. Bu durumun, proteinlerin farklı kaynaklarından elde edilmiş olmalarına bağlı olarak, molekül yapılarındaki farklılıktan kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Muhtemel olarak, BAP proteininin diğer protein çeşitlerine kıyasla daha yüksek miktarda polar olmayan yan zincirleri içerdiği düşünülmektedir. K2 glutensiz un karışımı ile sonuçlar karşılaştırıldığında, %4,3 protein oranında BEP, BAP ve PK örneklerinin yağ tutma kapasitesinin azaldığı görülmekte ve sonuçlar bu teoriyi desteklemektedir.

Yapılan bir çalışmada patates ve mısır nişastalarının eşit oranlarda karıştırılması ile oluşturulan nişasta karışımına %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarda hidrokoloidlerin ilave edilmiş ve örneklerin yağ absorpsiyon kapasitesileri ölçülmüştür. Yağ

absorpsiyon kapasitesi değerleri 0,64 g/g-0,70 g/g arasında değişmekte olup, çalışmamızdaki sonuçlardan daha düşük değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Mevcut alışmamızda kullanılan glutensiz un karışımında %11 oranında hidrokolloid madde (ksantan gum) içermesi ve yapılan çalışmada da gözlemlendiği gibi hidrokolloid konsantrasyondaki artışın, yağ absorpsiyon kapasitesini arttırdığı şeklinde yorumlanmıştır. Bu durum çalışmamızda neden yağ tutma kapasitesi değerlerinin yüksek olduğunu açıklamaktadır. Ayrıca, yapıda bulunan yağların hidrokarbon yan zincirlerini bağlayabilen polar olmayan yan zincirlerdeki çeşitliliğin, unların yağ absorpsiyon kapasitesinde farklılık oluşturabileceği belirtilmektedir [13].

Bezelye, nohut ve mercimek unlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada 25°C, 50°C ve 75°C derecelerde yağ tutma kapasiteleri tespit edilmiştir. Çalışmamız ile benzer koşullardaki (25°C’de) yağ tutma kapasitesi değerleri incelendiğinde, nohut ununun yağ tutma kapasitesi açısından (%74,8) en yüksek değere sahip ve bezelye unu ile benzer olduğu ancak mercimek unundan yüksek kapasiteye sahip oldukları tespit edilmiştir. Nohut ununun yüksek yağ tutma kapasitesi ise mercimek ununa kıyasla daha fazla polar olmayan yan zincirlere ve hidrofobik amino asitlere sahip olması ile açıklanmıştır [97]. Çalışmamız ile benzer olarak nohut ve bezelye unlarının yağ tutma kapasiteleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Glutensiz rnlerin üretiminde kullanılan esmer pirinç unu, kuru fasulye unu, mısır unu, “teff” unu ve karabuğday ununun tekno-fonksiyonel özelliklerinin değerlendirildiği bir çalışmada, glutensiz unların yağ bağlama kapasitelerinin 1,64 g/mL ile 1,69 g/mL arasında değiştiği gözlenmiş ve en yüksek yağ bağlama kapasitesi değeri karabuğday ununda iken, en düşük değer ise esmer pirinç ununda olduğu rapor edilmiştir. Karabuğday unundaki yüksek yağ bağlama kapasitesinin, yapısında hidrofobisitesi daha fazla (daha fazla polar olmayan yan zincirleri) olan proteinlere sahip olabileceği ve bu sebeple lipitlere daha iyi bağlanabildiği düşünülmektedir. Çalışmamızdaki sonuçlar da bu teoriyi desteklemekte ve genel olarak protein ikame oranındaki artış ile yağ tutma kapasitesi değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Çalışmamızdaki yağ tutma kapasite değerlerinin bu çalışmadaki sonuçlar ile farklılığının sebebinin ise kulllanılan farklı un karışımı ve farklı protein kaynaklarının sebep olabileceği şeklinde yorumlanmıştır [96].

4.1.2 Emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi

Emülsiyon, iki fazlı sistemler olup, karışmayan iki sıvının, ikinci sıvının matrisi içerisinde 0,1 ve 100 µm gibi çok küçük damlacıklar halinde çözülmesi veya karıştırılmasıyla hazırlanır [80]. Emülsiyon aktivitesi, unda emülsifiye edilebilen yağ miktarını ölçerken, emülsiyon stabilitesi, onun belirli bir zaman diliminde emülsiyonun yapısındaki değişikliklere direnç gösterme yeteneğini ifade eder [35]. Çizelge 4.2’de, bisküvi yapımında kullanılan farklı un karışımlarının emülsiyon aktivitesi ve emülsiyon stabilitesi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Kullanılan un karışımlarının emülsiyon aktivite ve stabilite değerleri.*

Emülsiyon Aktivitesi (%)	K1	52,07±1,27 ^A	52,07±1,27 ^B
	K2	53,37±2,24 ^A	53,37±2,24 ^B
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,3	% 6,8
	BEP	51,80±2,19 ^{Aa}	67,79±5,36 ^{Ab}
Emülsiyon Stabilitesi (%)	BAP	50,47±2,78 ^{Aa}	51,41±1,51 ^{Ba}
	PK	51,99±0,93 ^{Aa}	54,13±1,33 ^{Ba}
	K1	100,00 ± 0,00 ^A	100,00 ± 0,00 ^A
	K2	97,08 ± 2,84 ^A	97,08 ± 2,84 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
Emülsiyon Aktivitesi (%)	Örnek	% 4,3	% 6,8
	BEP	98,50 ± 1,37 ^{Aa}	99,37 ± 1,09 ^{Aa}
	BAP	99,00 ± 1,13 ^{Aa}	99,73 ± 0,47 ^{Aa}
	PK	98,73 ± 1,60 ^{Aa}	99,29 ± 0,34 ^{Aa}

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır

K1: %100 Buğday unu, **K2:**%100 Glutensiz un karışımı **BEP:** Bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımı, **BAP:** Bakla protein ilaveli glutensiz un karışımı **PK:** Protein karışımı ilaveli glutensiz un karışımı

Temelde, proteinler sulu ortamda dağılmış yağ damlacıklarının etrafında bir film oluşturarak emülsifiye edici olarak hareket eder ve yapısal değişiklikleri önlerler. Genel olarak, baklagil unları ve proteinleri iyi bir emülsiyon kapasitesine sahiptir. Bu durumun, amfifilik özellik gösteren çözünür proteinlerin yağ-su arayüzeyinde bir film oluşturma eğiliminde olması ile ilgili olduğu düşünülmektedir [35]. Ayrıca nişasta ve lif gibi karbonhidratlar, yağ damlacıkları arasında bariyer görevi görerek, yağ damlacıklarının birleşmesini önleyerek veya birleşme hızını yavaşlatarak emülsiyon stabilitesini artırabilir [98].

Çizelge 4.2’de verilen emülsiyon aktivitesi değerleri % 50,47–67,79 arasında değişkenlik göstermektedir. En düşük emülsiyon aktivitesi değeri % 50,47 ile BAP 4,3

bakla protein ilaveli glutensiz unun, en yüksek emülsiyon aktivitesi değeri ise % 67,79 ile BEP 6,8 bezelye protein ilaveli glutensiz un karışımının sahip olduğu belirlenmiştir. % 4,3 konsantrasyonda protein ilaveli glutensiz unların emülsiyon aktivitesi ile K1 ve K2 kontrol grupları arasında önemli bir fark bulunmazken, %6,8 konsantrasyonda ise protein ilaveli glutensiz unlardan BEP örneği diğer proteinli unlar ve kontrolden önemli derecede farklı olduğu ve daha yüksek emülsiyon aktivitesine sahip olduğu belirlenmiştir. BAP ve PK grubu unlar arasında ise önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p<0,05$). BEP proteini hariç, protein ikame oranındaki artış ile unların emülsiyon aktivitesinde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak protein oranı artışı ile emülsiyon aktivitesinin artma eğiliminde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2).

Unların emülsiyon stabilitesi değerleri ise %97,08-100,00 aralığında değişmektedir. K1 ve K2 kontrol grupları ile protein ilaveli un grupları arasında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunmazken, protein ikame oranındaki artış ile de emülsiyon stabilitesinde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Glutensiz unlarda kullanılan tüm protein çeşitleri hem birbiri hem de buğday unu ile benzer stabilite değerlerine sahiptir ($p>0,05$).

Emülsiyonlara uygulanan 80°C’de 30 dakika ısıtılma işleminin, emülsiyon yapısının bozulmasına etkisinin az olduğu gözlemlenmiştir, protein ilaveli glutensiz un karışımlarının emülsiyon stabiliteleri yüksektir. Protein ilaveli unların, yüksek emülsiyon stabilitesi, uygulanan ısıtılma işlemi sırasında (80°C’de 30 dakika) bazı proteinlerin parçalanması ve daha fazla hidrofobik grup içeren bileşiklerin ortaya çıkarak yağ fazı ile daha kuvvetli etkileşime girdikleri şeklinde yorumlanabilir [99].

Bezelye, nohut ve mercimek unlarının fonksiyonel özelliklerinin incelendiği başka bir çalışmada, bezelye unu en yüksek emülsiyon aktivitesine (54,65 m²/g) sahipken, nohut ve mercimek unlarının emülsiyon aktivite değerleri sırasıyla 47,38 m²/g ve 38,81 m²/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek emülsiyon aktivitesine sahip olan bezelye unu sonuçlarının çalışmamızdaki sonuçlar ile de benzer olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, bezelye, nohut ve mercimek protein konsantrasyonlarının emülsiyon aktivite değerleri 4,6 and 5,7 m²/g aralığında tespit edilmiş, mevcut çalışma ile karşılaştırıldığında, mevcut çalışmanın yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada bu durumun sebebi olarak, unlarda su ve yağ emülsiyonlarının arayüzünde güçlü bir biyopolimer filmin oluşumuna yol açan protein-polisakkarit (lif) etkileşiminden

kaynaklanabileceği belirtilmiştir [97]. Unların bileşiminde yer alan nişasta ve lif gibi karbonhidratların bariyer görevi görerek yağ damlalarının birleşmelerini önleyerek veya hızını yavaşlatarak emülsiyon stabitelerini artırıcı özellik göstermektedir [98].

Farklı baklagil unlarının fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise fasulye (pinto, lima, kırmızı barbunya, siyah fasulye, navy, mung), mercimek ve nohut unları emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi analiz edilmiştir. Mercimek ve nohut ununun emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi sırasıyla %65,75-%91,99 ve %61,14-%94,19 olarak bulunmuştur. Baklagil unlarının içerdikleri protein/nişasta oranlarına bağlı olarak fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri bakımından önemli farklılıklar gösterdikleri ifade edilmiştir. Çalışmamızdaki sonuçlara kıyasla yüksek un emülsiyon aktivitesinin sebebi kullanılan baklagil kaynağının çeşidi ile protein yapısı ve miktarı ile ilgili olduğu düşünülmektedir [100].

Bezelye protein izolatının fonksiyonel ve fizikokimyasal etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada, bezelye proteininin düşük emülsiyon kapasitesine (%3,2) ve yüksek emülsiyon stabilitesine (%98,9) sahip olduğu rapor edilmiştir. Düşük emülsifiye edici aktivitenin sebebi olarak ise proteinin elektrolit noktasına ulaşarak, çökmesi ve bu durumun emülsiyon aktivitesinin azalmasına neden olması gösterilmiştir. Emülsiyonun stabilitesinin ise, yağ damlacıklarının etrafında çözünmüş proteinler aracılığıyla yüklü bir tabakanın oluşarak, damlacıkların birbirlerini itmesine yol açmasına bağlı olduğu ve yağ damlasının yüzeyindeki bu stabil elektrostatik kuvvet sayesinde emülsiyon aktivitesine ve stabilitesine sahip etkili bir yüzey oluşturduğu şeklinde ifade edilmiştir [101].

Barbunya fasülyesinden (*Phaseolus coccineus* L.) izoelektrik çöktürme yöntemi kullanılarak izole edilen proteinlerin bazı fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise, dondurarak kurutulan protein izolatlarının emülsiyon aktivite değeri %50,957, emülsion stabilitesi ise %100 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamız ile benzerlik göstermektedir [80].

4.2 Bisküvi Analizleri

4.2.1 Fiziksel özellikler

4.2.1.1 Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Bisküvilerde çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri, bisküvilerin kalite kriterleri yönünden önemli parametrelerdendir. Kalite kriterlerine göre, bisküvilerin genel olarak geniş çap, düşük kalınlık değeri ve yüksek yayılma oranına sahip olması beklenmektedir [102]. Üretilen bisküvi örneklerinin çap, kalınlık ve yayılma oranı (çap/kalınlık) ölçüm sonuçları Çizelge 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3 : Bisküvilerin çap, kalınlık ve yayılma oranları.*

Kalınlık (mm)	K1	3,88 ± 0,15 ^D	3,88 ± 0,15 ^{CD}
	K2	4,06 ± 0,12 ^{CD}	4,06 ± 0,12 ^C
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
	BEP	4,17 ± 0,07 ^{BCa}	3,75 ± 0,07 ^{Db}
	BAP	4,27 ± 0,06 ^{ABa}	4,51 ± 0,09 ^{Ab}
	PK	4,45 ± 0,20 ^{Aa}	4,26 ± 0,15 ^{Ba}
	K1	55,61 ± 0,21 ^A	55,61 ± 0,21 ^{AB}
	K2	55,70 ± 1,06 ^A	55,70 ± 1,06 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
Çap (mm)	BEP	55,07 ± 0,43 ^{Aa}	52,37 ± 0,56 ^{Cb}
	BAP	55,44 ± 0,71 ^{Aa}	56,00 ± 0,97 ^{Aa}
	PK	56,00 ± 0,31 ^{Aa}	54,69 ± 0,78 ^{Bb}
	K1	14,34 ± 0,56 ^A	14,34 ± 0,56 ^A
	K2	13,73 ± 0,43 ^{AB}	13,73 ± 0,43 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
Yayılma oranı	BEP	13,20 ± 0,20 ^{BCa}	13,97 ± 0,32 ^{Ab}
	BAP	13,00 ± 0,32 ^{Ca}	12,42 ± 0,38 ^{Bb}
	PK	12,61 ± 0,52 ^{Ca}	12,86 ± 0,38 ^{Ba}

*Sonuçlar sekiz ölçümün ortalaması ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:**%100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP :** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

En yüksek kalınlık değeri BAP grubu %6,8 bakla protein ilaveli bisküvilerde ($4,51\pm0,09$ mm) görülürken, en düşük kalınlık değeri BEP grubu %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvilerde ($3,75\pm0,07$ mm) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Bezelye ve protein karışımı ilaveli glutensiz bisküvi formülasyonlarında artan protein oranı ile birlikte bisküvilerin kalınlığında azalma meydana gelirken, bakla protein ilavesiyle bisküvilerin kalınlığında artış gözlemlenmiştir. Buğday unu ile hazırlanmış kontrol (K1) grubu ile protein ilaveli formülasyonlar arasından yalnızca %6,8 bezelye protein ilaveli BEP grubu ve glutensiz un karışımı ile hazırlanan K2 kontrol grubu bisküviler benzerlik göstermektedir. Protein ilaveli diğer tüm formülasyonların kalınlık değerleri K1 kontrol grubundan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

En düşük çap değeri BEP grubu %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvilerde ($52,37\pm0,56$) tespit edilirken, en yüksek çap değerleri sırasıyla $56,00\pm0,97$ ve $56,00\pm0,31$ ile %6,8 bakla protein ilaveli BAP grubu ve %4,3 protein karışımı ilaveli PK bisküvi grubunda görülmüştür. Bezelye proteini ve protein karışımı içeren bisküvilerde artan protein miktarı ile birlikte bisküvilerin çapında önemli ölçüde azalma meydana gelirken ($p<0,05$); bakla proteini içeren bisküvilerin protein oranındaki artış ile birlikte çapında bir artış gözlemlenmiştir. Ancak bu artışın istatistiki olarak önemli olmadığı görülmektedir ($p>0,05$). %4,3 protein ilaveli tüm bisküvi gruplarının çap değerleri hem K1 hem de K2 kontrol grupları ile benzerlik göstermektedir ($p>0,05$). Ancak, %6,8 protein ilaveli BAP ve PK bisküvi grupları K1 ve K2 kontrol grupları ile benzerlik gösterirken, %6,8 bezelye protein ilaveli BEP grubu bisküviler kontrol gruplarından farklıdır ($p<0,05$).

Bezelye proteini ve protein karışımı içeren bisküvilerde artan protein miktarı ile birlikte bisküvilerin yayılma oranı arttığı görülmektedir ancak PK grubu bisküvilerde ki bu artış istatistiki açıdan önemli değildir. Bakla proteini içeren bisküvilerde ise protein oranındaki artış ile yayılma oranında önemli derecede bir azalma gözlemlenmiştir ($p<0,05$). En fazla yayılma oranına sahip buğday unu ilaveli kontrol bisküvisi ($14,34\pm0,56$) ile, K2 kontrol grubu ve %6,8 BEP bisküvi grupları ile arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilirken; en düşük yayılma oranına sahip %6,8 BAP grubu ($12,42\pm0,38$) ile %6,8 PK ($12,86\pm0,38$) grubu bisküviler benzerlik göstermiştir. Bu veriler değerlendirildiğinde, buğday unu (gluten proteini) ile karşılaştırıldığında glutensiz un karışımına eklenen bitkisel protein kaynaklarının bisküvinin yayılma oranını etkilediği sonucu çıkarılabilir.

Yapılan bir çalışmada tel kesme yöntemi kullanılarak üretilen bisküvilerin, 62,9-66 mm aralığında genişliğe ve 8,4 mm'den daha küçük kalınlığa sahip olması durumunda yurt içi ve yurtdışı tüketiciler tarafından kabul gördüğünü, yumuşak buğday ununda istenen fiziksel kalite kriterlerin bu aralıklarda olması gerektiğini bildirmişlerdir [103]. Mevcut çalışmada üretilen tüm bisküvilerin, çap değeri açısından bu kriterler sağlanmazken, kalınlık değeri açısından ise sağladığı görülmektedir.

Badem ve pirinç unu kullanılarak yapılan başka bir çalışmada da, bisküvi üretiminde badem unu oranı arttıkça, bisküvi çapında azalma, bisküvi kalınlığında artma ve bu sonuçlara paralel olarak yayılma oranının istatistiksel olarak önemli düzeyde azalma gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda, badem ununun, pirinç ununa kıyasla, su tutma kapasitesine sahip yüksek diyet lifi ve protein içeriğinin bisküvinin yayılma oranını etkilediği sonucu çıkarılmıştır [11]. Bu sonuçlar, çalışmamızda özellikle yüksek protein ilaveli (%6,8) bisküvi grupları ile benzerlik göstermekte ve bu durumun lif ve protein gibi yüksek su tutma kapasitesine sahip bileşenlerin formülasyonlarda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Benzer bir şekilde, yapılan başka bir çalışmada, %70 pirinç unu ve %30 mısır nişastası karışımına farklı seviyelerde hurma unu ile ikame edilerek gluensiz bisküvi üretimi amaçlanan çalışmada; bisküvilere ait yayılma oranı değerleri 4,68-6,56 aralığında tespit edilmiş, eklenen hurma unu miktarı ile yayılma oranında azalma olduğu rapor edilmiştir. Elde edilen bu sonuç reçeteye eklenen fonksiyonel bileşenlerin yoğurma işlemi sırasında, yapıdaki serbest suyu absorbe etmesi ve hamur viskozitesini arttırması sebebiyle üretilen bisküvilerin daha düşük yayılma oranına sahip olduğu saptanmıştır [104].

