



**T.C.  
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ASPIR KÜSPESİNDEN PROTEİN İZOLASYONU VE  
VEGAN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Beyzanur BAŞTÜRK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

**TEMMUZ 2024**

**T.C.  
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ASPIR KÜSPESİNDEN PROTEİN İZOLASYONU VE  
VEGAN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Beyzanur BAŞTÜRK  
(21278347018)  
ORCID: 0000-0002-5487-1835**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Danışman: Doç. Dr. Ayşe Neslihan DÜNDAR  
ORCID: 0000-0003-2084-7076**

**TEMMUZ 2024**



BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 21278347018 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Beyzanur BAŞTÜRK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ ASPİR KÜSPESİNDEN PROTEİN İZOLASYONU VE VEGAN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**      **Doç. Dr. Ayşe Neslihan DÜNDAR**  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**      **Doç. Dr. Furkan Türker SARICAOĞLU**      ..  
Bursa Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Oya Irmak CEBECİ**  
Yalova Üniversitesi

**Teslim Tarihi**            : **10 Haziran 2024**  
**Savunma Tarihi**        : **12 Temmuz 2024**



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

## İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Beyzanur Baştürk

İmzası:

X



*Aileme ve arkadaşlarıma,*

## ÖNSÖZ

Lisans eğitimde tanıştığım ve yüksek lisans eğitimi almama vesile olan, her yeni akademik çalışma konusuyla beni heyecanlandıran, çalışmalarına ilgi ve alakası en üst düzeyde olan, akademik ve hayat tecrübelerini benimle paylaşan, yüksek lisans eğitimim boyunca tüm katkıları ve manevi desteklerinden dolayı kıymetli danışmanım Doç.Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Neslihan DÜNDAR' a, tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen Kübra Uzuner , Özge Filiz, ve Ogün Kartal'a okulun cihazlarını kullanma fırsatı sunan Dr. Öğr.Üyesi Adnan Fatih Dağdelen'e ve eğitim hayatım boyunca desteklerini esiremeyen canım aileme sonsuz teşekkür ederim.

Temmuz 2024

Beyzanur BAŞTÜRK  
(Gıda Mühendisi)

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
KISALTMALAR .....	x
SEMBOLLER .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ .....</b>	<b>4</b>
2.1 Protein .....	4
2.1.1 Proteinleri ayırma ve saflaştırma yöntemleri .....	4
2.1.2 Proteinlerin fonksiyonel özellikleri .....	6
2.1.2.1 Çözünürlük .....	6
2.1.2.2 Emülsiyon kapasitesi ve aktivitesi .....	8
2.1.2.3 Jel oluşturma kapasitesi.....	9
2.1.2.4 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi .....	10
2.1.2.5 Yağ bağlama kapasitesi.....	12
2.1.2.6 Su bağlama kapasitesi .....	13
2.2 Protein Kaynakları.....	14
2.2.1 Hayvansal protein kaynakları.....	14
2.2.2 Bitkisel protein kaynakları .....	16
2.2.2.1 Baklagiller .....	16
2.2.2.2 Tahıllar .....	17
2.2.2.3 Yağlı tohumlar .....	18
2.3 Vegan Beslenme.....	20
2.4 Kek .....	21
2.4.1 Kek bileşenleri .....	21
2.4.1.1 Un.....	21
2.4.1.2 Yumurta .....	22
2.4.1.3 Şeker.....	22
2.4.1.4 Süt .....	23
2.4.1.5 Yağ .....	23
2.5 Hipotez .....	24
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>25</b>
3.1 Materyal .....	25
3.2 Metot .....	25
3.2.1 Aspir küspesine yapılan kimyasal analizler .....	25
3.2.1.1 Yağ analizi .....	25
3.2.1.2 Protein analizi.....	25

3.2.1.3 Nem analizi .....	25
3.2.1.4 Kül analizi .....	26
3.2.2 Aspir tohumu küspesinden protein izolasyonu .....	26
3.2.3 Protein izolatına yapılan kimyasal analizler .....	27
3.2.3.1 Protein tayini .....	27
3.2.3.2 Yağ tayini .....	27
3.2.3.3 Kül tayini .....	27
3.2.3.4 Nem tayini .....	27
3.2.3.5 Protein izolatının amino asit kompozisyonunun belirlenmesi .....	27
3.2.4 Protein izolatına yapılan fonksiyonel analizler .....	28
3.2.4.1 Köpük kapasitesi ve stabilitesi analizi .....	28
3.2.4.2 Emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi analizi .....	28
3.2.4.3 En düşük jel oluşturma konsantrasyonu .....	29
3.2.4.4 Su bağlama kapasitesi .....	29
3.2.4.5 Yağ bağlama kapasitesi .....	30
3.2.5 Protein izolatının kek üretiminde kullanımı .....	30
3.2.6 Vegan keklerin kimyasal analizleri .....	31
3.2.6.1 Protein tayini .....	31
3.2.6.2 Yağ tayini .....	31
3.2.6.3 Kül tayini .....	31
3.2.6.4 Nem tayini .....	31
3.2.6.5 Kek örneklerinin amino asit kompozisyonunun belirlenmesi .....	31
3.2.6.6 Kek örneklerinin in vitro sindirimi .....	31
3.2.7 Kek örneklerinin fiziksel analizleri .....	32
3.2.7.1 Renk analizi .....	32
3.2.7.2 Tekstür analizi .....	32
3.2.7.3 Spesifik hacim ve ağırlık kaybı analizi .....	32
3.2.7.4 Duyusal analiz .....	33
3.2.8 İstatiksel analiz .....	34
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>35</b>
4.1 Aspir Tohumu Küspesinin Verimi .....	35
4.2 Aspir Tohumu Küspesinin Kimyasal Analizleri .....	35
4.3 Aspir Tohumu Protein İzolatı Kimyasal Analizleri .....	35
4.3.1 Protein izolatının amino asit kompozisyonunun belirlenmesi .....	36
4.4 Aspir Küspesi Protein İzolatının Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi .....	37
4.5 Protein Konsantratının Kek Üretiminde Kullanımı .....	43
4.6 Keklerin Kimyasal Analizleri .....	43
4.6.1 Kek örneklerinin amino asit kompozisyonunun belirlenmesi .....	43
4.6.2 Kek örneklerinin in vitro sindirimi .....	44
4.7 Kek Örneklerinin Fiziksel Analizleri .....	46
4.7.1 Renk analizi .....	46
4.7.2 Tekstür analizi .....	47
4.7.3 Keklerde ağırlık kaybı ve spesifik hacim analizi .....	48
4.7.4 Duyusal Analiz .....	49
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>54</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>60</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>61</b>