Bisküvi hamurunun yayılma kriteri üzerinde önemli bir etkiye sahip olan faktörler arasında, yapıda yer alan sınırlı miktardaki serbest su bulunmaktadır [105]. Su tutma kapasitesine sahip olan un veya diğer hamur bileşenleri, bisküvi hamurunun karıştırma işlemi sırasında suyu yapılarına bağlamak için rekabet halindedirler [106]. Yapılan bir çalışmada da yayılma oranının bisküvi içeriğindeki bileşenler arasındaki rekabetten kaynaklandığını ve özellikle un veya diğer bileşenlerin yoğrulma sırasında suyu absorbe ederek yayılma oranının azalmasına sebep olduğu rapor edilmiştir [107].

Bisküvi hamuruna eklenen hidrofilik yapıdaki katkı maddeleri de yayılma oranını etkileyen faktörler arasındadır. Bisküvi hamurundaki serbest su için diğer bileşenler

ile bir yarış halinde olan bu hidrofilik katkıların miktarı arttıkça, yayılma oranının azaldığı gözlemlenmiştir [108]. Protein içeriği ve miktarı, nişasta harici polisakkaritlerin yapıdaki varlığı, polar veya polar olmayan un lipidlerinin türü de yayılma oranını etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır [105]. Özellikle yüksek protein içeriğine sahip unlar, hamurun içinde daha fazla su tutma eğilimindedir, bu da serbest suyun sistemde kısıtlanmasına neden olur ve sonucunda bisküvi hamurunun yüksek viskoziteye sahip olmasına yol açar. Yüksek viskozite, bisküvinin yayılma oranını azaltır [109]. Buğday proteini dışındaki proteinler, gluten proteini ile kıyaslandığında, glutenin daha az su tutma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir [110].

Çalışma sonuçlarımız, bu bulgularla uyumlu bulunmuştur. Çalışmamızda kullanılan bitkisel kaynaklı protein ilaveli glutensiz un karışımlarının su tutma kapasitelerinin buğday ununda bulunan gluten proteinin su tutma kapasitesinden daha yüksek olması, protein ilaveli bisküvilerde absorblanmadan kalan serbest su miktarını azalttığı ve bunun da şeker bileşeninin çözünmesinde yetersiz kalması sebebiyle yüksek viskoziteye sebep olduğu düşünülmektedir. Tüm bu sonuçlar, çalışmadaki bitkisel protein kaynakları eklenmiş formülasyonlarda yayılma oranının buğday ununa kıyasla neden azaldığını açıklamaktadır.

4.2.1.2 Ağırlık ve pişme kaybı

Piştirim prosesi, hem ısı hem de kütle transferini içeren bir süreçtir. Isı bisküvi içinden aktarılırken yüzeydeki nemin buharlaşmasına ve numunelerde ağırlık kaybına neden olur. Pişme kaybı, endüstride bisküvi ağırlığının standart hale getirilmesi açısından önemli bir kriterdir [111]. Üretilen bisküvilerin pişme kaybı değerleri Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Bisküvi örneklerinin piştirim öncesi ortalama ağırlıkları 5,99 – 6,52 g, piştirim sonrası ağırlıkları 4,84–5,38 g arasında değişirken; ortalama pişme kaybı %17,47–19,28 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük pişme kaybı değerine buğday unundan üretilen kontrol bisküvilerinin sahip olduğu, en yüksek pişme kaybına ise %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvi örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır. Analiz sonuçlarına göre; bezelye, bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvi örnekleri arasında pişme kaybı değerleri açısından önemli farklılık bulunmamaktadır. Benzer şekilde, protein konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak pişme kaybı değerleri arasında önemli

bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Ancak buğday unundan elde edilen kontrol bisküvilerinin, PK 4,3 ve BAP 6,8 bisküvi örnekleri hariç diğer bisküvi örneklerinden istatistiki olarak farklı olduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 4.4 : Bisküvi örneklerine ait pişme kaybı değerleri (%).*

Örnek	Pişme Kaybı (%)	
K1	17,47±1,49 ^B	17,47±1,49 ^B
K2	19,02±1,11 ^A	19,02±1,11 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı	
	% 4,30	% 6,80
BEP	19,21±1,29 ^{Aa}	19,28±0,65 ^{Aa}
BAP	19,20±0,45 ^{Aa}	18,76±0,60 ^{ABa}
PK	18,42±0,91 ^{ABa}	19,19±0,87 ^{Aa}

*Sonuçlar sekiz ölçümün ortalaması ± standart sapma şeklinde rapor edilmiştir. Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ($p<0,05$). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Buğday unundan üretilen kontrol bisküvi örneklerine kıyasla diğer numunelerdeki yüksek pişme kaybı oranının sebebi olarak, formülasyon reçetelerinde kullanılan su miktarındaki farklılık gösterilebilir. Çünkü buğday ununun su tutma kapasitesi sonuçları, kullanılan diğer un karışımlarına kıyasla daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.1). Yüksek su tutma kapasitesine sahip protein ilaveli grupların pişme kaybını azaltması beklenirken, kontrole göre önemli oranda pişme kaybını arttırdığı görülmüştür. Bu durum, protein ilaveli formülasyonlarda kullanılan su miktarının (30-33 ml), buğday unu ile hazırlanan kontrol reçetesine göre (23 ml) yüksek oranda kullanımı ile ilgili olduğu ve pişme sırasında reçetede su oranına bağlı olarak su kaybının daha yüksek olduğu düşünülmektedir.

Kohli ve arkadaşları tarafından, farklı oranlarda pirinç, soya ve mısır unları kullanarak üretilen glutensiz bisküvilere ait pişme kaybı değerlerinin %13,83-19,41 arasında olduğu saptanmıştır. En düşük su kaybı oranının %25 pirinç, %25 mısır ve %50 soya unu içeren formülasyonda olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sebebi ise soya ununun, diğer un çeşitlerine kıyasla en yüksek su tutma kapasitesine sahip olması ile ilişkilendirilmiştir [112].

Bir başka çalışmada ise, üç farklı hidrokoloid (guar gam, hidroksipropil metil selüloz (HPMC) ve ksantan gam), %1, 2 ve 3 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda tek

başına, ikili ve üçlü kombinasyonlar halinde kullanılarak glutensiz bisküvi üretilmiştir. Üretilen bisküvi örneklerine ait pişme kaybı değerleri %11,93-17,21 aralığında değişmekte ve eklenen hidrokoloid konsantrasyonun artmasıyla bisküvi örneklerinin nem içeriklerinin artarken, pişme kayıplarının azaldığı görülmüştür. En düşük pişme kaybının ksantan gam ile üretilen bisküvi örneklerinde olduğu tespit edilirken, tüm hidrokoloid çeşitlerinde konsantrasyon artışına bağlı olarak pişme kaybında azalma olduğu belirlenmiştir. Bu durum, ksantan gamın su tutma kapasitesinin kullanılan diğer hidrokoloidlere kıyasla daha yüksek olması ve hidrokoloidlerin konsantrasyon artışı ile su tutma kapasitelerinin artmasıyla birlikte pişme kaybını azalttığı şeklinde yorumlanmıştır [13].

Farklı çeşit ve oranlarda pirinç ve fasulye unlarının kullanıldığı başka bir çalışmada ise üretilen glutensiz bisküvilerin ortalama pişme kaybı değerleri %34–42,6 olarak hesaplanmıştır. Oldukça yüksek pişme kaybı oranlarının sebebinin hem bu çalışma hem de literatürden farklı olmasının sebebi olarak kullanılan formülasyon ve metodolojiler öne sürülmüştür. Çalışmada üretilen bisküvinin kalınlık değerinin düşük (2 mm), yüzey alanının geniş (6.2 mm²) fiziksel özelliklere sahip olması ile birlikte numunelerde yüksek buharlaşmaya olanak sağladığı ve yüksek (210 °C) ve uzun süreli pişirme işleminin (15-21 dakika) bu durumun sebepleri arasında gösterilmiştir [113].

Utku ve arkadaşları tarafından farklı oranlarda mercimek proteini izolatu kullanılarak üretilen bitkisel kaynaklı kek çalışmasında, mercimek proteini izolatu içeren numunelerin kek veriminin buğday unu ile hazırlanan kontrole göre düşük olduğu ve pişme kaybının kontrolden yüksek olduğu görülmüştür. Numuneler arasında artan protein izolatu oranına bağlı bir farklılık gözlenmez iken, kek verimi hamurdan uzaklaşan su ile birlikte doğrusal olarak azaldığından, mercimek protein izolatu içeren numunelerde gözlenen düşük verimin, mercimek proteini izolatinın su tutma kapasitesinin yumurta proteinlerinden düşük olmasına dayandırılmıştır [114].

4.2.1.3 Renk özellikleri

Özellikle fırıncılık ürünlerinde renk, ürünün tüketiciler tarafından kabul edilebilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Bisküvi üretimi sırasında renk oluşumunu etkileyen iki önemli etmen; karamelizasyon ve maillard reaksiyonlarının oluşumudur [115]. Glutensiz bisküvilerin renk değerleri Çizelge 4.5'de görülmektedir.

Çizelge 4.5 : Üretilen Bisküvilere İlişkin L*, a*, b*, ΔE* renk değerleri.*

L*	K1	69,20 ± 1,68 ^D	69,20 ± 1,68 ^D
	K2	80,68 ± 0,89 ^A	80,68 ± 0,89 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
	BEP	74,43 ± 0,91 ^{Ca}	70,88 ± 2,06 ^{CDb}
	BAP	76,28 ± 1,21 ^{Ba}	73,47 ± 1,93 ^{Bb}
a*	PK	74,64 ± 1,49 ^{Ca}	72,45 ± 1,59 ^{BCb}
	K1	4,56 ± 0,86 ^A	4,56 ± 0,86 ^{BC}
	K2	0,24 ± 0,81 ^C	0,24 ± 0,81 ^D
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
	BEP	4,82 ± 0,66 ^{Aa}	6,51 ± 1,55 ^{Ab}
b*	BAP	3,05 ± 0,78 ^{Ba}	3,23 ± 1,44 ^{Ca}
	PK	4,12 ± 1,30 ^{ABa}	5,01 ± 1,26 ^{ABa}
	K1	33,45 ± 0,52 ^A	33,45 ± 0,52 ^{AB}
	K2	32,65 ± 2,04 ^{AB}	32,65 ± 2,04 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
ΔE*	BEP	31,56 ± 0,79 ^{Ba}	34,03 ± 1,09 ^{Ab}
	BAP	32,39 ± 0,81 ^{ABa}	31,88 ± 1,66 ^{Ba}
	PK	32,32 ± 1,38 ^{ABa}	32,68 ± 1,36 ^{ABa}
	K2	12,29	12,29
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	4,30%	6,80%
ΔE*	BEP	7,83	2,64
	BAP	7,31	4,73
	PK	7,19	2,28

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

ΔE*: Glutensiz bisküvi gruplarının, K1 kontrol grubu ile aralarındaki renk farklılık sonuçlarını göstermektedir.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2**: %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP**: Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK**: Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK**: Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Analiz sonuçlarına göre, bisküvi örneklerinin L* değerleri 69,20 – 80,68 arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek parlaklık değeri glutensiz K2 kontrol grubunda görülürken, en düşük parlaklık değeri ise K1 buğday unlu kontrol grubuna aittir. Protein ilaveli bisküvilerde, protein oranının arttıkça L* değerinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Her iki protein seviyesinde, bezelye proteini ve protein karışımı ile hazırlanan bisküvilerin parlaklık açısından birbiri ile benzer olduğu tespit edilirken, K1 kontrol grubu ile yalnızca %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvilerin benzerlik

gösterdiği belirlenmiştir. K2 kontrol grubunun ise tüm bisküvi formülasyonlarından istatistiksel açıdan farklı olduğu görülmektedir ($p<0,05$).

Glutensiz un karışımı ile üretilen bisküvilere iki farklı oranda protein eklenmesi ile a^* (kırmızılık) değerinin glutensiz K2 kontrolüne kıyasla önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Buğday unu kullanılan K1 kontrol bisküvilerinin ise %6,8 BEP ve %4,3 BAP protein ilaveli bisküvi grupları ve K2 kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). %6,8 bezelye proteini içeren BEP örneği, en yüksek a^* değerine ($6,51\pm1,55$) sahipken, K2 kontrol örneğinin en düşük a^* değerine ($0,24\pm0,81$) sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bezelye protein ilaveli bisküvi grubunda protein seviyesinin artması ile b^* (sarılık) değerinin önemli seviyede arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ancak bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvilerde protein seviyesindeki artışa bağlı b^* değerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. %6,8 bezelye proteini içeren BEP grubu bisküviler, en yüksek b^* değerine ($34,03\pm1,09$) sahipken, %4,3 BEP grubu bisküviler en düşük b^* değerine ($31,56\pm0,79$) sahiptir. Glutensiz K2 kontrol örneği ile karşılaştırıldığında protein ilaveli bisküvi gruplarının b^* değerleri arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. K1 kontrol grubu ise b^* değeri açısından %4,3 BEP bisküvi grubu hariç diğer bisküvi grupları ile benzerlik göstermektedir.

Renk farklılıkları sonuçları (ΔE^*) Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. Glutensiz bisküvi gruplarının, K1 kontrol grubu ile aralarındaki renk farklılıkları 2,28 – 12,29 aralığında hesaplanmıştır. En yüksek renk farklılığı, protein ilave edilmeyen glutensiz kontrol bisküvisine (K2) ait olup, 12,29 olarak hesaplanmıştır. K1 grubuna kıyasla çok düşük protein içeriğine (%3) sahip olan K2 kontrol bisküvileri için bu beklenen bir durumdur. Buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubu ile %4,3 protein ilaveli glutensiz bisküviler arasındaki renk farklılıkları 7,19 – 7,83 aralığında hesaplanırken, K1 ile %6,8 protein ilaveli glutensiz bisküviler arasındaki renk farklılıkları 2,28 – 4,73 aralığında hesaplanmıştır. İnsan gözünün algılayabilmesi için renk farklılık değerinin 3'ten büyük olması gerekmektedir [84]. BEP 6,8 ve PK 6,8 örnekleri ile K1 kontrol grubu arasındaki renk farklılıkları 3'ün altında ve tüketiciler tarafından algılanabilecek kadar yüksek değil iken, protein ilavesiz K2 kontrol grubu ve %4,3 protein ilaveli tüm glutensiz bisküvi gruplarının, K1 kontrol grubu ile aralarında belirgin bir renk farklılığı olduğu görülmüştür. Yüksek protein ilavesinin (%6,8) glutensiz bisküvilerin ΔE^*

değerini düşürdüğü ve glutenli bisküvi ile benzer renk elde edilmesini sağladığı gözlemlenmiştir.

Özetle, glutensiz un kullanımının (K2), bisküvi renginde buğday unlu bisküvilere (K1) kıyasla L* (parlaklık) değerinde artışa, a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerlerinde ise düşüşe neden olarak daha açık bir renge sahip olduğu, protein ilaveli glutensiz bisküvi renklerinin ise, bisküvi rengi üzerinde kompleks bir etki göstererek, K2 kontrol bisküvilere kıyasla L* (parlaklık) değerinde azalış, a* (kırmızılık) değerinde artışa neden oldukları ve daha koyu bir renk ile buğday unlu bisküviler ile benzer renkte oldukları gözlenmiştir.

Kullanılan un ve nişasta içeriklerinin renk oluşumunu etkilediği görülmektedir (Giuberti ve ark. 2018). Ürün içerisindeki şeker oranına da bağlı olarak karamelizasyon ve nişasta dekrinizasyonu renk oluşumunda önemli etkiye sahiptir. Ayrıca, kullanılan un içeriğinin rengi de bisküvi rengini etkileyebilmektedir (Giuberti ve ark. 2018). Fakat rengi etkileyebilen bir diğer önemli faktör aminoasit ve protein gibi azot içerikli bileşenlerin indirgen şekerler ile reaksiyonu sonucu oluşan maillard reaksiyonudur [116]. Renk analizi sonuçlarında protein kaynaklarının artışı ile bisküvi renginin koyulaşması (L* değerindeki azalış) maillard reaksiyonunun bir göstergesidir.

Yalancı tahıl (amarant, karabuğday, kinoa) ve baklagil (bakla, börülce, maş fasulyesi) unları ikamesinin patates unu ve nişastası ile glutensiz krakerlerin üretildiği bir çalışmada, mevcut çalışmamız ile benzer şekilde patates nişastası ve patates unu gibi glutensiz olarak üretilen krakerlerin en yüksek L* (sırasıyla 94,51 ve 84,14) değerlerine sahip olduğu; bakla, börülce ve maş fasulyesi unu gibi baklagil unları kullanılarak üretilen bisküvilerin ise daha düşük L* değeri (sırasıyla 75,20, 61,49, 68,20) ve dolayısıyla daha koyu renklere sahip olduğu rapor edilmiştir. En yüksek b* (sarılık) değeri (19,45) bakla ununda, en yüksek a* (kırmızılık) değeri ise karabuğday (8,97) unu ile üretilen bisküvilere aittir [58].

Yine benzer şekilde nohut, bakla unu ve izole soya proteini ile bisküvi üretimi gerçekleştirilen bir çalışmada, bakla ve izole soya proteini ilaveli bisküvilerde kontrol örneğine göre daha koyu bir renk rapor edilmiştir. Nohut ununun kullanılmasıyla ise daha açık bir bisküvi rengi elde edilmiştir [117].

Boonkong (2013) yapmış olduğu çalışmada; buğday ununun yerine soya fasulyesi, kırmızı fasulye ve beyaz fasulye gibi farklı bakliyat unlarını kullanarak glutensiz krakerler üretmiştir. Buğday unu yerine baklagil unlarının ikame edilmesi ile üretilen krakerlerin L* değerlerinin, buğday unu ile üretilen kontrol örneğine kıyasla azaldığı ve mevcut çalışmamızdaki sonuçlarla benzerlik gösterdiği görülmektedir [118].

Buğday ununa beş farklı oranda maş fasulyesi unu eklenen bisküvilerin renk değerleri, çalışmamız ile benzer şekilde maş fasulyesi unu ekleme oranı arttıkça L* (parlaklık) değeri düşerken, a* ve b* değerleri artmıştır. Mevcut çalışmamızda da baklagil unlarından elde edilen protein ilavesinin bisküvilerin a* değerini arttırdığı görülmemektedir ancak b* değerleri protein ilavesi ile genel olarak azalma eğilimi göstermekte ancak bu azalma genel olarak önemli seviyede olmamakta ve kontrol ile benzerlik göstermektedir. Bu farklılığın kullanılan baklagil kaynaklarından olduğu düşünülmektedir [119].

Baklagil unlarının kullanıldığı başka bir çalışmada nohut, bezelye, mercimek ve bakla unları %50 oranında pirinç unu yerine ikame edilerek glutensiz kek üretilmiştir. Baklagil çeşitlerinin maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarının etkisiyle kek rengini etkilediği, bezelye, nohut ve bakla ununda L*değerini önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir. Mercimek unlu bisküvilerin a* değeri ve bakla un ilaveli bisküvilerin b* değeri hariç, diğer tüm baklagil unu ilaveli bisküvilerde a* ve b* değerlerinin önemli ölçüde arttığı belirtilmiş ve renk sonuçlarının doğrudan baklagil unlarının kendi renkleri ile ilişkilendirilmiştir [120].

4.2.1.4 Tekstür özellikleri

Özellikle fırıncılık ürünlerinde sertlik gibi tekstürel özellikler büyük önem arz etmektedir. Hem yeme keyfi hem de tazelik algısı bisküvi tekstürü ile direkt olarak ilişkilendirilerek ürünün kabul edilebilirliği açısından önemli bir etkiye sahiptir [121].

Bisküvi yapısı belirli bir gevreklik ve sertlik seviyesinde olmalıdır. Örneğin, fazla gevrek bir yapı, bisküvilerin ambalajlama, nakliye ve pazarlama süreçlerinde kırılma riskini artırarak ekonomik kayıplara yol açabilir. Bu sebeple bisküviler, gereken sertliği korumalı ancak aynı zamanda ağızda kolayca dağılan bir dokuya sahip olmalıdır [122]. Bisküvi örneklerinin tekstür analizi sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Bisküvilerin sertlik değeri 1207,6 – 57,3 g aralığında değişmektedir. Glutensiz un karışımı ve protein ilavesi, bisküvilerin sertlik değerlerini buğday unu ile hazırlanmış K1 kontrol bisküvilerine göre önemli derecede azaltmıştır ($p<0,05$). En yüksek sertlik değerinin, K1 buğday unu ile hazırlanmış kontrol örneğine ($1207,6\pm90,8$ g) ait olduğu görülürken, en düşük sertlik değeri ise glutensiz un karışımı ile hazırlanan K2 kontrol grubu bisküvilere aittir ($457,3\pm47,5$).

Çizelge 4.6 : Üretilen bisküvilere ilişkin tekstür (g) değerleri.*

Örnek	Tekstür (g)	
K1	$1207,6\pm90,8^A$	$1207,6\pm90,8^A$
K2	$457,3\pm47,5^C$	$457,3\pm47,5^D$
Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	% 4,30	% 6,80
BEP	$514,4\pm90,8^{Ca}$	$457,6\pm59,8^{Da}$
BAP	$744,1\pm27,5^{Ba}$	$580,6\pm55,2^{Cb}$
PK	$773,1\pm124,9^{Ba}$	$741,4\pm67,2^{Ba}$

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ($p<0,05$). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır..

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Glutensiz un karışımı ile hazırlanan K2 kontrol grubu ise yalnızca bezelye protein ilaveli bisküvi grupları ile benzerlik göstermiştir. Protein çeşitleri birbiri ile karşılaştırıldığında; bakla ve protein karışımı ilaveli bisküviler birbiri ile önemli seviyede benzerlik gösterirken, bezelye protein ilaveli bisküvilerin düşük sertlik değeri ile önemli bir farklılığa sahiptir. Bezelye, bakla ve protein karışımı ilaveli tüm bisküvi gruplarında protein konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak tekstür değerlerinde bir azalma gözlemlenmiştir ancak bu azalma yalnızca bakla protein ilaveli bisküviler için istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular bisküvide kullanılan protein çeşidi ve miktarının ürün tekstürünü önemli derecede etkilediğini göstermektedir. Kullanılan protein kaynağı ve un içeriğinin su tutma kapasitesi, bisküvilerin tekstür değerini değiştirmektedir. Çalışmada kullanılan glutensiz un karışımı ve bitkisel protein ilavesi hamurda su tutma kapasitesini buğday unlu bisküvilere göre arttırdığı, nem içeriği yükselen bisküvilerin yumuşamasına sebep olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Ancak protein ilaveli bisküvilerin sertlik değerinin glutensiz K2 bisküvilerine göre ise daha yüksek olduğu da gözlemlenmiştir. Bu durum, protein-nişasta etkileşimi ile oluşan kompozit hamur

yapısının, hamur gücü ve son ürün sertliğini arttırması şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan bir çalışmada da, lif ve protein gibi bileşenlerin miktarındaki artışın, ürün sertliğini arttırmasını benzer şekilde kompleks hamur yapısı ile ilişkilendirmiş ve zayıf matriks yapısına sahip hamurların sertlik değerlerinin daha düşük olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda gluten proteinin kompozit hamur yapısında diğer protein kaynaklarına kıyasla daha önemli bir etkiye sahip olduğunu ve gluten ağ yapısının, protein matrisinin proses boyunca korunmasını sağlayacağını ileri sürmüştür. Çalışmamızda elde edilen bulgular, bu rapor ile paralellik göstermektedir. En yüksek sertlik değeri gluten yapısını sağlayan buğday unlu bisküvilerde görülmektedir [108].

Farklı bitkisel ve hayvansal protein kaynaklarının %15 ve %30 oranlarında mısır nişastası ilaveli glutensiz kurabiye reçetesinde kullanıldığı bir çalışmada, bezelye protein oranındaki artış ile ürün sertlik değerinde azalma tespit edilirken, patates proteini ilaveli kurabiyelerde protein artışına bağlı olarak sertlik değerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak kontrol bisküvileri ile aralarında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu sonuçların literatür ile karşılaştırıldığında, bazı çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermediği ve bu durumun kullanılan un içeriklerinin farklılığından doğan protein-nişasta etkileşiminden kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür. Bezelye protein ilavesindeki artış ile sertlik değerinde azalma, bizim çalışmamız ile de benzerlik göstermektedir [95].

Tam kabak (*Cucurbita pepo* L.) tozu kullanılarak bisküvi üretimi yapılan bir çalışmada, kabak tozu ilavesi arttıkça bisküvilerdeki sertlik değerinde önemli bir düşüş gözlenmiştir. %15, 30, 45 oranlarında kabak tozu ilaveli bisküvilerin sertlik değerleri 1599,5 -5274,7 g arasında değişirken en yüksek sertlik değeri buğday unu ile hazırlanan kontrol bisküvi grubunda (9049,1 g) tespit edilmiştir. Sertlik değerindeki düşüşün sebebi olarak ilave edilen kabak tozunun lifli yapısının bisküvi tekstürünü etkilediği şeklindedir. Bu sonuçlar, çalışmamız ile uyumlu olup, protein ve lif gibi yapıdaki su moleküllerini bağlayabilen bileşenlerin varlığının, nem oranını arttırarak sertlik değerini azalttığı sonucunu desteklemektedir [123].

Yapılan başka bir çalışmada, bisküviye ilave edilen pirinç unu miktarındaki artış ile sertlik değerinin azaldığını ve bisküvilerin yumuşadığını rapor etmişlerdir. Çalışmada bu durumun sebebi olarak bisküvilerin gluten ve nem içeriği gösterilmiştir. Pirinç unu ilave edilmiş bisküvilerde nem içeriğinin arttığı ve buna bağlı olarak sertlik değerinin buğday unlu bisküvilere göre azaldığı belirlenmiştir. Bisküvi hamurunun kompozit matris yapısında, toplam protein içeriğindeki değişikliğin, gluten içeriğindeki

değişiklik kadar önemli olmadığını belirterek, bisküvi hamurundaki glutenin pirinç unu ile değiştirilerek azaltılması sonucu gluten ağı oluşumunun gecikmesi ve bisküvilerin sertliğinin azalmış olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu sonuçlar, çalışmamız ile benzerlik göstermekte ve buğday unu yerine glutensiz un karışımı ve bitkisel protein içeren bisküvilerde tekstürün neden azaldığını açıklamaktadır [108].

Menengiç, susam ve keten tohumu ilavesinin bisküvi kalitesi ve raf ömrü üzerine etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada, yine benzer bir şekilde artan ikame oranı ile bisküvi örneklerinin sertlik değerinde kontrol bisküvi örneğine göre azalma görülmüştür. Bisküvilerin sertlik değeri 1392,94-4315,92 g aralığında değişirken en yüksek sertlik değeri keten tohumu ilave edilmiş bisküvilerde görülmüştür. Ancak bu çalışmada bisküvi sertliğindeki azalmanın sebebi olarak, formülasyona eklenen ikame maddelerin yüksek yağ içeriği olarak belirtilmiştir. Artan ikame madde miktarı ile bisküvide yağ içeriğinin artması bisküvi hamurunun yumuşamasına ve bisküvi sertliğinin azalmasına neden olmaktadır, şeklinde yorumlanmıştır [10].

4.2.1.5 Su aktivitesi

Su aktivitesi, biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi için gerekli olan su miktarını ifade etmektedir. Aynı zamanda gıdalarda mikroorganizmalar tarafından kullanılan serbest suyun bir ölçüsü olarak bilinmektedir [124]. Bisküvi örneklerine ait su aktivitesi değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 : Üretilen bisküvilere ait su aktivitesi değerleri.*

Örnek	Su aktivitesi	
K1	0,22±0,01 ^{BC}	0,22 ± 0,01 ^C
K2	0,19±0,01 ^C	0,19 ± 0,01 ^D
Protein ilaveli örneklere ait son ürün protein oranı		
	% 4,30	% 6,80
BEP	0,31±0,01 ^{Aa}	0,36 ± 0,02 ^{Ab}
BAP	0,22±0,03 ^{BCa}	0,30 ± 0,01 ^{Bb}
PK	0,24±0,03 ^{Ba}	0,29 ± 0,01 ^{Bb}

*Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Bisküvi örneklerinin su aktivitesi 0,19 – 0,36 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük su aktivitesine glutensiz un karışımı ile üretilen K2 kontrol bisküvilerinin ($0,19\pm0,01$) sahip olduğu, en yüksek su aktivitesine ise %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvi örneklerinin ($0,36\pm0,02$) sahip olduğu saptanmıştır. Protein çeşitleri karşılaştırıldığında, bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvi örnekleri su aktivitesi açısından birbiri ile benzerken bezelye protein ilaveli bisküvi grubunun onlardan farklı olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Protein konsantrasyonunda ki artışa bağlı olarak ise su aktivitesi değerinde önemli artış gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında ise %4,3 protein seviyesindeki bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvi örneklerinin, buğday unundan elde edilen K1 kontrol grubu ile benzer olduğu görülmektedir ancak %6,8 protein seviyesine sahip bisküviler ile kontrol grupları arasında önemli farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Raf ömrü boyunca bisküvilerin su aktivitesindeki farklılıklar meydana gelmekte ve su moleküllerinin yeniden dağılarak denge durumuna gelme eğiliminde olduğu bilinmektedir [125]. Depolama boyunca bisküvilerin stabil olarak kalabilmesi, düşük su aktivitesi ile bağlantılıdır [126]. Özellikle nişasta retrogradasyonu sonucunda bisküvilerin su aktivitesinde değişiklikler meydana gelmektedir [127]. Bu nedenle bisküvilerde gevreklik kaybının önlenmesi için su aktivite değerinin 0,6' nın üzerine çıkmaması önerilmektedir [126].

Menengiç, susam ve keten tohumunun bisküvi formülasyonuna ilavesinin bisküvinin kalitesi ve raf ömrü üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, bisküvilere ait su aktivitesi değerlerinin 0,08–0,48 aralığında değiştiği ve ortalama $0,23\pm0,13$ değer aldığı tespit edilmiştir. Bisküvilere ait su aktivitesi değerlerinin 0,6 kritik seviyeden düşük ve mevcut çalışmamız ile benzer olduğu görülmektedir [10].

4.2.2 Besin öğeleri kompozisyonu

Baklagil kaynaklarının besin içeriği açısından yüksek protein, karbonhidrat, vitamin ve minerallere sahip olduğu bilinmektedir. Baklagillerin, tahıl unları ile karşılaştırıldığında besinsel lif ve protein içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilirken, tahıl unlarına kıyasla glisemik indeks değerlerinin daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir [128, 129]. Bu nedenle dünyanın birçok yerinde özellikle zengin ve ucuz protein kaynağı olan baklagiller insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir

[130]. Bisküvi örneklerine ait nem, protein, kül, yağ ve karbonhidrat değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Üretilen bisküvilerin besin öğeleri kompozisyonu. *

	K1	2,57 ± 0,09 ^A	2,57 ± 0,09 ^B
	K2	2,64 ± 0,11 ^A	2,64 ± 0,11 ^B
Nem (%)	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	2,74 ± 0,16 ^{Aa}	4,28 ± 0,48 ^{Ab}
	BAP	2,67 ± 0,16 ^{Aa}	4,11 ± 0,15 ^{Ab}
	PK	2,83 ± 0,42 ^{Aa}	3,92 ± 0,16 ^{Ab}
	K1	7,50 ± 0,14 ^A	7,50 ± 0,14 ^{AB}
	K2	2,81 ± 0,03 ^C	2,81 ± 0,03 ^D
Protein (%)	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	5,24 ± 0,03 ^{Ba}	7,53 ± 0,04 ^{Ab}
	BAP	5,03 ± 0,18 ^{Ba}	7,01 ± 0,11 ^{Cb}
	PK	5,11 ± 0,07 ^{Ba}	7,32 ± 0,07 ^{Bb}
	K1	18,07 ± 0,15 ^B	18,07 ± 0,15 ^B
	K2	17,99 ± 0,10 ^B	17,99 ± 0,10 ^B
Yağ (%)	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	17,30 ± 0,07 ^{Ca}	18,77 ± 0,17 ^{Ab}
	BAP	17,45 ± 0,01 ^{Ca}	17,99 ± 0,26 ^{Bb}
	PK	18,31 ± 0,12 ^{Aa}	18,11 ± 0,01 ^{Bb}
	K1	0,68 ± 0,03 ^A	0,68 ± 0,03 ^B
	K2	0,42 ± 0,06 ^C	0,42 ± 0,06 ^C
Kül (%)	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	0,53 ± 0,02 ^{Ba}	0,69 ± 0,04 ^{Bb}
	BAP	0,64 ± 0,04 ^{Aa}	0,86 ± 0,01 ^{Ab}
	PK	0,62 ± 0,01 ^{Aa}	0,83 ± 0,02 ^{Ab}
	K1	71,18 ± 0,28 ^D	71,18 ± 0,28 ^B
	K2	76,15 ± 0,17 ^A	76,15 ± 0,17 ^A
Karbonhidrat (%)	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	74,20 ± 0,26 ^{Ba}	68,72 ± 0,62 ^{Db}
	BAP	74,21 ± 0,11 ^{Ba}	70,03 ± 0,23 ^{Cb}
	PK	73,13 ± 0,50 ^{Ca}	69,82 ± 0,14 ^{Cb}

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Glutensiz K2 kontrol örneğinin besin öğeleri sonuçları incelendiğinde, nem, protein ve kül içeriği diğer bisküvilere göre daha düşük bulunmuştur. Bu durum glutensiz ürünlerin temelde nişasta bazlı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.2.1 Nem içeriği

Unlu mamullerin genel kalitesi, pişirme sırasında meydana gelen ve nem değişikliklerinden oldukça etkilenen kimyasal, biyokimyasal, fiziksel, reolojik ve yapısal değişikliklere (hacim artışı, suyun buharlaşması, nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, aroma bileşiği oluşumu) bağlıdır [131]. Bu nedenle nem içeriği kalite kriteri olarak önem arz etmektedir. Bisküvi türüne göre değişmekle birlikte, genellikle bisküvi nemi %1-5 arasında tutulmaktadır [127].

Bisküvi örneklerine ait nem içeriği değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bisküvi örneklerinin nem içerikleri 2,57 – 4,28 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük nem değerine, buğday unu ile üretilen kontrol bisküvilerinin sahip olduğu ($2,57 \pm 0,09$), en yüksek nem değerine ise %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvi örneklerinin ($4,28 \pm 0,48$) sahip olduğu saptanmıştır. Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında ise, %4,3 protein seviyesinde bezelye, bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvi örneklerinin nem değerleri K1 ve K2 kontrol grupları ile benzerlik gösterirken ($p > 0,05$); %6,8 seviyelerindeki bisküvi örneklerinin nem değerleri kontrol gruplarına göre önemli derecede yüksektir ($p < 0,05$). Bitkisel protein ilaveli bisküvilerin her iki seviyede de buğday unu ilaveli K1 bisküvi örneklerinin nem değerinden yüksek olması, bitkisel proteinlerin su tutma kapasitesinin glutene kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir [110].

Formülasyona eklenen protein çeşitleri nem değerleri açısından karşılaştırıldığında; bezelye, bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvi örneklerinin birbiri ile önemli seviyede benzerlik gösterdiği, ancak protein seviyesindeki artış ile nem değerlerinin de artarak %4,3 ve %6,8 seviyeleri arasında önemli farklılığa sebep olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Nem içeriği, bisküvinin gevreklik ve mekanik dayanıklılık gibi kalite kriterleri üzerinde direkt olarak etkilidir. Bitkisel protein ilaveli bisküvilerin nem miktarlarındaki bu artışın, bileşimlerdeki protein miktarındaki artıştan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [132]. Literatürdeki çalışmalar da bu sonuçları desteklemektedir. Yüksek miktarda protein veya diyet lifi içeren

baklagillerin su tutma kapasitesinin arttırdığı ve buna bağlı olarak nem içeriğinin de arttığı rapor edilmiştir [88, 133].

Yapılan bir çalışmada patates nişastası, mısır nişastası, nohut unu, mısır unu ve pirinç unundan hazırlanan glutensiz un formülasyonuna %5, 10 ve %15 oranlarında kırmızı pancar tozu ilave edilmiştir. En düşük nem değeri %5 kırmızı pancar tozlu bisküvilerde gözlemlenirken, en yüksek nem değeri %15 oranında kırmızı pancar tozu ilaveli bisküvilerde tespit edilmiş ve kırmızı pancar tozu oranı arttıkça su aktivitesinin de artmasına bağlı olarak nem değerlerinin kontrole göre artış gösterdiği belirtilmiştir. En yüksek nem değerinin tespit edildiği %15 kırmızı pancar tozu ilaveli glutensiz bisküvilerin kontrole ve diğer bisküvi gruplarına kıyasla daha yüksek diyet lifi ve protein içerdiği görülmektedir. Bu durum, protein ve lif bileşenlerinin su tutma kapasitesi özellikleri sebebiyle bisküvilerde su aktivitesi ve nem değerlerini arttırdığını göstermekte ve bu açıdan mevcut çalışmamızla benzerlik göstermektedir [134].

Benzer şekilde glutensiz bisküvi üretiminde kenevir tohumunun kullanıldığı bir çalışmada; %25, 50, 70 ve 100 oranlarında kenevir tohumunun ilave edildiği bisküvilerde, ilave oranlarının artışı nem değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Çalışmada %19,2 protein içeriğine sahip olduğu belirtilen kenevir tohumunun ikame oranı arttıkça protein oranlarının önemli derecede arttığı görülürken, buna paralel olarak nem değerlerinin de arttığı görülmüştür. Aynı zamanda %10,6 diyet lifi içeriğine sahip kenevir tohumunun ikame oranındaki artış ile, bisküvi örneğinde lif miktarını ve dolayısıyla su absorpsiyon kapasitesini artırarak nem değerini yükselttiği rapor edilmiştir [135].

4.2.2.2 Protein içeriği

Baklagil kaynaklarının, tahıl unlarına kıyasla yüksek protein içerikleri, besleyici değerleri açısından önemli özelliklerinden biridir. Balık ve et proteinlerine alternatif olarak gösterilen baklagil proteinleri unlu mamüllerde özellikle besin değerini yükseltmek amacıyla kullanılmaktadır [55].