## **KISALTMALAR**

<b>AACC</b>	: American Association Clinical Chemistry
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ATPİ</b>	: Aspir Tohumu Protein İzolatı
<b>ATKPI</b>	: Aspir Tohumu Küşpesi Protein İzolatı
<b>AOAC</b>	: American Official Analytical Chemist
<b>EAI</b>	: Emülsiyon Aktivite İndeksi
<b>ESİ</b>	: Emülsiyon Stabilite İndeksi
<b>KK</b>	: Emülsiyon Stabilite İndeksi
<b>KS</b>	: Köpük Stabilitesi
<b>SPSS</b>	: Statistical Package for the Social Sciences
<b>TPA</b>	: Texture Profile Analysis

## SEMBOLLER

<b>a*</b>	: Renk skalasında (+a) kırmızılık, (-a) yeşillik
<b>b*</b>	: Renk skalasında (+b) sarılık, (-b) mavilik
<b>°C</b>	: Santigrat
<b>g</b>	: Gram
<b>L*</b>	: Renk skalasında (+b) sarılık, (-b) mavilik
<b>Mg</b>	: Miligram
<b>mL</b>	: Mililitre
<b>rpm</b>	: Revolutions Per Minute
<b>t</b>	: Zaman
<b>µL</b>	: Mikrolitre

## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 2.1 : Proteinlerin Saflaştırma Yöntemleri.....	5
Çizelge 2.2 : Protein kaynakları. ....	14
Çizelge 3.1 : Vegan kek örneklerinin formülasyonu. ....	31
Çizelge 4.1 : Aspir tohumu küspesinin kimyasal analizleri.....	35
Çizelge 4.2: Atpi kimyasal analizleri.....	Error! Bookmark not defined.
Çizelge 4.3: Atpi amino asit kompozisyonu (g/100 g protein).....	36
Çizelge 4.4: Protein izolatının pH 7’de % fonksiyonel özellikleri.....	38
Çizelge 4.5: Farklı pH'larda ATKPI çözünürlük değerleri.....	38
Çizelge 4.6: Keklerin kimyasal analizleri.....	43
Çizelge 4.7: Keklerin amino asit kompozisyonu analizi. (g/100 g). ....	44
Çizelge 4.8 : Atkpi ve Keklerinin İnvitro sindirim sonucu %aa miktarı. ....	45
Çizelge 4.9: Keklerin L*, a* ve b*değerleri.....	46
Çizelge 4.10 : Keklerin tekstürel özellikleri. ....	48
Çizelge 4.12: Kek numunelerinin duyuusal değerlendirme sonuçları.....	50
Çizelge A.1: Hedonik skala testinin uygulandığı organoleptik beğeni çizelgesi. ....	60

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Aspir tohumu toplam proteininin su ve NaCl İçerisinde nitrojen ekstrakte edilebilirliği .....	7
Şekil 2.2 : Bitkisel proteinler. ....	19
Şekil 2.3 : Aspir bitkisi. ....	19
Şekil 3.1 : Liyofilizatör sonrası aspir tohumu protein izolatları. ....	26
Şekil 3.2 : 22 saat sonrasında numunelerin görünümü. ....	28
Şekil 3.3 : Duyusal analiz için keklerin sunumu .....	34
Şekil 4.1 : Atpi çözünürlüğün pH'a göre değişimi. ....	39
Şekil 4.2 : Keklerin görüntüsü (soldan sağa Kontrol, %2,5, %5, %7,5). ....	49

## ASPIR KÜSPESİNDEN PROTEİN İZOLASYONU VE VEGAN KEK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

### ÖZET

Bu çalışma, yağı uzaklaştırılmış aspir tohumundan protein izolasyonu ve bu protein izolatının fiziko-kimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin detaylı bir şekilde Araştırılması amaçlanmıştır. Protein izolatının yağ içeriği, protein miktarı, amino asit bileşimi, hidrofobisite, emülsiyon ve köpük oluşturma yetenekleri gibi fiziko-kimyasal özellikleri dikkatle incelenmiştir. Ayrıca, protein izolatının jel oluşumu, emülsifikasyon, su tutma kapasitesi ve köpük stabilitesi gibi fonksiyonel özellikleri kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir.

Elde edilen protein izolatının vegan kek üretimindeki kullanılabilirliği üzerine yapılan çalışmalar, protein izolatının kek yapılarındaki etkisini değerlendirmiştir. Kek üretiminde kullanılan protein izolatının kekin tekstürü, renk, tat ve duyu özelliklerine olan etkisi dikkatle incelenmiştir. Analizlere aspir tohumu küspesinin Bursa esnaflarından tedarik edilerek başlanmıştır. Küspeler öğütülüp toz haline getirildikten sonra alkali ekstraksiyon ve izoelektrik çöktürme yöntemiyle protein izolatları elde edilmiştir. Küspelerin nem, kül, protein ve yağ oranları ve elde edilen protein izolatlarının protein değerleri belirlenmiştir. Kompozisyon analizleri sonuçlarına göre; küspenin %1,90 nem, %3,50 kül, %11,00 yağ, %21,00 protein içerdiği belirlenmiştir. Elde edilen protein izolatlarının ise %90,12 protein içerdiği belirlenmiştir. Protein izolatının amino asit kompozisyonuna incelendiğinde %45'i esansiyel amino asitlerden oluştuğu ve en yüksek konsantrasyonda glutamik asit içermektedir. İzolasyon sonucu elde edilen proteinlerin fonksiyonel özellikleri çözünürlük, su tutma kapasitesi, su tutma stabilitesi, emülsiyon özellikleri, jel yapabilme kapasitesi, köpük oluşturma özellikleri incelenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre; protein izolatı çeşitlerinin su tutma kapasitesi %208,01 değer almıştır. Proteinlerin çözünürlükleri pH 3,4, 5, 7,9 ve 11'de bakılmış ve bu pH'lardaki değerleri pH 3'te %53,91; pH4'te %21,90 pH5'te %34,45 ; pH 7'de %58,86 ; pH9'da %72,74 ve pH11'de %65,22 olarak belirlenmiştir. Elde edilen protein izolatlarının emülsiyon özelliklerinin incelenebilmesi için sırasıyla emülsiyon aktivite indeksi ve emülsiyon stabilite indeksi ölçümleri yapılmıştır. İzolatların emülsiyon aktivite ve stabilite indeksi değerleri sırasıyla 74,76 m<sup>2</sup> /g ve 10,56 dk olarak belirlenmiştir. Protein izolatı ilavesiyle kek içi parlaklık, sarılık ve kırmızılık değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Kek numuneleri renk, doku, görünüş, lezzet, koku, genel beğeni ve satın alınabilirlik gibi özellikleri panelistler tarafından değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre protein izolatı ilaveli keklerin kontrol kekine kıyasla daha beğenildiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Aspir tohumu küspesi, Gıda atıkları, Protein izolasyonu, Bitkisel protein, Protein yönünden zenginleştirilmiş vegan kek.

# **PROTEIN ISOLATION FROM SAFFLOWER MEAL AND USE IN VEGAN CAKE PRODUCTION**

## **SUMMARY**

This study aims to isolate protein from defatted safflower seeds and thoroughly investigate the physicochemical and functional properties of this protein isolate. The physicochemical properties of the protein isolate, such as fat content, protein amount, amino acid composition, hydrophobicity, emulsion, and foaming abilities, were carefully examined. Additionally, the functional properties of the protein isolate, including gel formation, emulsification, water-holding capacity, and foam stability, were comprehensively evaluated.

Studies on the usability of the obtained protein isolate in vegan cake production assessed the impact of the protein isolate on the structure of the cake. The effect of the protein isolate used in cake production on the texture, color, taste, and sensory properties of the cake was carefully examined. The analysis began by procuring safflower seed meal from local businesses in Bursa. The meals were ground into powder, and protein isolates were obtained using alkaline extraction and isoelectric precipitation methods. The moisture, ash, protein, and fat content of the meals and the protein values of the obtained protein isolates were determined. According to the composition analysis results, the meal contained 1.90% moisture, 3.50% ash, 11.00% fat, and 21.00% protein. The obtained protein isolates contained 90.12% protein. When the amino acid composition of the protein isolate was examined, 45% of it consisted of essential amino acids, with glutamic acid being the most concentrated.

The functional properties of the proteins obtained from the isolation process, such as solubility, water-holding capacity, water-holding stability, emulsifying properties, gel-forming capacity, and foaming properties, were investigated. According to the analysis results, the water-holding capacity of the protein isolate varieties was 208.01%. The solubility of the proteins was measured at pH 3, 4, 5, 7, 9, and 11, with values of 53.91% at pH 3, 21.90% at pH 4, 34.45% at pH 5, 58.86% at pH 7, 72.74% at pH 9, and 65.22% at pH 11. To examine the emulsifying properties of the obtained protein isolates, the emulsion activity index and emulsion stability index measurements were carried out. The emulsion activity and stability index values of the isolates were determined to be 74.76 m<sup>2</sup>/g and 10.56 minutes, respectively.

The addition of protein isolate was found to decrease the brightness, yellowness, and redness values of the cake interior. Cake samples were evaluated by panelists based on characteristics such as color, texture, appearance, flavor, smell, overall liking, and purchase intent. Sensory analysis results indicated that cakes with protein isolate were preferred over the control cakes.

The results showed that the protein isolate obtained from defatted safflower seeds has valuable potential for various industrial applications. This protein isolate could be an alternative and sustainable source for the use of plant-based proteins in food and other

industrial products. This study makes a significant contribution to the processing, evaluation, and application of plant proteins and may guide future research.

**Keywords:** Safflower seed meal, Food waste, Protein isolation, Plant-based protein, Protein-enriched vegan cake.



## 1. GİRİŞ

Her geçen gün artan dünya nüfusu, gıda üretimindeki artışı da beraberinde getirmektedir. Gıda üretimindeki önemli artış, gıda israfı ve gıda kayıplarının azaltılmasını gerektirmektedir. Gıda güvenliği (sıfır açlık), sağlıklı beslenme, sürdürülebilir tüketim ve üretim prosesleri bu sebeple Sürdürülebilir Kalkınma için Küresel Hedefler'e dahil edilmiştir. İklim değişimi, biyokütlenin malzeme ve enerji kullanımını iyileştirme ihtiyacı sebebiyle, hali hazırdaki kullanılabilir tarım arazisi rekabeti artmaya devam edecek ve sıfır açlık amacına karşı çıkan biyokütle maliyetlerinin yüksek olmasına neden olacaktır. Bu bağlamda yeterli miktarda ve yeterli nitelikte gıda temini için yeni üretim yollarına ihtiyaç vardır (Schweiggert-Weisz ve diğ, 2020).