Bisküvi örneklerine ait protein içeriği değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Glutensiz bisküvilerin toplam protein miktarları incelendiğinde; K2 örneğinin toplam protein içeriği %2,81 iken, %4,3 seviyesindeki bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin protein değerleri sırasıyla %5,24, %5,03, %5,11 olarak bulunmuştur. Yüksek protein ilaveli (%6,8) bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin

protein değerleri ise sırasıyla %7,53, %7,01, %7,32'dir. Örneklerin protein içerikleri değerlendirildiğinde; glutensiz un karışımı ile üretilen K2 kontrol bisküvileri ile kıyasla, bitkisel proteinlerin ilave edilmesi ile beklendiği gibi bisküvilerin protein miktarlarında önemli düzeyde ($p<0.05$) artış sağlamıştır (izelge 4.8). Tamamı buğday unu ve glutensiz un karışımı ile üretilen K1 ve K2 bisküvilerin protein değerleri karşılaştırıldığında ise K1 kontrol bisküvilerinin protein oranının (%7,50), K2 kontrol grubuna göre (%2,81) 2.7 kat daha yüksek olduğu görölmektedir. Örneklerdeki bu önemli düzeyde protein miktarı artışı, kullanılan buğday ununun protein içeriğinin (%10), glutensiz un karışımının protein içeriğinden (%3) ok daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Böylece, bezelye proteini, bakla proteini ve protein karışımı gibi bitkisel protein katkıları sayesinde, glutensiz un karışımından üretilen glutensiz bisküvilerin, besin değerinde önemli bir gelişme sağlandığı görölmektedir. %4,3 seviyesindeki protein ilaveli bisküvilerin, K2 kontrol grubuna göre protein oranının ortalama 1,82 kat daha yüksek olduğu; %6,8 seviyesindeki protein ilaveli bisküvilerde ise bu oranın ortalama 2,59 kata çıktığı görölmektedir. En yüksek protein değeri $7,53\pm0,04$ değeri ile BEP 6,8 bisküvi örneğinde görölürken; en düşük protein değeri $2,81\pm0,04$ glutensiz K2 kontrol örneğine aittir.

Proteince zengin unlar kullanılarak hazırlanan bisküvilerle ilgili olarak yapılan çeşitli çalışmalarda, karabuğday ikame oranının artışı ile buğday unundan yapılan bisküvilerin protein değeri yükselmiş olduğu görölmektedir [36, 136]. Benzer şekilde krakerlerin [137] ve kurabiyelerin [138] protein içeriğinin karabuğday ilavesi ile yükseldiği rapor edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise 1:1 oranında nohut unu:soya unu:karabuğday unu:kinoa unundan hazırlanan erişte örneklerinin, buğday unlu erişteler ile kıyaslandığında protein oranının 1,54 kat daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [139].

Buğday ununun yerine yağsız soya ununun %0, 10, 20 ve 30 oranlarında ikame edilerek hazırlanan bisküvilerde de benzer şekilde protein miktarının soya unu ilave oranının artması ile yükseldiği görölmektedir. En düşük protein oranı buğday unlu bisküvilerde (%5,76) gözlemlenirken, en yüksek protein oranı %30 soya unu ilaveli bisküvilerde (%15,73) tespit edilmiştir. Protein miktarındaki bu artış buğday ve soya unu bileşimlerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Soya ununun (%62,73), buğday ununa (%11,87) kıyasla yüksek protein içeriğine sahip olduğu ve bu protein değerleri ile bisküvilerin besin değerini önemli derecede arttırdığı belirtilmektedir [140].

4.2.2.3 Yağ içeriği

Bisküvi örneklerine ait yağ değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bisküvi örneklerinin yağ içerikleri 17,30–18,77 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük yağ oranına %4,3 bezelye protein ilaveli bisküvi örneklerinin ($17,30 \pm 0,07$), en yüksek yağ oranı değerine ise %6,8 bezelye protein ilaveli bisküvi örneklerinin ($18,77 \pm 0,17$) sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuçlara bakıldığında bisküvi örneklerinin birbirine yakın yağ oranlarına sahip olduğu ve istatistiki açıdan farklılıklar bulunsa da bisküvilerin yağ oranlarında ki artış veya azalışın çok yüksek oranlarda olmadığı görülmektedir. Bu durumun ana sebebi olarak glutensiz ürünlerde sıklıkla kullanılan baklagillerin, yüksek protein içeriğine sahipken yağ oranlarının düşük seviyede olması gösterilebilir bu nedenle buğday unu ile üretilmiş K1 bisküvilere kıyasla glutensiz grupların yağ oranlarında çok ciddi bir değişim gözlemlenmemektedir [130].

Glutensiz bisküvilerin toplam yağ miktarları incelendiğinde; K1 ve K2 kontrol grubu bisküvilerin toplam yağ miktarı sırasıyla %18,07 ve % 17,99 iken, %4,3 seviyesindeki bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin yağ değerleri sırasıyla % 17,30, %17,45, %18,31 olarak bulunmuştur. Bu değerler incelendiğinde, glutensiz un karışımı (K2) ve buğday unu ile üretilen (K1) kontrol bisküvilerine kıyasla, bitkisel proteinlerin ilave edilmesi ile bisküvilerin yağ miktarları önemli düzeyde ($p < 0,05$) değişmiştir. Bezelye ve bakla protein ilaveli bisküvilerde yağ oranı artarken, protein karışımı ilaveli bisküvilerin yağ oranında azalma gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Bu durumun farklı çeşitlerde hammaddenin kullanımından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nohut, bezelye ve ay çekirdeği proteinlerinden oluşan protein karışımının yağ oranındaki azalış, diğer bisküvilere kıyasla farklı çeşitlerde baklagil kaynağının birlikte kullanımı ile ilişkilendirilebilir. Yüksek protein ilaveli (%6,8) bezelye, bakla ve protein karışımli bisküvilerin yağ oranları incelendiğinde ise bezelye protein ilaveli bisküviler hariç K1 ve K2 kontrol grupları ile aralarında benzerlik bulunduğu tespit edilmiştir. Protein ikame oranı arttıkça BEP ve BAP gruplarında yağ oranının arttığı görülürken, PK grubunun yağ oranı önemli derecede azalmıştır. Unların yağ tutma kapasitelerinde de benzer davranış gösterdiği protein artışı ile BEP ve BAP gruplarında yağ tutma kapasitesinin arttığı, PK grubunda ise azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). K1 ve K2 kontrol gruplarının yağ oranları arasında bir farklılık tespit edilmemiştir.

Benzer olarak karabuğday unu ile yapılan çalışmalarda, bisküvilerde [136] ve krakerlerde [137] karabuğday unu ilavesi ile yağ içeriğinde artış olduğu rapor edilmiş ve bu artış oranının sebebi olarak karabuğday ununun yağ tutma kapasitesi gösterilmiştir. Çalışmalarda karabuğday ununun yağ tutma kapasitesi buğday ununa göre daha yüksek çıkmıştır. Glutensiz ürünlerde kullanılan farklı protein kaynaklarını aminoasit içerikleri ve miktarları farklılık göstermektedir. Daha yüksek apolar aminoasit içeriğine sahip olduğu düşünülen karabuğdayın bu özelliği sebebiyle yağ tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Kraker üretiminde buğday unu yerine gluten içermeyen gıda maddeleri olarak pirinç unu, mısır unu, mısır ırmığı, karabuğday unu, kinoa unu, sarı mercimek unu, nohut unu, badem unu, yer fıstığı unu ve susamın kullanıldığı bir çalışmada ise krakerlerin yağ içerikleri %10,2-%55,2 arasında değişmektedir. En düşük yağ içeriğinin %10,18 ile buğday unu kontrol grubu krakerlerde olduğu gözlemlenirken, badem unu, yer fıstığı, yer fıstığı susamı unlarından yapılan krakerlerin yağ içeriğinin %55,2, %50,7 ve %50,7 gibi yüksek miktarda olduğu rapor edilmiştir. Bu yüksek yağ içeriğinin sebebi olarak tahıl ve baklagil gruplarına göre badem ve yer fıstığının daha zengin yağ içeriklerinin olması ile ilişkilendirilmiştir [141].

Bu çalışmalardan farklı olarak karabuğday unu kullanılarak üretilen glutensiz bisküvilerin yağ içeriğinde karabuğday unu ilavesinin önemli bir etkisi olmadığı rapor edilmiştir [36]. Yine benzer bir şekilde karabuğday unu, mısır unu ve pirinç unu ile üretilen kurabiyelerde, un miktarının yağ miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi tespit edilmemiştir [138].

Glutensiz bisküvi üzerine yapılan çalışmaların birinde pirinç unu ve mısır nişastası ile (70:30) üretilen bisküvilerin yağ oranı ortalama %17,45 olarak belirlenmiştir [104]. Ergin ve Herken tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise 1:1 oranında ilave edilen pirinç unu: mısır nişastası bisküvilerinin yağ miktarı %25,06 olarak rapor edilmiştir [142]. Yine glutensiz bisküvilerde yağ fraksiyonu üzerinde yapılan çalışmada bisküvilerin yağ miktarının %8,3-20,3 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçların mevcut çalışmamızda elde ettiğimiz bulgular ile benzer olduğu görülmektedir [32].

4.2.2.4 Kül içeriği

Bisküvi örneklerine ait kül değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Glutensiz bisküvilerin kül miktarları incelendiğinde; K2 kontrol bisküvi örneğinin kül içeriği %0,42 iken, %4,3 seviyesindeki bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin kül değerleri sırasıyla %0,53, %0,64 ve %0,62 olarak bulunmuştur. Yüksek protein seviyesindeki (%6,8) bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin kül miktarları ise sırasıyla %0,69, %0,86, %0,83’tür. Örneklerin kül içerikleri değerlendirildiğinde; glutensiz un karışımı ile üretilen K2 kontrol bisküvileri ile kıyasla, baklagil proteinlerinin ilave edilmesi ile bisküvilerin kül miktarlarında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış sağlamıştır (Çizelge 4.8). En yüksek kül değeri $0,86\pm0,01$ değeri ile BAP 6,8 bisküvi örneğinde görülürken; en düşük kül değeri glutensiz K2 ($0,42\pm0,06$) kontrol örneğine aittir. K1 kontrol bisküvi grubu ile karşılaştırıldığında ise %4,3 seviyesinde bakla ve protein karışımı ilaveli bisküvilerin K1 kontrol grubu ile benzerlik gösterirken, %6,8 seviyesinde yalnızca bezelye protein ilaveli bisküvilerin benzer olduğu, bakla ve protein karışımı bisküvilerde kül oranının önemli derecede arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun ana sebebinin kullanılan un karışımlarının içeriğindeki mineral (kül) miktarındaki farklılıkların olduğu düşünülmektedir. Çizelge 2.4’te verilen, un ve protein kaynaklarına ait bileşim oranlarına bakıldığında protein kaynaklarının, buğday unu ve glutensiz un karışımına göre daha yüksek kül içeriklerine sahip olduğu görülmektedir. Bu da protein ilaveli bisküvilerin kontrol gruplarına kıyasla kül değerinin neden yüksek olduğunu açıklamaktadır. En yüksek kül içeriği bakla proteinine (%5,7) aitken; onu sırasıyla %5,04 ve 2,65 ile protein karışımı ve bezelye proteini takip etmektedir (Çizelge 2.2). Bisküvilerin kül değeri sonuçlarının da benzer şekilde en yüksek BAP ve sonrasında sırasıyla PK ve BEP ilaveli bisküvilere ait olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8)

Benzer şekilde, farklı baklagiller kullanılarak (nohut, bezelye, mercimek ve bakla) glutensiz kek üretimi yapılan bir çalışmada keklerin kül değerleri %1,7–2,2 arasında değişmiştir. Buğday unu ile üretilen kontrol kekleri ile karşılaştırıldığında baklagil unları içeren glutensiz keklerin toplam protein ve mineraller (kül) açısından daha zengin bir içeriğe sahip olduğu belirtilmiştir. En düşük kül oranı buğday unu ile hazırlanan keklere aittir. Utrilla-Coello ve ark. (2007) ayrıca buğday ve nohut unu kullanılarak (60:40) hazırlanan buğday ekmeğinin protein, yağ ve mineral değerlerinde artış olduğunu bildirmiştir [120].

Yapılan başka bir çalışmada, buğday unlarına farklı oranlarda bezelye (*Cajanus Cajan L.*) unu ekleyerek hazırladıkları bisküvilerde kül miktarındaki önemli derecede değişim meydana geldiği ve formülasyona eklenen bezelye unu ile birlikte kül miktarının artış gösterdiği rapor edilmiştir. Baklagil unundaki artış ile kül değerinin yükselmesi bizim çalışmamız ile benzerlik göstermektedir [143].

Buğday ununun yerine yağsız soya ununun %0, 10, 20 ve 30 oranlarında ikame edilerek bisküvi üretimi yapılan başka bir çalışmada kül miktarının soya unu ilave oranının artması ile benzer şekilde yükseldiği görülmektedir. En düşük kül miktarı buğday unlu bisküvilerde (%0,69) gözlemlenirken, en yüksek kül miktarı %30 soya unu ilaveli bisküvilerde (%2,10) tespit edilmiştir. Kül miktarındaki bu artış buğday ve soya unu bileşimlerindeki farklılıktan kaynaklandığı görülmektedir. Soya ununun (%6,43), buğday ununa (%0,53) kıyasla yüksek kül içeriğine sahip olduğu ve yüksek kül ve protein değerleri ile bisküvilerin besin değerini önemli derecede arttırdığı belirtilmektedir [140].

4.2.2.5 Karbonhidrat içeriği

Bisküvi örneklerine ait karbonhidrat değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Bisküvi örneklerinin karbonhidrat değerleri 71,18–76,15 aralığında değişkenlik göstermektedir. En düşük karbonhidrat oranına %6,8 oranında bezelye protein ilaveli BEP 6,8 bisküvi örneklerinin ($68,72 \pm 0,62$), en yüksek karbonhidrat oranı değerine ise glutensiz K2 bisküvi örneklerinin ($76,15 \pm 0,17$) sahip olduğu belirlenmiştir. Düşük protein seviyesindeki (%4,3) bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin karbonhidrat değerleri sırasıyla %74,20, %74,21 ve %73,13 olarak bulunmuştur. Bu değerler incelendiğinde, glutensiz K2 kontrol bisküvilerine kıyasla, baklagil proteinlerinin ilave edilmesi ile bisküvilerin karbonhidrat değerlerinin önemli düzeyde azaldığı; buğday unu ile üretilen K1 kontrol grubuna göre ise önemli düzeyde arttığı görülmektedir ($p < 0,05$). Yüksek protein seviyesindeki (%6,8) bezelye, bakla ve protein karışım ilaveli bisküvilerin karbonhidrat oranları sırasıyla %68,72, %70,03 ve %69,82 olarak belirlenmiş ve %4,3 seviyesinden farklı olarak hem K1 hem de K2 kontrol gruplarına göre önemli düzeyde azalmıştır ($p < 0,05$). Tüm sonuçlar incelendiğinde baklagil proteinlerinin seviyesindeki bu artış ile karbonhidrat içeriğinin önemli düzeyde azaldığı görülmektedir ($p < 0,05$). Bu durumun ana sebebi olarak

baklagillerin, yüksek protein ve kül içeriğine sahipken karbonhidrat oranlarının düşük seviyede olması gösterilebilir [130].

%4,3 protein seviyesinde, bezelye ve bakla protein ilaveli bisküvilerde karbonhidrat oranı açısından birbiri ile benzer iken, protein karışımı ilaveli bisküvilerin karbonhidrat oranının daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu durumun farklı çeşitlerde hammaddenin kullanımından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Nohut, bezelye ve ay çekirdeği proteinlerinden oluşan protein karışımının karbonhidrat oranındaki değişim, diğer bisküvilere kıyasla farklı çeşitlerde baklagil kaynağı kullanımı ile ilişkilendirilmiştir.

4.2.3 Hızlandırılmış raf ömrü analizleri

Hızlandırılmış raf ömrü çalışması için bisküvi örnekleri 37°C ve %75 RH koşullarının stabilize edildiği klimatize test kabiniinde, plastik separatörlere konularak, alüminyum folyo ile hava almayacak şekilde bir kat sarılıp ardından Oriente Polipropilen (OPP) ambalaj ile muhafaza edilmiştir. Hızlandırılmış takip 15'er günlük periyotlarla 45 gün boyunca yapılarak, her periyotta nem, su aktivitesi ve tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü çalışmasında her 15 günlük periyot 4 aylık gerçek raf ömrüne tekabül etmekte ve 45 günün sonunda bisküvilerin bir yıllık raf ömrü tamamlanmaktadır.

4.2.3.1 Nem içeriği

Bisküvi örneklerinin 45 günlük hızlandırılmış raf ömrü süresince (0, 15, 30 ve 45. gün) nem değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bisküvilerin nem değerleri, bisküvilerin ilk üretildiği gün (0.gün) % 2,57–4,28; 15, gün % 2,76–4,40; 30, gün % 3,50-5,69 ve 45, gün % 5,26-8,41 aralığında bulunmuştur.

Tüm bisküvi gruplarında, raf ömrü süresi arttıkça nem değerlerinin arttığı görülmektedir. Raf ömrü sonunda (45.gün), en yüksek nem değeri BEP 6,8 ($8,41\pm0,12$) bisküvi grubunda görülürken, en düşük nem değeri K1 kontrol grubunda ($5,26\pm0,05$) tespit edilmiştir. Yüksek protein ilaveli (%6,8) bisküvilerin nem miktarlarındaki bu artışın, bileşimlerindeki protein miktarındaki artıştan ve bitkisel proteinlerin su tutma kapasitesinin glutene kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Diğer yüksek protein ilaveli bisküvi gruplarının ise (BAP, PK) BEP bisküvi grubu ile benzerlik göstermemesinin sebebi olarak ise farklı kaynaklardan elde

edilmiş olmaları ve protein yapıları ve besin içeriklerinin farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. BEP, BAP ve PK gruplarında protein ikame oranının artışına bağlı olarak ise 0, 15 ve 30. günlerde nem değerlerinde önemli derecede bir artış gözlemlenmektedir ($p<0,05$). Ancak 45. güne gelindiğinde yalnızca BEP ve BAP grubu bisküvilerde nem değerindeki artış devam ederken, PK bisküvi grubunun nem değerinde azalma eğilimi görülmektedir. ($p<0,05$). Ancak bu azalma istatistiki açıdan önemli değildir.

Çizelge 4.9 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca nem içeriklerindeki değişim (%).*

0.Gün	K1	2,57 ± 0,09 ^A	2,57 ± 0,09 ^B
	K2	2,64 ± 0,11 ^A	2,64 ± 0,11 ^B
	Protein ilaveli örneklere ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	2,74 ± 0,16 ^{Aa}	4,28 ± 0,48 ^{Ab}
	BAP	2,67 ± 0,16 ^{Aa}	4,11 ± 0,15 ^{Ab}
	PK	2,83 ± 0,42 ^{Aa}	3,92 ± 0,16 ^{Ab}
	K1	2,76±0,05 ^B	2,76±0,05 ^B
	K2	2,92±0,14 ^{AB}	2,92±0,14 ^B
	Protein ilaveli örneklere ait son ürün protein oranı		
15.Gün	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	2,94±0,07 ^{ABa}	4,40±0,36 ^{Ab}
	BAP	2,76±0,16 ^{Ba}	4,27±0,04 ^{Ab}
	PK	3,04±0,17 ^{Aa}	4,24±0,29 ^{Ab}
	K1	3,50±0,16 ^C	3,50±0,16 ^C
	K2	4,69±0,04 ^A	4,69±0,04 ^B
30.Gün	Protein ilaveli örneklere ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	3,93±0,09 ^{Ba}	5,69±0,51 ^{Ab}
	BAP	3,92±0,14 ^{Ba}	4,70±0,43 ^{Bb}
	PK	3,96±0,05 ^{Ba}	5,20±0,18 ^{ABb}
	K1	5,26±0,05 ^D	5,26±0,05 ^D
45. Gün	K2	5,90±0,24 ^C	5,90±0,24 ^C
	Protein ilaveli örneklere ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	5,67±0,20 ^{Ca}	8,41±0,12 ^{Ab}
	BAP	6,88±0,06 ^{Aa}	7,33±0,03 ^{Bb}
	PK	6,37±0,09 ^{Ba}	5,94±0,04 ^{Ca}

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ($p<0,05$). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır.