Proteinler, karbonhidratlar ve lipidlerin beraberinde üç makrobesin grubundan birini temsil eder ve insan vücudunda hücre büyümesi ile onarım mekanizmaları için gereklidir (Bessada ve diğ, 2019). Yetişkinler için önerilen protein alımı günlük vücut sağlığına göre (kg) 0,8-1 gram/kg iken protein eksikliğini önlemek için ise günlük vücut ağırlığına göre 0,66 gr/kg protein alımı önerilir. Bu değerler hamile, emziren anne ve yeni doğan bebekler için daha yüksektir ve sırayla günlük (1,1 g/kg, 1,3 g/kg, 1,2-1,52 g/kg)'dır (Sá ve diğ, 2021).

Hayvansal proteinlerin ikamesi olarak, baklagil proteinleri, yağlı tohum proteinleri, alglerden elde edilen proteinler ve bunların yanı sıra son zamanlarda böceklerden elde edilen proteinler gıda ürünlerinde giderek daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Kotecka-Majchrzak ve diğ, 2020). Baklagiller, tahıllar, yağlı tohumlar, ve kabuklu yemişler gibi çeşitli ham maddelerden elde edilen bitki kaynaklı proteinlerin bileşimi ve fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine bilimsel araştırmalar artmakta ve ürün geliştirme beklentileri ilerlemektedir. Bitkilerden elde edilen proteinler; çözünürlük, su bağlama, yağ bağlama, emülsifikasyon, köpük oluşturma ve jelleşme gibi çeşitli fonksiyonel özellikleri ile birçok gıda ürünüde içerik olarak kullanılma potansiyeline sahiptir (Boye ve diğ, 2010).

Hayvan bazlı gıdalar, bitki bazlı gıdalardan daha fazla çevresel etkiye sahiptir ve daha fazla sera gazı salıp, daha fazla toprak ve nitrojen gerektirmektedir (Curtain ve diğ, 2019). Aynı zamanda tüketici tercihlerindeki bilinçlenme ile gelen değişimler, din, kültür ya da kişisel tercihler gibi etkenler, hayvansal ürünlere olan güvenin azalmasıyla tüketici vegan/ vejetaryen beslenmeye yönelmiştir. Vejetaryan diyet hayvansal ürünlerin bir kısmını hariç tutarken vegan diyet sadece bitkisel ürünlerden oluşmaktadır (Modlinska ve diğ, 2020). Tüketici tercihlerindeki bu yönelimden dolayı, protein açısından zengin diyetlere olan talep, bitki proteinlerine önem kazandırmaktadır. Bitki bazlı proteinlerin fonksiyonel özellikleri gıda formülasyonlarında uygulanmaya başlanmıştır. Bu alandaki bilimsel araştırmalar da her geçen gün artmaktadır (Yavuz ve diğ, 2016).

Yağlı tohumlar yüksek protein içerikleri nedeniyle insan diyetinde kullanım potansiyeline sahiptir ancak birkaç önemli tür dışında insan diyetinde ana protein kaynağı olarak kullanılmamaktadır. Soya, kanola, ayçiçeği, aspir, yerfıstığı, mısır, keten tohumu, kenevir, pamuk tohum ve susam bu grupta yer almaktadır (Arntfield, 2012; Moure ve diğ, 2006; Rodrigues ve diğ, 2012). Yağlı tohumlardan soğuk sıkım ile yağ elde edildikten sonra protein ve lif yönünden zengin bir yan ürün olan küspe elde edilmektedir. Yağ presleme adımından önce, yağlı tohumlar kavrulur ve sonrasında organik çözücüler ile tohumlardan yağ çıkarılmaktadır. Elde edilen küspe protein ekstraksiyonu için hazır hale gelir ve son ürün protein izolatı olarak isimlendirilmektedir (Kotecka-Majchrzak ve diğ, 2020).

Aspir üretimi Türkiye’de 2007 yılından itibaren artış göstermiş ve 2014 yılında dünya genelinde Türkiye aspir üretiminde 2. sırada yer almıştır. Türkiye aspir açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Aspir tohumu yağ içeriği 300-450 g/kg aralığında değişmektedir. Aspir tohumundan yağ elde edildikten sonra yan ürün olan aspir küspesi atık hale gelmekte ya da yağ endüstrileri tarafından yüksek lif ve yüksek protein içermesi nedeniyle hayvan yemi kullanımı için piyasaya sunulmaktadır. Yağ endüstrisinin yan ürünü olan aspir küspesi, 240 g/kg protein içermektedir. Yağlı tohumlardan protein izolasyonu için yağı uzaklaştırılmış aspir tohumu (aspir küspesi) alkali su ile ekstraksiyonuna dayanmaktadır. Proteinler suya geçtikten sonra izoelektrik noktalarına göre çöktürme yöntemiyle geri kazanılmaktadır (Ulloa ve diğ, 2011).

Unlu mamüller günümüz beslenme alışkanlıklarında önemli boyutta yer almaktadır ve bu gıda ürünleri tüketici tarafından kolayca kabul görmektedir. Muffin kekler, yumuşak dokusu, beğenilen lezzeti, kolayca ulaşılabilirliği, her yaş tüketici kitlesine hitap etmesi ve çok çeşitli malzemelerle yapılabilmesinden dolayı çok tercih edilen bir fırıncılık ürünüdür. Ayrıca muffin kekler çoğu fırın ve marketten satın alınabilen ve günün herhangi bir saatinde tüketilebilen bir atıştırma ürünüdür (Kaur ve diğ., 2018).



## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Protein

Proteinler hücre kütlelerinin büyük bir kısmını oluşturan, her proteinin kendine özgü bir dizilim ile birbirine bağlanan polimerik aminoasit zincirlerinden oluşan makromoleküllerdir. Mikroorganizmalarda farklı yapı ve görevlere sahip milyonlarca protein vardır. Doğada 20 çeşit aminoasit bulunmaktadır. Tüm aminoasitler merkezde alfa karbon atomu olan ve bu atoma bağlı karboksilik asit grubu, bir amino grubu, bir hidrojen atomu ve R ile gösterilen değişken gruba sahip organik bileşiklerdir. Aminoasitlerin farklılığı alfa karbon atomuna bağlı radikal (R) zincirden oluşmaktadır. Radikal grubun aminoasitlerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde rolü büyüktür. 20 çeşit aminoasitin oluşturduğu kimyasal işlevlilik, proteinlerin özellikleri açısından çok önemlidir. Aminoasitler iki peptid bağının kovalent olarak bağlanması ile dipeptid oluşturmaktadır. Proteinler baş kısmından kuyruk kısmına kadar aminoasitlerden oluşturdukları uzun zinciri katlayarak üç boyutlu bir polimer yapı oluştururlar. Yapılan araştırmalar sonucu insan bedeninde 250.000'den fazla eşsiz proteinin bulunduğu ortaya konulmuştur. Bu eşsiz proteinler memeli hücrelerde birçok rol üstlenir. Bunlar arasında yapıya katılma, hormon düzenleyici, biyolojik sıvılarda ozmotik ve pH dengesinin düzenlenmesi, metabolizmadaki kimyasal reaksiyonlarda, hücre içi ve dışı madde taşınmasında görev alırlar. Ayrıca vücut savunmamızda da pıhtılaşma proteinlerinin kan kaybını önlemesi gibi önemli rolleri vardır (Garlick ve diğ., 2007).

Proteinler insan diyetinde ana makrobesinlerdir ve Dünya Sağlık Örgütü günlük insan ağırlığı başına 0,75 g protein alınımını önermektedir. Proteinlerin niteliğini toplam ham maddeyle birlikte, sindirilebilirlikleri, aminoasit bileşimi, antibesleyici bileşiklerin varlığı da belirlemektedir (Schweiggert-Weisz ve diğ., 2020).

#### 2.1.1 Proteinleri ayırma ve saflaştırma yöntemleri

Proteinlerin ayrılması ve saflaştırılması, proteinin hammadeden ekstraksiyonu ile ekstrakte edilen proteinin izole edilmesi ve istenmeyen kontaminantların uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Proteinlerin ekstraksiyon ve saflaştırma metodları, proteinlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre seçilmektedir.

Proteinlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine göre ayrılması çizelge 2.1’de verilmiştir (Akyüz ve diğ, 2018).

**Çizelge 2.1 : Proteinlerin Saflaştırma Yöntemleri.**

Ayırma İşlemleri	Özellik
1. Çöktürme	
-Amonyum Sülfat	Çözünürlük
- İzoelektrik	Çözünürlük, pH
2. Kromatografi	
-İyi Değişimi K.	Yük, yük dağılımı
-Jel Filtrasyon K.	Boyut, şekil
3. Elektroforez	Yük, boyut, şekil
4. Santrifüj	Boyut, şekil
5. Ultrafiltrasyon	Boyut, şekil

Çöktürme ile ayırma yöntemi hızlı, güvenilir, ekonomik hem de istenilen ürünün yüksek saflıkta olmasından dolayı yaygın olarak kullanılan ayırma yöntemidir. Çöktürme yöntemi ile protein eldesinde proteinlerin çözelti içerisindeki çözünürlüğü, yapısındaki aminoasitlerin hidrofobik ve hidrofil gruplarının yerleşimlerine göre tuz konsantrasyonu, sıcaklık, pH değeri, iyonik kuvvet gibi değişkenlerden etkilenmektedir (Akyüz ve diğ, 2018).

İzoelektrik çöktürme ile ayırmada, izoelektrik noktada proteinlerin net yükü sıfırdır ve bu noktada daha az çözünmektedirler. En düşük seviyede yük itmesiyle birbirlerine en kolay biçimde yaklaşmaktadırlar. Bununla birlikte izoelektrik noktada proteinler en düşük iyonik güçte ve çözünürlükleri az olduğu için izoelektrik çöktürme çoğunlukla çok az tuzla ya da tuz kullanılmadan uygulanmaktadır (Burgess ve diğ, 2009).Ultrafiltrasyon ile ayırma yönteminde, çözünen bileşenin bir membran tarafından seçici olarak filtrelenmesiyle basınç veya merkezkaç kuvvetinin etkisine bağlıdır.Genel olarak protein ayırma ve saflaştırma diyagramlarında son adım olan ayırma ve saflaştırma hedefine ulaşmak için bir veya birkaç kromatografik yöntem kullanılmaktadır. Ana adım protein içeren bir çözeltinin, dış kuvvetlerden etkilenerek farklı maddeler içeren bir kolondan geçmesidir. Farklı proteinlerin ve kromatografik kolon malzemeleri arasındaki etkileşimlerden dolayı proteinlerin kolonda kalma süreleri değişmektedir. Bu nedenle proteinlerin kolonda tutulma sürelerine bağlı

olarak ayırma ve saflaştırma gerçekleşmektedir. Elektroforez yönteminde ise, bir elektrik alanında yüklü parçacıkların çeşitli hızlarda hareket ederek ayrılması yöntemidir.