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

En yüksek nem değerleri tüm periyotlarda (0, 15,30 ve 45. gün) BEP 6,8 bisküvi grubuna ait olup, K1 ve K2 kontrol gruplarından önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buğday unundan üretilen kontrol grubu (K1) ile karşılaştırıldığında, 30.güne kadar protein ilavesiz K2 kontrol grubu ve düşük protein ikameli (%4,3) BEP ve BAP grubu bisküvilerin, K1 kontrol grubu ile aralarında istatistiki bir fark görülmezken, 30 ve 45. günlerde nem değerlerinde K1 grubuna göre istatistiki olarak önemli düzeyde bir artış yaşanmıştır. Yüksek protein ikameli (%6,8) BEP, BAP ve PK bisküvi gruplarında ise K1 kontrol grubu ile aralarında tüm raf ömrü boyunca istatistiki farklılıklar tespit edilmiş ve nem değerlerinde önemli derecede artış gözlemlenmiştir. Bu durumun sebebinin, hem yüksek protein içeriği hem de glutensiz un karışımı içeriğinin, su tutma kapasitesini buğday ununa kıyasla arttırması sebebiyle olduğu düşünülmektedir. Glutensiz un karışımının yüksek nişasta içeriğine sahip olması, raf ömrü süresince nişasta retrogradasyonunun daha yüksek oranda gerçekleşmesine sebep olarak bisküvilerin nem değerlerini yükseltebileceği şeklinde yorumlanmıştır

Genel olarak bisküvilerde gevreklik kaybının önlenebilmesi için nemin %1-5 arasında olması gerektiği önerilmektedir [126, 127]. Raf mr analizleri sonucunda, nem değerlerinin 30.güne kadar %5'in üzerine çıkmadığı, 45.günde ise kontrol grupları ile birlikte yalnızca PK 6.8, BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin nem değerlerinin %6'ın altında olduğu tespit edilmiştir.

4.2.3.2 Su aktivitesi

Bisküvi rneklerinin 45 günlük depolama boyunca ki (0. gün, 15. gün, 30. gün ve 45. gün) su aktivitesi değerleri izelge 4.10'da verilmiştir. Bisküvilerin su aktivitesi değerleri, bisküvilerin ilk üretildiği gün (0.gün) 0,19 – 0,36; 15. gün 0,24– 0,40; 30. gün 0,30 – 0,47 ve 45. gün 0,46–0,62 aralığında bulunmuştur.

Tüm bisküvi gruplarında raf ömrü süresi arttıķa su aktivitesi değerlerinin arttığı gözlenlenmiştir. Raf mr sonunda (45.gün), en yüksek su aktivitesi BEP 6,8 ($0,62\pm0,00$) bisküvi grubunda görülürken, en düşük su aktivitesi K1 kontrol grubunda ($0,46\pm0,01$) tespit edilmiştir. Bu durumun BEP 6,8 bisküvi grubunun yüksek protein ve nişasta bazlı glutensiz un içeriği ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Protein ve nişasta içeriği bisküvilerin su tutma kapasitesini, K1 grubuna kıyasla arttırmış ve su aktivitesi değerlerini yükseltmiştir. Diğer yüksek protein ilaveli bisküvi gruplarının ise (BAP,

PK) BEP bisküvi grubu ile benzerlik göstermemesinin sebebi olarak, farklı kaynaklardan elde edilmiş olmaları ve protein yapıları ve besin içeriklerinin farklılıklarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. BEP, BAP ve PK gruplarında protein ikame oranının artışına bağlı olarak ise 0. gün, 15. gün ve 30. günlerde su aktivitesi değerleri önemli derecede artma eğilimindedir ($p<0,05$). Ancak 45. güne gelindiğinde yalnızca BEP grubu bisküvilerde su aktivitesi değeri artmış, BAP ve PK bisküvi grupları su aktivitesi azalma eğilimi göstermiştir. Ancak bu azalma istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.10 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca su aktivitesi değerleri.*

0. Gün	K1	0,22±0,01 ^{BC}	0,22 ± 0,01 ^C
	K2	0,19±0,01 ^C	0,19 ± 0,01 ^D
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	0,31±0,01 ^{Aa}	0,36 ± 0,02 ^{Ab}
	BAP	0,22±0,03 ^{BCa}	0,30 ± 0,01 ^{Bb}
	PK	0,24±0,03 ^{Ba}	0,29 ± 0,01 ^{Bb}
	K1	0,24±0,02 ^A	0,24±0,02 ^B
	K2	0,27±0,05 ^A	0,27±0,05 ^B
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
15.Gün	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	0,31±0,06 ^{Aa}	0,40±0,01 ^{Ab}
	BAP	0,24±0,02 ^{Aa}	0,38±0,03 ^{Ab}
	PK	0,25±0,01 ^{Aa}	0,35±0,02 ^{Ab}
	K1	0,30±0,00 ^A	0,30±0,00 ^C
	K2	0,40±0,00 ^A	0,40±0,00 ^B
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	0,36±0,05 ^{Aa}	0,47±0,05 ^{Ab}
	BAP	0,40±0,08 ^{Aa}	0,40±0,03 ^{Ba}
30.Gün	PK	0,33±0,02 ^{Aa}	0,42±0,02 ^{ABb}
	K1	0,46±0,01 ^C	0,46±0,01 ^C
	K2	0,49±0,03 ^{BC}	0,49±0,03 ^C
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	0,47±0,02 ^{BCa}	0,62±0,00 ^{Ab}
	BAP	0,58±0,05 ^{Aa}	0,55±0,00 ^{Ba}
	PK	0,52±0,01 ^{ABa}	0,49±0,01 ^{Ca}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ($p<0,05$). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

En yüksek su aktivitesi değerleri tüm periyotlarda (0, 15,30 ve 45. gün) BEP 6,8 bisküvi grubuna ait olup, K1 ve K2 kontrol gruplarından önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Buğday unundan üretilen kontrol grubu (K1) ile kıyaslandığında, 0, 15 ve 30. günlerde protein ilavesiz K2 kontrol grubu ve düşük protein ikameli (%4,3) BAP ve PK grubu bisküvilerin, K1 kontrol grubu ile aralarında istatistiki bir fark görülmezken, yüksek protein ikameli (%6,8) bisküvi grupları ile K1 kontrol grubu arasında istatistiki farklılıklar tespit edilmiş ve su aktivitesi değerlerinde önemli derecede artış gözlemlenmiştir. Yüksek protein ilaveli (%6,8) bisküvilerin nem miktarlarındaki bu artışın, bileşimlerdeki protein miktarındaki artış ve bitkisel proteinlerin su tutma kapasitesinin glutene kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir.

Raf mr boyunca bisküvilerin su aktivitesindeki farklılıklar meydana gelmekte ve su moleküllerinin yeniden dağılarak denge durumuna gelme eğiliminde olduğu bilinmektedir [125]. Depolama boyunca bisküvilerin stabil olarak kalabilmesi, düşük su aktivitesitesi ile bağlantılıdır [126]. Özellikle nişasta retrogradasyonu sonucunda bisküvilerin su aktivitesinde değişiklikler meydana gelmektedir [127]. Bu nedenle bisküvilerde gevreklik kaybının önlenebilmesi için su aktivite değerinin 0.6'nın üzerine çıkması önerilmektedir [126]. Raf mr analizleri sonucunda, su aktivitesi değerlerinin 45. gün sonuna kadar 0,6'nın altında kaldığı (BEP 6,8 hariç) grlmektedir.

4.2.3.3 Tekstür zellikleri

Bisküvi sertliği, raf ömrü boyunca değişebilen kalite parametrelerinden biridir. Burada önemli olan nokta bisküvinin standart yapısında önemli derecedeki değişimin ne zaman başladığıdır. Bisküvi yapısının standart formundan uzaklaşıp, sertleşmeye veya yumuşamaya başlaması ürünün ne zamana kadar tktilebileceği hakkında bilgi vermektedir [144].

Bisküvi rneklerinin 45 günlük depolama boyunca ki (0, 15, 30 ve 45. gün) tekstür değerleri izelge 4.11'de verilmiştir Bisküvilerin sertlik değeri üretildiği 0.günde 1207,6 - 457,3 g, 15. gün 984,9 – 405,4 g; 30. gün 973,3 – 330,5 g ve 45. gün 881,67 – 209,17 g aralığında bulunmuştur. Tüm bisküvi gruplarında raf ömrü süresi arttıkça sertlik değerlerinin azaldığı grlmektedir.

Çizelge 4.11 : Bisküvi örneklerinin 45 günlük depolama boyunca sertlik değeri sonuçları.*

0. Gün	K1	1207,6±90,8 ^A	1207,6±90,8 ^A
	K2	457,3±47,5 ^C	457,3±47,5 ^D
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4.30	% 6.80
	BEP	514,4±90,8 ^{Ca}	457,6±59,8 ^{Da}
	BAP	744,1±27,5 ^{Ba}	580,6±55,2 ^{Cb}
15. Gün	PK	773,1±124,9 ^{Ba}	741,4±67,2 ^{Ba}
	K1	984,9±132,4 ^A	984,9±132,4 ^A
	K2	405,4±40,2 ^C	405,4±40,2 ^B
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4.30	% 6.80
	BEP	503,8±106,3 ^{Ca}	425,7±72,2 ^{Ba}
30. Gün	BAP	675,1±117,2 ^{Ba}	519,2±96,2 ^{Bb}
	PK	481,8±52,5 ^{Ca}	461,0±63,6 ^{Ba}
	K1	973,3±75,1 ^A	973,3±75,1 ^A
	K2	330,5±21,3 ^C	330,5±21,3 ^B
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4.30	% 6.80
45. Gün	BEP	428,5±85,7 ^{BCa}	371,5±46,4 ^{Ba}
	BAP	508,7±52,8 ^{Ba}	437,3±82,6 ^{Ba}
	PK	399,2±41,4 ^{Ca}	452,5±79,2 ^{Ba}
	K1	881,67±40,44 ^A	881,67±140,44 ^A
	K2	275,67±42,69 ^B	275,67±42,69 ^{CD}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
45. Gün	Örnek	% 4.30	% 6.80
	BEP	379,08±38,45 ^{Ba}	209,17±14,76 ^{Db}
	BAP	346,50±13,09 ^{Ba}	372,67±54,36 ^{BCa}
	PK	346,92±58,24 ^{Ba}	404,17±9,36 ^{Ba}

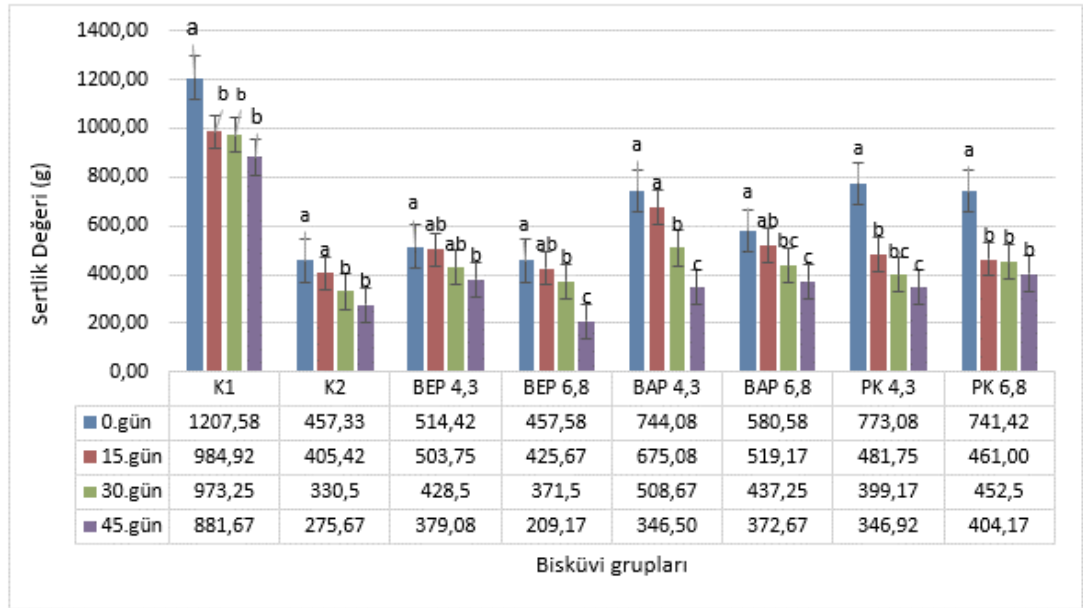
* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

45.gün sonunda en düşük sertlik değeri BEP 6,8 (209,17±14,76 g) bisküvi grubunda görülürken, en yüksek sertlik değeri K1 kontrol grubunda (881,67±40,44) tespit edilmiştir. Tekstür analiz sonuçlarına göre her ne kadar BEP, BAP ve PK gruplarında protein ikame oranının artışıyla ilgili olarak sertlik değerlerinde genel olarak azalma eğilimi gözlemlense de, bu azalma 0 ve 15.gün deki BAP grubu bisküvileri hariç istatistiki açıdan önemli değildir (p>0,05). Ayrıca 45. güne gelindiğinde yalnızca BEP

grubu bisküvilerde sertlik değeriindeki azalma devam ederken, BAP ve PK bisküvi gruplarının sertlik değerlerinde artma eğilimi görülmektedir. ($p<0,05$). En düşük sertlik değerleri tüm periyotlarda (0, 15, 30 ve 45. gün) glutensiz K2 kontrol ve BEP 6,8 bisküvi gruplarına ait olup, K1 kontrol gruplarından önemli derecede farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buğday unundan üretilen kontrol grubu (K1) ile karşılaştırıldığında, protein ilaveli BEP, BAP ve PK bisküvi gruplarının, K1 kontrol grubu ile aralarında tüm raf ömrü boyunca istatistiki farklılıklar tespit edilmiş ve sertlik değerlerinde önemli derecede azalma olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Tüm bu sonuçlar gösteriyor ki bisküvide kullanılan bitkisel protein çeşidi ve miktarı ürün tekstürünü raf ömrü boyunca etkilemektedir. Kullanılan protein kaynağı ve un içeriğinin su tutma kapasitesi, bisküvilerin tekstür değerini değiştirmektedir. Çalışmada kullanılan glutensiz un karışımı ve bitkisel protein ilavesi hamurda su tutma kapasitesini buğday unlu bisküvilere göre arttırdığı, raf ömrü boyunca su aktivitesi ve nem içeriği yükselen bisküvilerin sertlik değerlerinin azalmasına sebep olduğu görülmektedir. Ayrıca protein ilaveli bisküvilerin sertlik değerinin raf ömrü boyunca glutensiz K2 bisküvilerine göre ise daha yüksek olduğu da gözlemlenmiştir. Bu durum ise protein-nişasta etkileşimi ile oluşan kompozit hamur yapısının, hamur gücü ve son ürün sertliğini artırması şeklinde yorumlanmıştır. Bisküvi gruplarının raf ömrü süresi boyunca tekstür değerlerindeki değişim, Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1: Bisküvi gruplarının raf ömrü süresi boyunca tekstür (sertlik) değerlerindeki değişim.

Bisküvi gruplarının raf ömrü süresi boyunca tekstür değerlerindeki değişim incelendiğinde, K1 kontrol grubunun sertlik değeri 0.gün dışında 15, 30 ve 45.günlerde önemli bir değişiklik göstermemiştir ($p<0,05$). BEP 4.3 ve PK 6.8 grubu bisküviler de K1 kontrol grubu ile benzer davranış göstermiş ve 0.gün haricinde diğer günlerde tekstür değerinde önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir ($p<0,05$). Ancak BEP 6,8, BAP 4,3, BAP 6,8 ve PK 4.3 bisküvi gruplarının 45.günde sertlik değerlerinin 0 ve 15. günlere göre önemli derecede azaldığı görülmektedir ($p<0,05$).

Raf ömrü testlerinde her periyotta bisküvi tadımı bireysel olarak yapılarak numuneler duyuşal olarakta değerlendirilmiş, 30.günde yalnızca BEP 6.8 bisküvi grubunda, 45. günde ise kontrol bisküvi grupları dahil olmak üzere tüm bisküvilerde hissedilir derecede yumuşama olduğu tespit edilmiştir. 45. günde kontrol bisküvilerinin de depolama koşulları (37°C ve %75 RH) sebebi ile yumuşadığı, duyuşal değerlendirme açısından bitkisel protein ilaveli bisküviler ile arasında önemli bir fark olmadığı (BEP 6.8 hariç) tespit edilmiştir. Bu durum, raf ömrü açısından glutensiz bisküvilerin, endüstriyel üretim için glutenli bisküvilere bir alternatif olabileceğini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, bisküvilerde gevreklik kaybının önlenmesi için su aktivitesi değerinin 0.6' nın üzerine çıkmaması ve nemin %1-5 arasında olması gerektiği önerilmektedir [126, 127]. Raf ömrü analizleri sonucunda, su aktivitesi değerlerinin 45.gün sonuna kadar 0,6' nın altında kaldığı, nem değerlerinin ise 30.güne kadar %5' in üzerine çıkmadığı, 45.günde ise kontrol grupları ile birlikte yalnızca PK 6.8, BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin nem değerlerinin %6' ın altında olduğu tespit edilmiştir. Sertlik değerindeki değişim incelendiğinde ise yine PK 6.8 ve BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubu ile benzer davranış gösterdiği ve 15, 30 ve 45.günlerde tekstür değerlerinde önemli bir değişim göstermediği tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Tüm bu bilgiler ve raf ömrü boyunca nem, su aktivitesi ve sertlik değerlerindeki değişimlerin ışığında, raf ömrü boyunca K1 kontrol grubu ile en yakın sonuçların PK 6.8, BEP 4,3 grubu bisküvilere ait olduğu ve 45.günün sonunda önemli kalite parametrelerinden olan nem ve su aktivitesi değerlerinin kritik seviyelere çıkmadığı gözlemlenmiştir.

Yalancı tahıl (amarant, karabuğday, kinoa) ve baklagil (bakla, börölce, maş fasulyesi) unları ikamesinin patates unu ve nişastası ile üretilen glutensiz krakerlerin kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, üretilen

krakerlerin tüketici tercihlerine göre genel olarak hepsinin kabul gördüğü ancak krakerlerin modifiye atmosfer ambalaj kullanılarak depolanma sürecinde duyusal beğenirliğinin 12. ayda önemli düzeyde azaldığı görülmüştür. Dolayısıyla raf ömrü olarak 9 ay depolama süresi önerilmiştir [58].

Yapılan başka bir çalışmada, 4 farklı un kombinasyonu (karabuğday (%100), karabuğday-mısır (%50-50), karabuğday-pirinç (%50-50), karabuğday-mısırpirinç (%50-25-25)) ve transglutaminaz (TG) ilaveli ve ilavesiz olarak hazırlanan kurabiye hamurları modifiye atmosferde (%70 N₂, %30 CO₂) paketlenerek 25°'deki inkübatörde 6 ay boyunca saklanmış ve uygulanan matematiksel-istatistiksel yaklaşımla kurabiyelerin serbest yağ asitliği sonuçları baz alınarak raf ömürleri bir program yardımıyla hesaplanmıştır. Karabuğday unu (%100) ve karabuğday-mısır unu kombinasyonu ile üretilen kurabiyelerin 6 aylık raf ömrünün altında bir değere sahip iken, karabuğday-pirinç unu ve karabuğday-mısır-pirinç unu kombinasyonu ile hazırlanan kurabiyelerin en az 180 gün rafta bozulmadan kalabileceği rapor edilmiştir [138].