### **2.1.2 Proteinlerin fonksiyonel özellikleri**

Proteinler yapıya katılma, yüksek işlevsellik ve amfilik özellikleri nedeniyle karbonhidratlar, yağlar, vitaminler, mineraller, su ve diğer gıda komponentleri ile etkileşim göstermektedir. Gıda ürünleri işletme endüstrisinde yaygın olarak kullanılan hayvansal proteinler süttten elde edilen peynir altı suyu ve kazein farklı gıda bileşenlerini içeren gıda matrisinin vizkozite ve stabilizasyonunu artırmaktadır. Yumurta beyazı proteini ise hazırlanacak olan gıda ürününün çırpılma ve ısıtılması esnasında stabiliteyi korumak ve ağ oluşturmak için kullanılır. Soya ve bezelye proteinleri yüksek fonksiyonellik özelliklerinden dolayı gıda ürünlerinde kullanımı yüksektir. Su tutma, jellşeme, yağ bağlama ve emülsifiye edici özellikleri bu iki bitkisel proteini eşsiz kılmaktadır (Ismail ve diğ, 2020).

Fonksiyonel özellikler, besin kalitesi ve maliyet gıda proteinlerinin gıda formülasyonlarına uygunluğunu belirleyen ana kriterlerdir. Proteinlerin kalitesini belirlemek için yüksek besin kalitesine bakmak çok değerli olsa da aynı zamanda diğer gıda bileşenleri ile fizikokimyasal özellikleri ve bu bileşenler ile etkileşimi de son derece önemlidir. Gıda ürününün son kalite özelliklerinin belirlenmesinde fonksiyonel özellikler büyük yer almaktadır. Bir proteinin gıda formülasyonlarındaki işlevselliği, aminoasit yapısına ve o aminoasitin moleküler boyutuna ve net yüküne de bağlıdır (Kinsella ve diğ, 1981).

Uzun yıllardır belirli proteinlerin eşsiz işlevselliğinden yararlanılmaktadır. Bunlar arasında ekmek yapımında buğday proteininin ekmeğe sağladığı viskoelastik yapı, keklerde yumurta akı proteininin hamuru havalandırma özelliği ve papayanın etlerde yumuşatıcı özelliğinden yararlanılmaktadır. Bunlar en yüzeysel fonksiyonellik özelliklerdir. Bunlarla birlikte en önemli fonksiyonel özellikler su tutma kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, jelleşme kapasitesi, köpük oluşturma kapasitesi, çözünürlük, emülsiyon stabilitesi ve köpük stabilitesidir (Kinsella ve diğ, 1976).

#### **2.1.2.1 Çözünürlük**

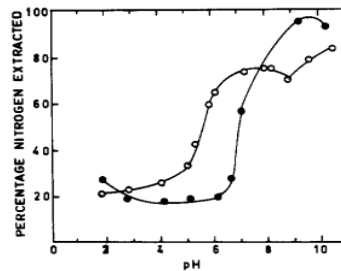
Protein çözünürlüğü gıda formülasyonları için arzu edilen bir değişkendir. Bununla birlikte köpüklenme oluşumu ve stabilizasyonu, emülsifikasyon kapasitesi, jel

oluşturma kapasitesi gibi fonksiyonel özellikler için ön şarttır. Proteinlerin çözünürlüğü moleküllerin polaritesi ve sırasına bağlıdır. pH, çözücü türü ve iyonik kuvvetten direkt etkilenmektedir (Bessada ve diğ., 2019).

Proteinlerin çözünürlüğü protein-protein ve protein-su interaksiyonları arasındaki denge ile bağlantılıdır. Her proteinin kendine özgü izoelektrik noktası vardır ve bu noktada net yük sıfırdır. Spesifik olarak proteinler izoelektrik noktalarının altındaki ve üstündeki pH değerlerinde, proteinlerin bir araya gelmesini önlemek nedeniyle elektrostatik yük itmesine maruz kalır. Proteinlerin hidrofobik interaksiyonlar yoluyla bir araya toplanmalarının nedeni çözünürlüğün izoelektrik noktalarında yükün azalmasıyla en düşük seviyede olma eğiliminden kaynaklanmaktadır (Galves ve diğ., 2019). Mattil'e göre proteinlerin fonksiyonellik özelliklerinin araştırılmasında ilk olarak, farklı iyonik koşullarda çözünürlük niteliklerine bağlı sistemli bir çalışma yapılırsa daha verimli hale gelmektedir (Mattil ve diğ., 1971).

Protein ekstraksiyonu için en uygun koşulların belirlenmesi amacıyla, farklı şartlar altında proteinlerin çözünürlük özelliklerinin sistematik bir şekilde incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu, proteinlerin hangi koşullarda en iyi şekilde çözüneceğini ve ekstraksiyon sürecinin en verimli şekilde nasıl gerçekleştirilebileceğini anlamak için gerekmektedir.

Çözünürlük davranışı, proteinlerin gıda ürünlerinde kullanılabilme potansiyel işlemlerine güçlü bir gösterge sağlar ve aynı zamanda uygulama prosedürlerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Farklı pH değerlerinde ölçülen nitrojen profil analizi, proteinlerin fonksiyonelliği hakkında rehberlik sağlamaktadır.



**Şekil 2.1 :** Aspir tohumu toplam proteininin su ve NaCl İçerisinde nitrojen ekstrakte edilebilirliği.

Bu nedenlerden dolayı çözünürlük özelliklerini bilmek gıda endüstrisinde tasarlanacak olan teknolojik gıda formülasyonlarını çıkartmak için vazgeçilmezdir. Yüksek protein içeren zenginleştirilmiş gıda tasarımı için, yüksek çözünürlükte proteine ihtiyaç

duyulduğu için, düşük çözünürlükte olan proteinlerin kullanımı tasarlanacak olan gıda formülasyonunu sınırlamaktadır. Isıl işleme tabi tutulmuş protein izolatlarının çözünürlüğü artırılabilir ve endüstriyel gıda tasarımları için etkili bir proses olmaktadır (Latha ve diğ, 1984).

### **2.1.2.2 Emülsiyon kapasitesi ve aktivitesi**

Emülgatörler birbiri ile karışmayan sıvılar arasında arayüz filmleri oluşturabilme kabiliyetine sahip moleküllerdir. Emülsiyonlar kolloid adı verilen iki aşamalı gıda sistemlerinin mevcut sınıfının bir bölümüdür. Emülsiyonda bir sıvı dağılmış faz olarak isimlendirilir diğer faz da sürekli faz olarak isimlendirilir. Gıda sistemleri emülsiyon örneklerine salata sosları ve süt verilebilir (Awuchi ve diğ, 2019).

Proteinlerin emülsifiye edici nitelikleri, gıda endüstrisinde ilgili proteini gıda formülasyonlarında kullanabilmesi için büyük önem taşımaktadır. Proteinler hem hidrofil hem de hifrofob özelliklerinden dolayı amfilik niteliktedir ve tasarlanacak olan gıdalar için değerli moleküllerdir. Çözünürlük oranı düşük proteinler yani izoelektrik noktaya yakın pH değerleri sunulan gıda sistemlerinde, proteinlerin emülsifiye etme yeteneği düşüktür. İzoelektrik nokta yakınlarında proteinlerin net yükü en düşük seviyede olduğu için ara yüzeye geçişleri engellenmektedir ve emülsifiye etme aktiveleri azalmaktadır. Sonuç olarak proteinlerin emülsifiye edici aktiviteleri, pH çizgisinin izoelektrik noktaya mesafesi ile orantılı olarak artmaktadır. Emülsiyon aktivitesi birim su miktarı başına emülsifiye edebileceği yağ miktarını belirtirken, emülsiyon stabilitesi zamanla meydana gelen değişimlere karşı gösterdiği dirençtir.

Emülsiyonlar, proteinlerin yağ-su arayüzüne geçmesinin ardından oluşur, burada adsorbe edilirler, yenido sıralanırlar ve yağ damlacıklarını örten viskoelastik bir yapı oluştururlar. Emülsiyon oluşumunun ilk adımında, proteinin yağ-su arayüzünde yüzeyde toplanması ve yeniden sıra oluşturma yeteneğinin, yüksek yüzey yüküne ve yüksek hidrofobikliğe sahip olması gerekmektedir. Bu sebeple stabil bir emülsiyon oluşturmak için yük ile hidrofobiklik arasında orantılı bir dengeye gereksinim vardır (Galves ve diğ, 2019).

Hayvansal kaynaklı proteinler, gıda emülsiyonlarının ve köpüklerinin stabilizasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Mayonez, homojenize süt, tereyağı hayvansal kaynaklı proteinlerin oluşturduğu emülsifikasyonlara örnek verilebilir (Awuchi ve diğ, 2019). Süt proteinleri, üstün emülgatör özellikleri sayesinde birçok

gıda ürününde katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Peynir altı suyu protein izolatları ve hidrolizatları, yağlarda lesitin ile birleştirildiğinde emülsiyon özelliklerini geliştirmektedir. Yüksek emülsiyon stabilitesi ve kapasitesi, peynir altı suyu proteinlerinin yüksek yağ içeriğine sahip kremalar, mayonez, sürülebilir krem peynirler, et ve salata sosları gibi ürünlerin üretiminde kullanılmasına olanak tanımaktadır (Özcan ve diğ, 2011).

Gıda emülsiyonlarında, bitkisel protein kaynağı olarak genellikle soya kökenli bitki proteinleri kullanılmaktadır. Soya proteininden sonra en çok kullanılan diğer bitkisel protein kaynaklarında ise bezelye, nohut ve acı bakla yer almaktadır (Bessada ve diğ, 2019). Yağlı tohum protein konsantreleri ise kenevir tohumu proteini hariç iyi bir gıda emülsiyon stabilize edicidirler. Literatürde, aspir ve bezelye proteini emülsiyon stabilizasyonları çok yakın olduğu bildirilmiştir (Galves ve diğ, 2019).

### **2.1.2.3 Jel oluşturma kapasitesi**

Jel oluşturma kapasitesi biyopolimer ile bir gıda sisteminden jel oluşmasıdır örnek olarak nişasta ve proteinler verilebilir. Dallanmış polimer yapıları zincirler arasındaki kimyasal ilişkiler ortaya çıkabilir bu da giderek biyopolimerler ile neticelenmektedir. Bu kimyasal ilişki devam ettikçe daha büyük gelişmiş biyopolimerler elde edilir ve tepkimenin belirli kademelerinde biyopolimerler arasındaki bağlantılar tek makroskopik bileşikler oluşturmaktadır. Reaksiyonun jel noktası olarak kabul edilen bu noktada gıda sistemi akışkanlığını kaybeder ve vizkozitesi çok büyük olur. Jel noktası veya jelleşmenin başladığı noktada vizkozitede hızlı bir artış meydana gelmektedir. Sınırı olmayan sonsuz büyüklükteki biyopolimer ağ jel olarak tanımlanmaktadır. Jel solvent içerisinde çözünmemesine rağmen hacim kazanabilmektedir. Jelleşme kapasitesi proteinlerin önemli fonksiyonel özelliği olup dokusu ve viskolelastik yapısıyla direkt ilişkilidir. Jelin kalitesi karbonhidrat ve proteinlerin varlığına bağlıdır. Karbonhidratların varlığı, proteinin sulu çözeltisi için termodinamik afinitesini azaltır ve buna ek olarak protein bileşiklerindeki interaksyonu derecesini artırarak jelleşme kapasitesini artırır. Gıda formülasyonları için jelleşmenin başladığı noktayı bilmek önemlidir, çünkü bu proses geri döndürülemezdir ve gıda sistemi niteliklerine etkisi büyük olmaktadır (Awuchi ve diğ, 2019).