Yine başka bir çalışmada, % 0, %10, %20 ve %30 oranlarında incir çekirdeği unu kullanılarak hazırlanan glutensiz 5 ay boyunca depolanmıştır. Üretilen glutensiz bisküvilerin depolama boyunca sertlik değerlerindeki değişim incelenmiş ve kullanılan incir çekirdeği unu ilavesine bağlı olarak bisküvilerin sertlik değerleri 1. ve 3. ayda artarken, 5. ayda nem değerlerinin artmasına bağlı olarak azaldığı rapor edilmiştir [145].

Farklı kestane unu seviyelerinin (0, 500, 800, 1000 g/kg) glutensiz bisküvi formülasyonlarındaki etkisinin, 60 günlük bir depolama süresince değerlendirildiği bir çalışmada, sıfırıncı günde, en yüksek kestane unu içeriğine (1000 ve 800 g/kg) sahip olan bisküvilerin, en yüksek sertlik değerlerini verdiği tespit edilmiştir. Araştırmacılar, depolama sırasında sertlik değerlerinin arttığını, ancak yalnızca 1000 g/kg kestane unu ile üretilen örneklerin sertlik değerlerinin sabit kaldığını bildirmişlerdir.

4.2.4 Duyusal özellikler

Bisküvi örnekleri tekstür (sertlik ve gevreklik), tat, renk, tadım sonrası ağızda istenmeyen tat ve genel kabul edilebilirlik olmak üzere 6 farklı parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Glutensiz bisküvilere ait duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12 : Bisküvi örneklerinin duyusal özellikleri.*

Sertlik	K1	7,60 ± 1,76 ^A	7,60 ± 1,76 ^A
	K2	6,20 ± 1,40 ^{AB}	6,20 ± 1,40 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	5,30 ± 0,89 ^{Ba}	4,70 ± 1,42 ^{Ba}
	BAP	7,55 ± 0,69 ^{Aa}	6,40 ± 2,09 ^{ABa}
	PK	6,85 ± 1,27 ^{ABa}	5,95 ± 1,91 ^{ABa}
	K1	7,25 ± 1,38 ^{AB}	7,25 ± 1,38 ^A
	K2	6,05 ± 1,21 ^{BC}	6,05 ± 1,21 ^{AB}
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
Gevreklik	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	5,45 ± 1,04 ^{Ca}	4,75 ± 0,72 ^{Ba}
	BAP	7,50 ± 0,71 ^{Aa}	6,25 ± 1,72 ^{ABb}
	PK	6,90 ± 1,15 ^{ABa}	6,20 ± 1,01 ^{ABa}
	K1	7,20 ± 1,32 ^A	7,20 ± 1,32 ^A
	K2	6,85 ± 0,71 ^A	6,85 ± 0,71 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	6,50 ± 0,94 ^{Aa}	6,05 ± 1,04 ^{Aa}
	BAP	6,90 ± 1,35 ^{Aa}	6,35 ± 1,27 ^{Aa}
Tat	PK	6,55 ± 1,61 ^{Aa}	6,10 ± 1,35 ^{Aa}
	K1	6,20 ± 1,46 ^{AB}	6,20 ± 1,46 ^A
	K2	5,80 ± 1,77 ^B	5,80 ± 1,77 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	6,75 ± 1,42 ^{ABa}	7,15 ± 1,00 ^{Aa}
	BAP	7,00 ± 1,18 ^{ABa}	6,60 ± 1,10 ^{Aa}
	PK	7,60 ± 0,84 ^{Aa}	7,15 ± 1,11 ^{Aa}
	K1	8,10 ± 1,17 ^A	8,10 ± 1,17 ^A
	K2	7,80 ± 1,48 ^A	7,80 ± 1,48 ^A
Renk	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	7,55 ± 0,99 ^{Aa}	6,90 ± 1,22 ^{Aa}
	BAP	7,80 ± 1,42 ^{Aa}	6,55 ± 2,01 ^{Aa}
	PK	6,35 ± 2,32 ^{Aa}	6,40 ± 1,90 ^{Aa}
	K1	7,25 ± 1,55 ^A	7,25 ± 1,55 ^A
	K2	6,75 ± 1,48 ^A	6,75 ± 1,48 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	7,05 ± 1,26 ^{Aa}	6,10 ± 1,10 ^{Aa}
Tadım sonrası ağızda istenmeyen tat	BAP	7,15 ± 1,16 ^{Aa}	6,45 ± 1,41 ^{Aa}
	PK	6,80 ± 1,23 ^{Aa}	6,40 ± 1,52 ^{Aa}
	K1	7,25 ± 1,55 ^A	7,25 ± 1,55 ^A
	K2	6,75 ± 1,48 ^A	6,75 ± 1,48 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	7,05 ± 1,26 ^{Aa}	6,10 ± 1,10 ^{Aa}
	BAP	7,15 ± 1,16 ^{Aa}	6,45 ± 1,41 ^{Aa}
	PK	6,80 ± 1,23 ^{Aa}	6,40 ± 1,52 ^{Aa}
	K1	7,25 ± 1,55 ^A	7,25 ± 1,55 ^A
Genel beğeni	K2	6,75 ± 1,48 ^A	6,75 ± 1,48 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80
	BEP	7,05 ± 1,26 ^{Aa}	6,10 ± 1,10 ^{Aa}
	BAP	7,15 ± 1,16 ^{Aa}	6,45 ± 1,41 ^{Aa}
	PK	6,80 ± 1,23 ^{Aa}	6,40 ± 1,52 ^{Aa}
	K1	7,25 ± 1,55 ^A	7,25 ± 1,55 ^A
	K2	6,75 ± 1,48 ^A	6,75 ± 1,48 ^A
	Protein ilaveli örneklerle ait son ürün protein oranı		
	Örnek	% 4,30	% 6,80

* Aynı sütun içerisinde farklı büyük harflerle ve aynı satır içerisinde farklı küçük harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0,05). K1 ve K2 Kontrol örneklerinde seviye bulunmamaktadır

K1: %100 Buğday unu ile hazırlanmış bisküvi, **K2:** %100 Glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BEP:** Bezelye proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **BAK:** Bakla proteini ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi, **PK:** Protein karışımı ve glutensiz un karışımı ile hazırlanmış bisküvi

Tüketiciler tarafından yapılan duyuşal değerlendirmeler, gıdaların tüketilebilirlik, nihai ürünün kabul edilme veya reddedilme kararının verilmesini sağlayan parametrelerden biridir. Her ne kadar bir gıdanın ilk olarak görünüşü tüketicilere bir etki yaratıyor olsa da tat ve kokusu da tüketici değerlendirmesini etkilemekte, satın alma ve tüketim kararını belirlemektedir [146].

Bitkisel protein ilave edilerek üretilen bisküvilerin sertlik değerleri, 4,70-7,55 arasında bulunmuştur. Bu değerler, buğday unu ve glutensiz un karışımı kullanılarak hazırlanan K1 ve K2 kontrol grubu örneklerin sertlik puanları ile kıyaslandığında (sırasıyla 6.20 ve 7.60) sertlik beğenisinde bir azalma olduğu ancak bu azalmanın BEP grubu hariç önemli düzeyde olmadığı ($p<0,05$) görölmektedir. Bitkisel protein oranı arttıkça, tekstür (sertlik) beğenisinde bir düşüş olduğu gözlenmiştir ancak bu düşüş yine istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). En yüksek sertlik puanları (7,6, 7,55 ve 6,85), sırasıyla, kontrol K1 grubu ve düşük protein ilaveli BAP 4,3 ve PK 4,3 no'lu örneklere verilmiştir. En düşük sertlik puanlarını ise sadece yüksek protein ilave edilen BEP 6,8 ve PK 6,8 (sırasıyla 4,70 ve 5,95) almıştır. Glutensiz kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise protein ilaveli bisküvilerin K2 kontrol grubu ile aralarında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde, protein ilaveli glutensiz bisküvilerin panelistler tarafından sertlik özelliği açısından değerlendirildiğinde, her ne kadar buğday unlu kontrol grubuna göre daha düşük puanlar almış olsa da, BEP 6,8 grubu hariç istatistiksel açıdan benzer ve kabul edilebilir seviyede olduğu, protein ilavesinin sertlik değerlerini çok fazla düşürmediği belirlenmiştir.

Bisküvilere verilen gevreklik puanları incelendiğinde, protein ilaveleri ile üretilen bisküvilerin puanları (4,75-7,50), BEP grubu hariç glutensiz un karışımı ile hazırlanan K2 kontrol grubundan (6,05) yüksek; BAP 4,3 grubu hariç buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubundan (7,25) ise düşük bulunmuştur ancak K1 kontrol grubuna kıyasla bu düşüş istatistiksel açıdan önemli değildir (Çizelge 3,6). Protein oranı arttıkça, bisküvilerin gevreklik puanlarında azalma meydana gelmiştir. En yüksek gevreklik puanları (7,50, 7,25 ve 6,90), sırasıyla, BAP 4,3, K1 ve PK 4,3 nolu örneklere verilmiştir. En düşük gevreklik dağılma puanlarını (6,05, 5,45 ve 4,75) ise, sırasıyla, K2, BEP 4,3 ve BEP 6,8 no'lu bisküviler almıştır. Panelistler bu örneklerin ağızda kolayca dağıldığını ve gevrek olduğunu, sözlü olarak da ifade etmişlerdir. BEP 6,8 bisküvileri haricinde bitkisel protein ilavesinin, yüksek su tutma özelliğine rağmen

bisküvi yapısını aşırı yumuşatmadığı ve gevreklik kaybına yol açmadığı gözlemlenmiştir.

Üretilen bisküvilerin tat puanları, 6,05-7,20 arasında değişmektedir. Tat açısından en az beğenilen örnek, 6,05 puan ile yüksek protein ilaveli BEP 6,8 nolu bisküvi olurken, en çok beğenilen ise 7,20 puan ile buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubuna aittir. Protein ilave oranı arttıkça bisküvilerin tat puanlarında önemsiz düzeyde bir düşüş olmuş ancak tüm bisküvi örnekleri tat açısından birbirleri ve kontrol grubu ize benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Bitkisel protein ilaveli örnekler arasında en yüksek tat puanının BAP 4,3 bisküvi gruba ait olduğu belirlenmiştir. Panelistler tüm örneklerin tat açısından beğendiklerini ve aralarında önemli bir fark hissetmediklerini sözlü olarak da ifade etmişlerdir.

Üretilen bisküvilerin renk puanları 5,80-7,60 arasında bulunmuştur. En yüksek renk puanı 7,60 ile PK 4,3 grubuna ait iken en düşük renk puanını 5,80 ile K2 glutensiz kontrol grubu almıştır. Protein ilaveli bisküviler birbiri ile karşılaştırıldığında protein artışına bağlı olarak renk puanlarında önemli bir değişiklik olmamıştır ($p>0,05$). Yüksek protein ilaveli (%6,8) BEP, BAP ve PK bisküvi grupları K1 ve K2 kontrol grupları ile benzerlik gösterirken ($p>0,05$), düşük protein oranına sahip (%4,3) bisküvi gruplarında da PK grubu hariç BEP ve BAP grubu bisküviler ile K1 ve K2 kontrol grupları arasında önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p<0,05$). Protein ilavesiz K2 kontrol grubundaki bisküvilerin maillard reaksiyonunun daha az gerçekleşmesi sebebiyle daha açık renge sahip olması, PK 4,3 (protein ilaveli) bisküvilere göre, panelistler tarafından beğeniyi önemli düzeyde ($p<0,05$) azalttığı tespit edilmiştir.

Besleyici değerleri açısından oldukça önemli bir besin grubu olan baklagiller faydalı bileşenlerinin yanı sıra yapılarında antibesinsel bileşenlerde içermektedir. Bu antibesinsel bileşenlerden biri olan amin yapıdaki alkaloidler tadı olumsuz yönde etkilemekte, acı ve istenmeyen bir tat oluşuna sebep olabilmektedir [56].

Panelistlere, üretilen bisküvilerde tadım sonrası ağızda istenmeyen bir tat bırakıp bırakmadığı sorulmuş ve 1 (Aşırı hissedilmekte, hiç beğenmedim) ve 9 (Hiç hissedilmiyor, çok beğendim) arasında bir puan vermeleri istenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, tüm baklagil protein ilaveli bisküvi gruplarının K1 ve K2 kontrol bisküvileri ile önemli derecede benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p>0,05$). En yüksek puanı buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubu alırken (8,19); en düşük puan 6,35

ile protein karışımı ilaveli PK 4,3 bisküvi grubun aittir. Her ne kadar BEP ve BAP gruplarında protein ilave oranının artışı ile birlikte K1 ve K2 kontrol gruplarına kıyasla verilen puanlarda bir düşüş gözlemlense de bu düşüş istatistiki açıdan önem arz etmektedir ($p>0,05$). Panelistler tarafından tadım sonrası olumsuz bir yorum ile karşılaşılmamıştır.

Genel beğeni puanları incelendiğinde, bitkisel protein ilavesi ile glutensiz üretilen bisküvilerin genel beğeni puanlarının, 6,10 ve 7,15 arasında olduğu görülmektedir. 5 ve üzeri puan aldıkları için protein ilaveli glutensiz bisküvilerin kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu söylenebilir. Protein ikame oranı arttıkça, kontrol örneklerine kıyasla genel beğenide bir azalma olduğu gözlenmiştir. Ancak bu azalma istatistiki açıdan önemli olmayıp, protein ilaveli glutensiz bisküvilerin buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol bisküvileri ile arasında önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). En yüksek genel beğeni puanı 7,25 ile K1 kontrol grubuna, en düşük genel beğeni puanı ise 6,10 ile BEP 6,8 bisküvi grubuna aittir. (Çizelge 3.9).

Çoğunlukla tüketiciler sağlıklı diyetler için, duyuşal özellikleri bakımından yetersiz olan ürünler tercih edebilmektedir. Vücut için daha sağlıklı olduğu kabul edilen bu diyetler, belirli olumsuz duyuşal özellikler sahip olmasına rağmen kabul görmektedirler [147, 148].

Genel olarak glutensiz tahıl ürünlerinde de benzer şekilde bazı duyuşal özelliklerinde glutenli ürünlere kıyasla istenmeyen kalite özelliklerine rastlanılmaktadır [149]. Yapılan bir çalışmada, çölyak hastalığına sahip çocukların glutensiz bisküvileri değerlendirmeleri istenmiş ve glutensiz bisküviler çocukların lezzet beklentisini karşılayamamıştır [42].

Çalışmamızda, bisküvi formülasyonlarına, buğday ununa ikame olarak glutensiz un karışımı kullanılmış, glutensiz ürünün duyuşal özelliklerindeki olumsuzlukların kısmen de olsa giderilmesini ve kabul edilebilir niteliklerde son ürün eldesini sağlamak için bezelye, bakla ve bir protein karışımı kullanılmıştır. Özetle, glutensiz un karışımına protein ilavesi ile üretilen bisküvilerin, tüm duyuşal analiz parametrelerinden (BEP 6,8 grubu sertlik ve gevreklik değerleri hariç) 5 ve üzeri puan aldığı ve kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda çalışmamız kapsamında, glutensiz bisküvilere bitkisel protein ikamesi suretiyle üretilen bisküvilerin, panelistler tarafından kabul gördüğü düşünülmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı; çölyak ve çölyak harici gluten duyarlılığı olan hastaların tüketimlerine uygun, farklı bitkisel protein kaynakları kullanılarak glutensiz bisküvi reçetesinin geliştirilmesi ve geliştirilen bu glutensiz bisküvilerin kalite özelliklerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, buğday unu yerine, piyasadan temin edilen ve içerisinde pirinç unu, patates nişastası, topyoka nişastası ve ksantan gum bulunan glutensiz un karışımı kullanılmıştır. Buna ilaveten, yine piyasadan temin edilen, üç farklı bitkisel protein kaynağı (bezelye protein izolatı (%83 protein), bakla protein konsantresi (%60 protein) ve nohut, bezelye ve ayçekirdeği proteinlerinden oluşan bir protein karışımı (%66 protein)) bisküvi formülasyonuna, son ürün protein oranı %4,3 ve %6,8 olacak şekilde glutensiz un karışımına ilave edilerek kullanılmıştır. Üretilen bisküvilerin; besin öğeleri kompozisyonu, fiziksel ve duyuşsal özellikleri ile hızlandırılmış raf ömrü sonuçları değerlendirilirken, kullanılan un karışımlarının da fonksiyonel özellikleri incelenmiştir.

Glutensiz bisküvi üretiminde kullanılan unların fonksiyonel özellikleri son ürün kalitesini etkilemektedir. Yüksek su ve yağ tutma özellikleri, unlarda jel oluşturma, emülsifikasyon ve köpük oluşturma kapasitelerini arttırarak, glutensiz ürün formülasyonlarında, gluten ikamesi olarak bu unların kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Bitkisel protein ilaveli glutensiz unların, su ve yağ tutma kapasiteleri ile buğday unu arasında önemli bir farklılık gözlemlenmezken, protein ikame oranındaki artış ile unların su tutma kapasitesinde bir miktar artış belirlenmiştir. Bu durum protein bileşenlerinin hidrofilik ve hidrofobik özellikleri taşıyan amfifilik yapısı sayesinde yüksek su ve yağ tutma özellikleri ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde BEP 6,8 grubu hariç, bitkisel protein ilaveli glutensiz unların, emülsiyon aktivitesi ve stabilitesi değerleri ile buğday unu arasında önemli derecede benzerlik söz konusudur.

Bitkisel protein ilavelerinin glutensiz bisküvilerin fiziksel özelliklerine etkisi incelendiğinde; bisküvi bileşimindeki bitkisel protein ikame oranı arttıkça, bisküvi çapında ve kalınlığında bakla protein ilaveli glutensiz bisküviler (BAP) hariç azalma eğilimi gözlemlenmiştir. Çap ve kalınlıktaki bu değişim, yayılma oranlarına da

yansıması olup, formülasyona ilave edilen bitkisel proteinlerin, bisküvilerin yayılma oranları, buğday unu ile hazırlanmış kontrol bisküvilerine göre azalmıştır. Bu veriler değerlendirildiğinde, bitkisel protein ilaveli bisküvilerin, %100 glutensiz un karışımı ve buğday ununa göre daha yüksek oranda ve daha yüksek su tutma kapasitesine sahip, protein ve diyet lifi içeriği sebebiyle, yapıdaki serbest suyun kısıtlandığı ve bunun sonucunda da bisküvinin çap, kalınlık ve yayılma oranının etkilediği söylenebilir. Yayılma oranı açısından yalnızca BAP 6,8 bisküvisi K1 ve K2 kontrol bisküvileri ile benzerlik göstermektedir.

Bitkisel protein ilaveli bisküvilerde, hem protein bileşenlerinin hem de glutensiz un içeriğinde yer alan ksantan gum gibi hidrokolloid maddelerin su absorbe etme özellikleri nedeniyle pişme kaybının buğday unlu kontrol bisküvilerine göre düşük olması beklenmektedir. Ancak pişme kaybı sonuçlarına göre, buğday unundan üretilen kontrol bisküvi örneklerine kıyasla, protein ilaveli glutensiz bisküvilerde yüksek pişme kaybı görülmektedir. Bu durumun sebebi olarak, formülasyon reçetelerinde kullanılan su miktarındaki farklılık gösterilebilir. Protein ilaveli formülasyonlarda kullanılan su miktarının, buğday unu ile hazırlanan kontrol reçetesine göre daha yüksek oranda kullanımına bağlı olarak, pişme sırasında su kaybının daha yüksek olduğu söylenebilir. Pişme kaybı açısından yalnızca PK 4,3 ve BAP 6,8 bisküvileri K1 kontrol bisküvileri ile benzerlik göstermektedir.

Bisküvilerin renk ölçümü sonuçları incelendiğinde, protein oranları ve maillard reaksiyonuna bağlı olarak renk değerleri değişkenlik göstermektedir. Glutensiz K2 kontrol bisküvilerinde zayıf renk gelişiminin, pişirme sırasında enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarındaki azalmadan kaynaklanmış olabileceğini düşünülürken, protein ilaveli glutensiz bisküvilerde ise K1 ve K2 kontrol bisküvilerine kıyasla L* (parlaklık) değerinin azaldığı ve daha koyu renkte oldukları gözlenmiştir.

Bitkisel proteinlerin ilavesi, bisküvi sertliğini, buğday unlu kontrol bisküvilerine göre, önemli düzeyde azaltmıştır. Glutensiz bisküvilerdeki bitkisel protein, lif ve hidrokolloid gibi su tutma özelliğine sahip bileşenlerin varlığının, bisküvilerin nem oranını arttırırken, bisküvi sertliğini önemli düzeyde azaltmış olması, beklenen bir sonuçtur. Aynı zamanda buğdayda buluna gluten proteinin kompozit hamur yapısında, bitkisel protein kaynaklarına kıyasla daha güçlü bir etkiye sahip olduğu ve gluten ağ yapısının, güçlü protein matriks yapısını proses boyunca koruyarak hamur gücü ve son ürün sertliğini arttırdığı düşünülmektedir.

Bitkisel protein konsantrasyonunda ki artışa bağı olarak ise bisküvilerin su aktivitesi değerlerinde önemli düzeyde bir artış gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Kontrol grupları ile karşılaştırıldığında, %4,3 protein seviyesindeki BAP ve PK ilaveli bisküvi örneklerinin, buğday unundan elde edilen K1 kontrol grubu ile benzer olduğu görülmektedir ancak %6,8 protein seviyesine sahip bisküviler ile kontrol grupları arasında önemli farklılık olduğu ve su aktivitesi değerlerinin arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bisküvilerde gevreklik kaybının önlenmesi için su aktivitesi değerinin 0.6'nın üzerine çıkmaması önerilmektedir. Tüm bisküvi grupları, su aktivitesi değerlerinin buna uygun olarak 0,19-0,36 aralığında değişiklik göstermektedir.

Bitkisel protein ilaveli bisküvilerin her iki seviyede de buğday unu ilaveli K1 bisküvi örneklerinin nem değerinden yüksek olması, bitkisel proteinlerin su tutma kapasitesinin glutene kıyasla daha yüksek olması ile ilişkilendirilebilir. Özellikle %6,8 son ürün protein orana sahip glutensiz bisküvilerin nem oranı, buğday unlu bisküvilere kıyasla önemli derecede yüksek bulunmuştur. Bisküvinin gevreklik ve mekanik dayanıklılık gibi kalite kriterleri üzerinde direkt olarak etkili olan nem içeriğinin tüm bisküvi gruplarında olması beklenildiği gibi %5'in altında olduğu görülmektedir.

Sadece glutensiz un karışımı ile karşılaştırıldığında, bitkisel protein ilaveli bisküvilerin protein miktarlarında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış sağlamıştır. Örneklerdeki bu önemli düzeyde protein artışı, kullanılan glutensiz un karışımının protein içeriğinin (%3) çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece, bitkisel proteinlerin katkısı sayesinde, glutensiz bisküvilerin, besin değerinde önemli bir gelişme sağlanmıştır. BEP 6,8 ve PK 6,8 grubu bisküvilerin protein değerleri ise buğday unu bisküviler ile benzerlik göstermiştir.

Bisküvi örneklerinin genel olarak birbirine yakın yağ oranlarına sahip olduğu ve istatistiki açıdan farklılıklar bulunsa da bisküvilerin yağ oranlarında çok yüksek bir artma veya azalma saptanmamıştır. Bu durumun ana sebebi olarak glutensiz ürünlerde kullanılan baklagillerin, çok yüksek seviyede yağ oranlarına sahip olmaması gösterilebilir.

Özellikle yüksek konsantrasyondaki (%6,8) BAP ve PK ilaveli bisküvilerin kül değerlerinin, K1 ve K2 kontrol örneklerinden önemli düzeyde yüksek iken; karbonhidrat değerlerinin kontrol örneklerinden önemli düzeyde düşük olduğu

gözlemlenmiş ve bu durumun ana sebebi olarak bu bitkisel protein kaynaklarının, buğday unu ve glutensiz un karışımına göre daha yüksek mineral ve düşük karbonhidrat içeriğine sahip olması gösterilmiştir.

Genel olarak, raf ömrü boyunca bisküvilerde gevreklik kaybının önlenmesi için su aktivitesi değerinin 0.6' nın üzerine çıkmaması ve nemin %1-5 arasında olması gerektiği önerilmektedir. Raf ömrü analizleri sonucunda, su aktivitesi değerlerinin 45.gün sonuna kadar 0,6'nın altında kaldığı, nem değerlerinin ise 30.güne kadar %5'in üzerine çıkmadığı, 45.günde ise kontrol grupları ile birlikte yalnızca PK 6.8, BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin nem değerlerinin %6'ın altında olduğu tespit edilmiştir. Hızlandırılmış raf ömrü süresince, sertlik değerindeki değişim incelendiğinde ise yine PK 6.8 ve BEP 4,3 protein ilaveli bisküvilerin buğday unu ile hazırlanan K1 kontrol grubu ile benzer davranış gösterdiği ve 15, 30 ve 45.günlerde tekstür değerlerinde önemli bir değişim göstermeyerek nem ve su aktivitesi değerlerinin kritik seviyelere çıkmadığı tespit edilmiştir.

Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre, glutensiz un karışımına bitkisel protein ilavesi ile üretilen bisküvilerin, sertlik, gevreklik, tat, renk, tadım sonrası istenmeyen tat gibi tüm duyuşsal analiz parametrelerinden (BEP 6,8 grubu sertlik ve gevreklik değerleri hariç) 5 ve üzeri puan aldığı ve tüm bisküvi gruplarının 6,10 ile 7,25 aralığındaki genel beğeni puanları ile kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda çalışmamız kapsamında, glutensiz bisküvilere bitkisel protein ikamesi suretiyle üretilen bisküvilerin, panelistler tarafından kabul gördüğü düşünülmektedir.

Sonuç olarak, çalışmamız kapsamında, buğday ununun farklı bitkisel protein ilaveli glutensiz un karışımları ikame edildiği bisküvi örneklerinin, panelistler tarafından genel beğeni anlamında kabul görülmesi, önemli bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Bisküvi formülasyonlarında, bezelye, bakla ve farklı bitkisel proteinleri içeren protein karışımının glutensiz unlara ilave olarak kullanılması, glutensiz ürünlerin tüketici beğenisini azaltan olumsuz duyuşsal ve düşük besin değeri özelliklerinin giderilmesini ve kabul edilebilir niteliklerde ürün eldesini sağladığından, sonuçlar, oldukça önemli bir bulgu olarak değerlendirilmektedir. Sonuçlar, bitkisel protein ilaveli bisküvilerin endüstriyel olarak buğday unlu bisküvilere alternatif olabileceğini göstermesi açısından önem arz etmektedir.

Endüstriyel bisküvi üretimlerinde sıklıkla un işlem maddesi olarak kullanılan, çeşitli hammaddelerin de (enzimler, emülgatörler vb.) formülasyonlara ilavesi ile bitkisel protein kaynaklarının, glutensiz bisküvi üretimindeki uygulamalarında daha başarılı sonuçlar alınabileceği; hamur özellikleri, tekstür ve yeme hissiyatının yanı sıra raf ömrü süresini uzatarak, bu süre boyunca istenilen bisküvi kriterlerinin korunmasında önemli pozitif etkiler sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca, yapılan literatür araştırması sonucu, izolat veya konsantre formda bitkisel proteinlerin bisküvi üretiminde kullanımı ile ilgili çalışmaya rastlanmamış ve bu sebeple, söz konusu çalışmada elde edilen olumlu sonuçların ileride yapılacak çalışmalara öncülük edip, katkı sağlayacağı düşünülmektedir.





KAYNAKLAR

- [1] **Das, A.B., Bhattacharya, S.** (2019). Characterization of the batter and gluten free cake from extruded red rice flour, *LWT*, **102** 197–204.
- [2] **Agboola, S., Ng, D., Mills, D.** (2005). Characterisation and functional properties of Australian rice protein isolates, *Journal of cereal science*, **41** (3), 283–290.
- [3] **Aydar, A.Y., Akgün, A., Dengiz, İ.T.** (2019). Glutensiz diyetle kullanılan alternatif hammaddeler, *Geleceğin Dünyasında*, 20.
- [4] **Wesley, S.D., André, B.H.M., Clerici, M.T.P.S.** (2021). Gluten-free rice & bean biscuit: Characterization of a new food product, *Heliyon*, **7** (1),.
- [5] **Önder, K.** (2016). Türkiye bisküvi, çikolatalı ve şekerli mamuller sektörü: Firma yoğunlaşma analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **31** (2), 179–208.
- [6] **Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** (2023). *Sanayi ürünleri üretim miktarı, 2005 - 2022*. [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-\(PRODCOM\)-Istatistikleri-2022-49370](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Sanayi-Urun-(PRODCOM)-Istatistikleri-2022-49370). Accessed: 2023-12-24.
- [7] **Rao, P. Haridas** (2006). Technology of Biscuits. *Block-3 Fundamentals of Baking*. Indira Gandhi National Open University, School of Agriculture (IGNOU). 40–67.
- [8] **Anonim** (2017). Bisküvi Standardı.
- [9] **Sykes, G.B., Davidson, I.** (2020). *Biscuit, cookie and cracker process and recipes*. Academic Press.
- [10] **Karakoç, F.B.** (2021). *Menengiç, susam ve keten tohumunun bisküvi formülasyonuna ilavesinin bisküvinin kalitesi ve raf ömrü üzerine etkileri*. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [11] **Yıldız, E.** (2019). *Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevia kullanımı*. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- [12] **Kouhsari, F., Saberi, F., Kowalczewski, P. \Lukasz, Lorenzo, J.M., Kieliszek, M.** (2022). Effect of the various fats on the structural characteristics of the hard dough biscuit, *LWT*, **159** 113227.
- [13] **Tekin, G.** (2020). *Düşük fenilalanin içerikli glutensiz bisküvi üretiminde bazı hidrokolloidlerin etkilerinin belirlenmesi*. Çukurova Üniversitesi (Turkey).
- [14] **Özaydın, S.** (2014). *Bazı katkı maddelerinin diyabetik yulaf kepeği bisküvisinin kalite kriterleri üzerine etkileri*. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [15] **Taş, E.** (2011). *Bisküvi üretiminde bazı kabartıcı kombinasyonlarının bisküvinin kalitatif özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma*. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [16] **Bloksma, A.H.** (1998). Rheology and chemistry of dough, *Instituut voor Graan, meel en Brood Mededeling nr.*
- [17] **Hoseney, R.C.** (1994). *Principles of cereal science and technology*. American Association of Cereal Chemists (AACC).
- [18] **Turabi, E.** (2010). *Design of gluten free rice cake formulations for baking in infrared-microwave combination oven*. Middle East Technical University.
- [19] **Türksoy, S., Özkaya, B.** (2006). Gluten ve çölyak hastalığı, *Türkiye*, **9** 24–26.
- [20] **Wang, P., Jin, Z., Xu, X.** (2015). Physicochemical alterations of wheat gluten proteins upon dough formation and frozen storage—A review from gluten, glutenin and gliadin perspectives, *Trends in Food Science & Technology*, **46** (2), 189–198.
- [21] **Berk, E.** (2016). *Effects of different flour, gum and protein types on quality of gluten-free cakes*. Middle East Technical University.
- [22] **Gujral, H.S., Rosell, C.M.** (2004). Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase, *Food research international*, **37** (1), 75–81.
- [23] **Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K.** (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products, *Trends in Food Science & Technology*, **15** (3–4), 143–152.
- [24] **Dursun, A.** (2015). *Glutensiz bisküvi üretimi ve optimizasyonu*. Mustafa kemal üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü.
- [25] **Urgancı, N.** (2005). Çölyak hastalarına ekmek zehir oluyor.
- [26] **Gough, K.R., Read, A.E., Naish, J.M.** (1962). Intestinal reticulosis as a complication of idiopathic steatorrhoea, *Gut*, **3** (3), 232.
- [27] **Koehler, P., Wieser, H., Konitzer, K.** (2014). Gluten—The Precipitating Factor. *Celiac Disease and Gluten: Multidisciplinary Challenges and Opportunities*. Elsevier. 97–148.
- [28] **Anonim** (2012). Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği.
- [29] **Ermış, F., Koç, A.** (2014). Çölyak Dışı Gluten Duyarlılığı, *Güncel Gastroenteroloji*, **18** (4), 450–453.
- [30] **Çölyak ve Görülme Sıklığı:** (2023). <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/metabolizma-ve-colyak/colyak-gorulme-sikligi.html>. Accessed: 2023-12-31.
- [31] **Thompson, T.** (2000). Folate, iron, and dietary fiber contents of the gluten-free diet, *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, **100** (11), 1389.
- [32] **Caponio, F., Summo, C., Clodoveo, M.L., Pasqualone, A.** (2008). Evaluation of the nutritional quality of the lipid fraction of gluten-free biscuits, *European Food Research and Technology*, **227** (1), 135–139.

- [33] **Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T.** (2010). The gluten-free diet: safety and nutritional quality, *Nutrients*, **2** (1), 00016–00034.
- [34] **Mariani, P., Viti, M.G., Montouri, M., La Vecchia, A., Cipolletta, E., Calvani, L., Bonamico, M.** (1998). The gluten-free diet: a nutritional risk factor for adolescents with celiac disease?, *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, **27** (5), 519–523.
- [35] **Foschia, M., Horstmann, S.W., Arendt, E.K., Zannini, E.** (2017). Legumes as Functional Ingredients in Gluten-Free Bakery and Pasta Products, *Annual Review of Food Science and Technology*, **8** (1), 75–96.
- [36] **Yıldız, M.** (2012). *Karabuğday (Fagopyrum esculentum Moench.) ve lüpen (Lupinus albus L.) unlarının glutensiz bisküvi üretiminde kullanımı üzerine bir araştırma*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- [37] **Yağdı, S.D., Konuşkan, Z.G.** (2021). Glutensiz Ürünlerde Kullanılan Alternatif Protein Kaynakları, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 32–39.
- [38] **Özüğür, G., Hayta, M.** (2011). Tahıl esaslı glutensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi, *Gıda*, **36** (5), 287–294.
- [39] **Di Cairano, M., Galgano, F., Tolve, R., Caruso, M.C., Condelli, N.** (2018). Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues, *Trends in Food Science & Technology*, **81** 203–212.
- [40] **Yıldırım, E.** (2020). Çölyak hastalığı ve glutensiz besleme, *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, **2** (3), 175–187.
- [41] **Rybicka, I., Gliszczyńska-Świgłó, A.** (2017). Minerals in grain gluten-free products. The content of calcium, potassium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese, and zinc, *Journal of food composition and analysis*, **59** 61–67.
- [42] **Mazzeo, T., Brambillasca, F., Pellegrini, N., Valmarana, R., Corti, F., Colombo, C., Agostoni, C.** (2014). Evaluation of visual and taste preferences of some gluten-free commercial products in a group of celiac children, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **65** (1), 112–116.
- [43] **Usai-Satta, P., Lai, M.** (2020). New perspectives on gluten-free diet. *Nutrients*. MDPI.
- [44] **Topaloğlu, K.** (2019). *Glutensiz bisküvi üretimi*. Bursa Uludağ University (Turkey).
- [45] **Torbica, A., Hadnadjev, M., Dapčević, T.** (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour, *Food hydrocolloids*, **24** (6–7), 626–632.
- [46] **Xu, D., Zhou, X., Lei, C., Shang, Y., Zhao, Y., Wang, Z., Zeng, F., Liu, G.** (2020). Development of biscuits and cookies using raw dehydrated potato flour and its nutritional quality and volatile aroma compounds evaluation, *Journal of Food Processing and Preservation*, **44** (7),.

- [47] **Gambuś, H., Gambuś, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna, A., Sikora, M.** (2009). Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60** (sup4), 31–50.
- [48] **Schober, T.J., O'Brien, C.M., McCarthy, D., Darnedde, A., Arendt, E.K.** (2003). Influence of gluten-free flour mixes and fat powders on the quality of gluten-free biscuits, *European Food Research and Technology*, **216** (5), 369–376.
- [49] **Özer, M., Tuncel, N.B.** (2016). Pirinç ve Pirinç Yan Ürünlerinin Glutensiz Tahıl Ürünlerinde Kullanımı, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **2** (2), 29–44.
- [50] **Ergin, A.** (2011). *Çölyak hastalarına özel bisküvi, erişte ve pide üretimi*. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [51] **Kaur, M., Sandhu, K.S., Arora, A., Sharma, A.** (2015). Gluten free biscuits prepared from buckwheat flour by incorporation of various gums: Physicochemical and sensory properties, *LWT-Food Science and Technology*, **62** (1), 628–632.
- [52] **Rebello, C.J., Greenway, F.L., Finley, J.W.** (2014). Whole Grains and Pulses: A Comparison of the Nutritional and Health Benefits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **62** (29), 7029–7049.
- [53] **Sarioğlu, G., Velioğlu, Y.S.** (2018). Baklagillerin bileşimi, *Akademik Gıda*, **16** (4), 483–496.
- [54] **Türksoy, S.** (2018). Tam tane baklagil unlarının kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi, *Gıda*, **43** (1), 78–89.
- [55] **Tharanathan, R.N., Mahadevamma, S.** (2003). Grain legumes—a boon to human nutrition, *Trends in Food Science & Technology*, **14** (12), 507–518.
- [56] **Atalay, E., Gökbulut, İ.** (2021). Baklagiller: Fonksiyonel Özellikleri, Sağlık Etkileri ve Potansiyel Kullanımı, *Akademik Gıda*, **19** (4), 442–449.
- [57] **Skendi, A., Papageorgiou, M., Varzakas, T.** (2021). High protein substitutes for gluten in gluten-free bread, *Foods*, **10** (9), 1997.
- [58] **Türk Aslan, S.** (2022). *Glutensiz kraker üretimi ve modifiye atmosferde depolanması*. Pamukkale Üniversitesi.
- [59] **Doporto, M.C., Sacco, F., Viña, S.Z., García, M.A.** (2017). Quality and technological properties of gluten-free biscuits made with Pachyrhizus ahipa flour as a novel ingredient.
- [60] **Han, J.J., Janz, J.A., Gerlat, M.** (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions, *Food Research International*, **43** (2), 627–633.
- [61] **Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M.C., Cela, N., Tolve, R., Galgano, F.** (2021). Use of Underexploited Flours for the Reduction of Glycaemic Index of Gluten-Free Biscuits: Physicochemical and Sensory Characterization, *Food and Bioprocess Technology*, **14** (8), 1490–1502.

- [62] **Çetiner, M., Bilek, S.E.** (2018). Bitkisel protein kaynakları, *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **33** (2), 111–126.
- [63] **Boye, J., Zare, F., Pletch, A.** (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed, *Food research international*, **43** (2), 414–431.
- [64] **Swanson, B.G.** (1990). Pea and lentil protein extraction and functionality, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **67** (5), 276–280.
- [65] **Kohajdová, Z., Karovičová, J., Magala, M.** Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits.
- [66] **Morales-Polanco, E., Campos-Vega, R., Gaytan-Martínez, M., Enriquez, L.G., Loarca-Pina, G.** (2017). Functional and textural properties of a dehulled oat (*Avena sativa* L) and pea (*Pisum sativum*) protein isolate cracker, *LWT - Food Science and Technology*, **86** 418–423.
- [67] **Zucco, F., Borsuk, Y., Arntfield, S.D.** (2011). Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes, *LWT - Food Science and Technology*, **44** (10), 2070–2076.
- [68] **Haciseferoğulları, H., Gezer, İ., Bahtiyarca, Y., Mengeş, H.O.** (2003). Determination of some chemical and physical properties of Sakız faba bean (*Vicia faba* L. Var. major), *Journal of Food Engineering*, **60** (4), 475–479.
- [69] **Giménez, M.A., González, R.J., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M.O., Samman, N.C.** (2013). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta, *Food Chemistry*, **136** (2), 538–545.
- [70] **Schmelter, L., Rohm, H., Struck, S.** (2021). Gluten-free bakery products: Cookies made from different *Vicia faba* bean varieties, *Future Foods*, **4** 100038.
- [71] **Ionescu, A., Aprodu, I., Darabă, A., Gurău, G., Baci, C., Nichita, A.** (2009). Chemical and functional characterization of chickpea protein derivatives, *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI - Food Technology*, **33** (2), 16–27.
- [72] **Roy, F., Boye, J.I., Simpson, B.K.** (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil, *Food Research International*, **43** (2), 432–442.
- [73] **Chickpeas—Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review: Critical Reviews in Food Science and Nutrition: Vol 55, No 8:** <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2012.687418>. Accessed: 2023-12-31.
- [74] **Nazari, P.** (2022). *Improvement of functional properties of chickpea flour and application in bakery products*. İstanbul Teknik üniversitesi (Türkiye), Department of Food Engineering Food Engineering Programme.

- [75] **Yamsaengsung, R., Berghofer, E., Schoenlechner, R.** (2012). Physical properties and sensory acceptability of cookies made from chickpea addition to white wheat or whole wheat flour compared to gluten-free amaranth or buckwheat flour, *International Journal of Food Science & Technology*, **47** (10), 2221–2227.
- [76] **Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C.M., Pando, V., Fernández, E.** (2008). Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends, *LWT - Food Science and Technology*, **41** (9), 1701–1709.
- [77] **Blicharz-Kania, A., Pecyna, A., Zdybel, B., Andrejko, D., Marczuk, A.M.** (2023). Sunflower seed cake as a source of nutrients in gluten-free bread | Scientific Reports, *Scientific Reports*, **13** (1), 10864.
- [78] **Zorzi, C.Z., Garske, R.P., Flôres, S.H., Thys, R.C.S.** (2020). Sunflower protein concentrate: A possible and beneficial ingredient for gluten-free bread, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **66** 102539.
- [79] **Bajaj, M., Kaur, A., Sidhu, J.S.** (1991). Studies on the development of nutritious cookies utilizing sunflower kernels and wheat germ, *Plant Foods for Human Nutrition*, **41** (4), 381–387.
- [80] **Seçil Bal, B.** (2018). *İzoelektrik çöktürme metodu ile elde edilen phaseolus coccineus l. protein izolatının fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri*. İstanbul Teknik üniversitesi (Türkiye).
- [81] **Demir, M.K.** (2014). Bisküvi Üretiminde Tam Buğday Unu ve Paçallarının Kullanımı, *Tarım Bilimleri Dergisi*, **21** (1), 100.
- [82] **Pantone.** (2016). A guide to understanding color.
- [83] **Jarpa-Parra, M., Wong, L., Wismer, W., Temelli, F., Han, J., Huang, W., Eckhart, E., Tian, Z., Shi, K., Sun, T., Chen, L.** (2017). Quality characteristics of angel food cake and muffin using lentil protein as egg/milk replacer, *International Journal of Food Science & Technology*, **52** (7), 1604–1613.
- [84] **Ávila, B.P., Braganca, G.C.M., Rockenbach, R., Alves, G.D., Monks, J., Gularte, M.A., Elias, M.C.** (2017). Physical and sensory characteristics of cake prepared with six whole-grain flours, *Journal of Food Measurement and Characterization*, **11** (3), 1486–1492.
- [85] **Helrich, K. ed.** (1990). *International official methods of analysis of association of official analytical chemists*. Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International, ABD.
- [86] **Sumashree, N., Hiregoudar, S., Nidoni, U., Ramappa, K.T., Naik, N.** (2019). Study of Proximate Composition, Quality Characteristics and Microbial Quality of Microwave Treated Liquid Whole Egg (LWE) Samples, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **8** (9), 335–342.
- [87] **Dereje, B., Girma, A., Mamo, D., Chalchisa, T.** (2020). Functional properties of sweet potato flour and its role in product development: a review, *International Journal of Food Properties*, **23** (1), 1639–1662.

- [88] **Jeong, D., Chung, H.-J.** (2019). Physical, textural and sensory characteristics of legume-based gluten-free muffin enriched with waxy rice flour, *Food Science and Biotechnology*, **28** (1), 87–97.
- [89] **Ahmed, M.A.** (2013). *Investigation of effect of glycation and denaturation on functional properties of cowpea proteins*. Heriot-Watt University.
- [90] **Zayas, J.F.** (1997). *Functionality of Proteins in Food*. Springer.
- [91] **Yadav, R.B., Yadav, B.S., Dhull, N.** (2012). Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits, *Journal of Food Science and Technology*, **49** (2), 207–213.
- [92] **Çınar, A.** (2017). *Kızılötesi-Mikrodalga Kombinasyonlu Fırında Pişirilen Farklı Oranlarda Yer Bademi Unu İçeren Glütensiz Bisküvilerin Bazı Kalite Özellikleri*. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- [93] **Ozturk, S., Koksel, H., Ng, P.K.W.** (2009). Farinograph properties and bread quality of flours supplemented with resistant starch, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60** (6), 449–457.
- [94] **Devisetti, R., Ravi, R., Bhattacharya, S.** (2015). Effect of Hydrocolloids on Quality of Proso Millet Cookie, *Food and Bioprocess Technology*, **8** (11), 2298–2308.
- [95] **Sahagún, M., Gómez, M.** (2018). Influence of protein source on characteristics and quality of gluten-free cookies, *Journal of Food Science and Technology*, **55** (10), 4131–4138.
- [96] **Duygu, A.T., Meryem, G.S., Mahmut, D.** (2022). Glütensiz unların tekno-fonksiyonel özellikleri ile toz akış davranışlarının belirlenmesi, *Harran Journal of Agricultural and Food Science*, **26** (4), 528–537.
- [97] **Ladjal Ettoumi, Y., Mohamed, C.** (2015). Some physicochemical and functional properties of pea, chickpea and lentil whole flours, *International Food Research Journal*, **22** 987–996.
- [98] **Ma, Z., Boye, J.I., Simpson, B.K., Prasher, S.O., Monpetit, D., Malcolmson, L.** (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours, *Food Research International*, **44** (8), 2534–2544.
- [99] **Chau, C.-F., Cheung, P.C.K., Wong, Y.-S.** (1997). Functional Properties of Protein Concentrates from Three Chinese Indigenous Legume Seeds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45** (7), 2500–2503.
- [100] **Du, S., Jiang, H., Yu, X., Jane, J.** (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour, *LWT - Food Science and Technology*, **55** (1), 308–313.
- [101] **Elgubbi, H., Alajtal, A., Dabri, N., Aboualkasem, S.** (2022). Evaluation of Physicochemical and Functional Properties of Isolated Pea Protein Materials and Methods Materials.
- [102] **Can, F.** (2015). *Portakal kabuğu tozunun bisküvi hamuru ve bisküvi kalitesi üzerine etkilerinin incelenmesi*. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- [103] **Souza, E., Kweon, M.** 2010. Annual Report. USDA Soft Wheat Quality Laboratory Website. United States Department of Agriculture Agricultural Research Service Soft Wheat Quality Laboratory. Madison Avenue Wooster, OH 44691.
- [104] **De Simas, K.N., Vieira, L.D.N., Podestá, R., Müller, C.M.O., Vieira, M.A., Beber, R.C., Reis, M.S., Barreto, P.L.M., Amante, E.R., Amboni, R.D.M.C.** (2009). Effect of king palm (*Archontophoenix alexandrae*) flour incorporation on physicochemical and textural characteristics of gluten-free cookies, *International Journal of Food Science & Technology*, **44** (3), 531–538.
- [105] **Fustier, P., Castaigne, F., Turgeon, S.L., Biliaderis, C.G.** (2008). Flour constituent interactions and their influence on dough rheology and quality of semi-sweet biscuits: A mixture design approach with reconstituted blends of gluten, water-solubles and starch fractions, *Journal of Cereal Science*, **48** (1), 144–158.
- [106] **Ordorica-Falomir, C., Paredes-López, O.** (1991). Effect of safflower protein isolates on cookie characteristics, *International Journal of Food Science & Technology*, **26** (1), 39–43.
- [107] **Giami, S., Barber, L.** (2004). Utilization of protein concentrates from ungerminated and germinated fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seeds in cookie formulations, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **84** (14), 1901–1907.
- [108] **Chung, H.-J., Cho, A., Lim, S.-T.** (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies, *LWT - Food Science and Technology*, **57** (1), 260–266.
- [109] **Sharma, S., Saxena, D.C., Riar, C.S.** (2016). Nutritional, sensory and in-vitro antioxidant characteristics of gluten free cookies prepared from flour blends of minor millets, *Journal of Cereal Science*, **72** 153–161.
- [110] **P, H., M.E., Z.** (1984). Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy beansesame 433 seed flour blends, *Cereal Chemistry*, **61** (1), 41–44.
- [111] **Hafsa, D.** (2016). *Glutenli ve glutensiz bisküvi üretiminde fonksiyonel bir bileşen olarak uşkun kullanımı*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi (Van), Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- [112] **Kohli, D., Jain, A., Singh, O., Kumar, S.** (2023). Gluten free approach of biscuits preparation, *Journal of Agriculture and Food Research*, **14** 100683.
- [113] **David Wesley, S., Helena Maria André, B., Clerici, M.T.P.S.** (2021). Gluten-free rice & bean biscuit: characterization of a new food product, *Heliyon*, **7** (1), e05956.
- [114] **Utku, B., Ayan, A.D., Güneş, Z.S., Can Karaça, A.** (2020). Mercimek Proteinini İzolatı ve Unu Kullanılarak Bitkisel Bazlı Fırıncılık Ürünlerinin Geliştirilmesi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **7** (1), 473–483.
- [115] **Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L., Gallo, A.** (2018). Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into

gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics, *Food Chemistry*, **239** 679–687.

- [116] **Chevallier, S., Colonna, P., Della Valle, G., Lourdin, D.** (2000). Contribution of Major Ingredients during Baking of Biscuit Dough Systems, *Journal of Cereal Science*, **31** (3), 241–252.
- [117] **Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Ereifej, K.I.** (2006). Effect of Chickpea, Broad Bean, or Isolated Soy Protein Additions on the Physicochemical and Sensory Properties of Biscuits, *Journal of Food Science*, **71** (6),.
- [118] **Boonkong, J.** (2013). Gluten Free Cracker from Mixture of Legume Flours.
- [119] **Rajiv, J., Lobo, S., Jyothi Lakshmi, A., Venkateswara Rao, G.** (2012). Influence of green gram flour (*Phaseolus aureus*) on the rheology, microstructure and quality of cookies. *Journal of Texture Studies*, **43** (5), 350–360.
- [120] **Gularte, M.A., Gómez, M., Rosell, C.M.** (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes, *Food and Bioprocess Technology*, **5** (8), 3142–3150.
- [121] **Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M., Huber, C.S.** (2005). Sensory, Mechanical, and Microscopic Evaluation of Staling in Low-Protein and Gluten-Free Breads, *Cereal Chemistry*, **82** (3), 328–335.
- [122] **Brown, W.E., Braxton, D.** (2000). Dynamics of food breakdown during eating in relation to perceptions of texture and preference: a study on biscuits. *Food Quality and Preference*, **11** (4), 259–267.
- [123] **Baltacıoğlu, C., Ülker, N.** (2017). Tam Kabak (*Cucurbita pepo* L.) Tozunun Bisküvinin Kalite Kriterleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, **5** 1439.
- [124] **Zhou, W., Hui, Y.H., De Leyn, I., Pagani, M.A., Rosell, C.M., Selman, J.D., Therdthai, N. eds.** (2014). *Bakery Products Science and Technology*. Wiley.
- [125] **Cornillon, P., Salim, L.C.** (2000). Characterization of water mobility and distribution in low- and intermediate-moisture food systems11Journal Paper n° 16108 of the Purdue University Agricultural Experiment Station., *Magnetic Resonance Imaging*, **18** (3), 335–341.
- [126] **Clerici, M., Oliveira, M., Nabeshima, E.** (2013). Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim, *Brazilian J.Food Technol.*, **16** 139–146.
- [127] **Manley, D.** (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Ltd.
- [128] **Xu, M., Jin, Z., Simsek, S., Hall, C., Rao, J., Chen, B.** (2019). Effect of germination on the chemical composition, thermal, pasting, and moisture sorption properties of flours from chickpea, lentil, and yellow pea, *Food Chemistry*, **295** 579–587.

- [129] **Fujiwara, N., Hall, C., Jenkins, A.L.** (2017). Development of Low Glycemic Index (GI) Foods by Incorporating Pulse Ingredients into Cereal-Based Products: Use of In Vitro Screening and In Vivo Methodologies, *Cereal Chemistry*, **94** (1), 110–116.
- [130] **Gülümser, A.** (2016). Dünyada ve Türkiye’de Yemeklik Dane Baklagillerin Durumu, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, **25** (ÖZEL SAYI-1), 292–298.
- [131] **Šarić, B., Milićević, N., Šimurina, O., Pestorić, M., Kos, J., Mandić, A., Sakač, M., Saric, L., Psodorov, D., Mišan, A.** (2014). The influence of baking time and temperature on characteristics of gluten free cookies enriched with blueberry pomace, *Food and Feed Research*, **41** 39–46.
- [132] **Laguna, L., Vallons, K.J.R., Jurgens, A., Sanz, T.** (2013). Understanding the Effect of Sugar and Sugar Replacement in Short Dough Biscuits, *Food and Bioprocess Technology*, **6** (11), 3143–3154.
- [133] **Koubaier, H.B.H., Snoussi, A., Essaidi, I., Chabir, M., Bouzouita, N.** (2015). Cake quality evaluation made of wheat–lentil flour blends, *Journal of New Sciences, AT*.
- [134] **Gül, H., Hayit, F., Özer, B., Acun, S.** (2021). KIRMIZI PANCAR UNUNUN GLUTENSİZ BİSKÜVİ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, **9** (4), 1166–1173.
- [135] **Hayit, F., Yazıcı, L.** (2023). Fonksiyonel Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kenevir Tohum Ununun Değerlendirilmesi, *Aydın Gastronomy*, **7** (2), 241–253.
- [136] **Yadav, S.Y., Ritika, B.Y., Roshanlal, L.Y.** (2010). Studies on functional properties and incorporation of buckwheat flour for biscuit making, *International Food Research Journal*, **17** 1067–1076.
- [137] **Sedej, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Pestorić, M., Šimurina, O., Čanadanović-Brunet, J.** (2011). Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour, *LWT - Food Science and Technology*, **44** (3), 694–699.
- [138] **Altındağ, G.** (2011). *Karabuğday, mısır ve pirinç unundan üretilen kurabiyelerin bazı kalite özellikleri ve raf ömürlerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.
- [139] **Bilgiçli, N.** (2009). Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana, *LWT - Food Science and Technology*, **42** (2), 514–518.
- [140] **M.D., A.Z., T.R., G., S.I., H.** (2012). Effects of Defatted Soy Flour Incorporation on Physical, Sensorial and Nutritional Properties of Biscuits, *Journal of Food Processing and Technology*, **3** (4), 1–4.
- [141] **Yazıcı, B.** (2019). *Muhtelif un örnekleri kullanılarak glutensiz yeni kraker formüllerinin geliştirilmesi*. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ortak Yüksek Lisans Programı, Osmaniye.
- [142] **Ergin, A., Herken, E.N.** (2012). Use of various flours in gluten-free biscuits., *Journal of Food, Agriculture & Environment*, **10** (1 part 1), 128–131.

- [143] **Tiwari, B.K., Brennan, C.S., Jaganmohan, R., Surabi, A., Alagusundaram, K.** (2011). Utilisation of pigeon pea (*Cajanus cajan* L) byproducts in biscuit manufacture, *LWT - Food Science and Technology*, **44** (6), 1533–1537.
- [144] **Neslihan, Ç.K.** (2018). *Synergist effect of hydrocolloids on filling and filled-biscuit quality*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- [145] **Ulutürk, Ş.** (2018). *İncir çekirdeği tozu kullanılarak glutenli ve glutensiz bisküvi üretimi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [146] **Demirel, H.** (2017). *Farklı turuncgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanım imkanları*. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [147] **Sabbe, S., Verbeke, W., Deliza, R., Matta, V., Van Damme, P.** (2009). Effect of a health claim and personal characteristics on consumer acceptance of fruit juices with different concentrations of açai (*Euterpe oleracea* Mart.), *Appetite*, **53** (1), 84–92.
- [148] **Verbeke, W.** (2005). Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants, *Food Quality and Preference*, **16** (1), 45–57.
- [149] **Drabińska, N., Zieliński, H., Krupa-Kozak, U.** (2016). Technological benefits of inulin-type fructans application in gluten-free products – A review, *Trends in Food Science & Technology*, **56** 149–157.



EKLER

EK A: Duyusal analiz formu



EK A: Duyusal analiz formu

PANELİSTİN ADI SOYADI	PANEL TARİHİ	Şub.23
AÇIKLAMA	Formülasyon açısından farklılık gösteren bisküvi numunelerini aşağıda sizlere sunulan kriterler açısından 1 ile 9 arasında değerlendirerek sıralama yerleştiriniz.	
KRİTERLER	KODLAR: (215, 418, 682, 367,195, 742, 816, 560)	
Sertlik		
Gevreklik		
Tat		
Koku		
Renk		
After taste		
Genel Beğeni		
TERCİHİNİZE GÖRE SIRALAYINIZ	1- , 2- , 3- , 4- , 5- , 6- , 7- , 8-	
PUAN LAMA DEĞERLERİ	9: MÜKEMMEL, 8: ÇOK İYİ, 7: İYİ, 6: KABUL EDİLEBİLİR, 5: ORTA, 4: FENA DEĞİL/ YETERLİ DEĞİL, 3: KÖTÜ, 2: ÇOK KÖTÜ, 1: BERBAT	

Şekil A.1 : Duyusal analiz formu.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : İpek ENGİ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2014-2019)
- **Yüksek lisans** : İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği (2020 -)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017 - TUGİS Gıda Sanayi Başarı Ödülleri (İTÜ) - Üçüncü başarı ödülü
- 2018 - Pelin Köz Başarı Ödülleri (İTÜ) - İkincilik başarı ödülü
- 2019 - Ömer Duruk Başarı Ödülleri (İTÜ) – İkincilik başarı ödülü
- 2019 - Satın Alma Uzmanı / Adams Turkey Danışmanlık İth.İhr.Tic.Ltd.Şti.
- 2020 - Kalite Mühendisi / Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş
- 2022 - ARGE Uzman Yardımcısı / Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş (Devam ediyor)