Proteinlerin jelleşme özellikleri çoğu gıdanın dokusal özelliklerini belirlemektedir. Jelleşme çapraz bağlanma ağlarının oluşturduğu moleküler arası etkileşim sebebiyle proteinlerin fonksiyonel 3 boyutlu ağının meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Gıda jelleri yüksek neme sahip, akışa direnç gösteren ve deformasyon sonrası farklı yapısal şeklini koruyan 3 boyutlu polimerik yapılardır. Yarı katı jel dokusu, birçok işlenmiş gıda formülasyonları için duyuusal ve dokusal kabul edilebilirlik sağladığından, gıda endüstrileri için proteinlerin en çok tercih edilen fonksiyonel özelliklerden biridir. Yarı katı jeller, katı doku olarak davranırlar ancak aynı zamanda da sıvıların sunduğu birçok özelliğini sağlarlar. Proteinlerin jel oluşturabilme yeteneği protein kaynağı, protein konsantrasyonu, protein izolasyon metoduna, ortam pH'ı, iyonik gücü ve sıcaklığa bağlıdır. Bir gıda proteinin yüksek oranda suyu stabil bir yarı katı yapıya sahip tutma özelliği, süt ürünlerine alternatif bitkisel kaynaklı ürünler, tatlılar ve hayvansal ürünlere ikame olarak et analogları için uygun bir çözüm kaynağıdır.

Proteinlerin jelleşme özelliğinden puding, jöle, çeşitli tatlılar ve et ürünlerinde yararlanılmaktadır. Tahılların, baklagillerin ve yağlı tohumların jelleşme özellikleri farklılık göstermektedir. En yaygın bitkisel protein kaynağı olarak soya izolatu kullanılmaktadır. Literatürde bezelye proteini ve mercimek proteini izolatının soya protein izolatına göre jel oluşturma kapasitesinin düşük olduğu görülmüştür (Yavuz ve diğ, 2016).

#### **2.1.2.4 Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi**

Köpük kapasitesi ve stabilitesi, proteinlerin fonksiyonel özelliklerinin karakterizasyonunda önemli parametrelerdendir. Köpük derecesinin yüksek olması için proteinlerin suda yüksek miktarda çözünür olması gerekmektedir (Cano- Medina ve diğ, 2011).

Bir gıdanın köpük oluşturma kapasitesi gıdanın çırpılmasıyla elde edilen ara yüzey alanı miktarının büyüklüğü ile ölçülmektedir. Proteinler genel olarak gıda formülasyonlarında köpüklenmeden sorumludurlar. Köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, proteinlerin meydana getirdiği hava kabarcıklarının süspansiyonunu koruyan ve birleşme hızının derecesini düşüren ara yüzey filmine dayanmaktadır. Yumurta akı çeşitli proteinler içermesinden dolayı yumurta sarısından daha büyük hacimde köpük oluşturma kapasitesine sahiptir.

Fırıncılık ürünlerinde kullanılması hedeflenen unların köpük oluşturma ve köpük stabilite değerlerinin yüksek derecede olması beklenmektedir. Muffin kekler, kurabiye ve birçok fırıncılık ürününde kullanılan unlar fonksiyonel ajan olarak görev almaktadır. Köpük stabilitesi gıdanın mekanik ve yerçekimine karşı stabil olma yeteneğini belirtir. Köpürme kapasitesi ve stabilitesi arasında daima zıt bir bağlantı mevcuttur. Köpük oluşturma kapasitesi yüksek olan unlar, daha ince, daha az elastik bir protein filmiyle sınırlandırılmış hacimce büyük hava kabarcıkları meydana getirebilir. Fakat bu hava kabarcıkları kolaylıkla içine çökebilir ve bu unların köpük stabilitesi düşük olur. Çoğunlukla bölgesel denatürasyonu gerçekleştirmek amacıyla kompakt yapıdaki proteini ısıtmak köpürme özelliklerinde artış sağlamaktadır (Awuchi ve diğ, 2019).

Lipitler, protein konsantrasyonlarının ve izolatlarının köpük oluşturma stabilitesinin bozulmasının temel kaynağıdır. Araştırmalar lipitlerin uzaklaştırılmasından sonra soya fasulyesinin proteinlerinin köpük oluşturma kapasitesinde artış sağladığını belirtmiştir. Soya fasulyesi ısıtıldıktan sonra ve lipit ekstraksiyonu sonucunda iyi bir köpük oluşturma derecesine sahip olmasına rağmen gıda formülasyonlarında yapısal kararsızlıktan dolayı kullanılması sınırlıdır (Cano-Medina ve diğ, 2011).

Gıda köpükleri, katı veya sıvı ortamda dağılmış gaz kabarcıklarından oluşmaktadır. Gıda köpüklerindeki kabarcıklar çoğunlukla bir protein tabakasıyla kaplanır, bu da hem onların oluşumunu kolaylaştırır hem de dış etkenlere karşı dirençlerini artırır. Bir köpüğün şeklini ve hacmini süre geçtikçe koruyabilmesi bira, kahve ürünleri, fırıncılık ürünleri, dondurma, beze gibi ürünlerin yapılmasında tercih edilen bir özelliktir. Proteinlerin çırpma işlemi esnasında büyük gaz kabarcıkları içeren köpükler oluşturma yeteneği, proteinlerin konsantrasyonuna, adsorpsiyon kinetiğine ve yüzey basıncına bağlıdır (Hadidi ve diğ, 2023).

Proteinlerin köpürme özellikleri birçok içsel faktöre bağlıdır; bunlar proteinin boyutu, yapısı, hidrofobikliği, yüzey potansiyeli ve yüküdür. Düzensiz, küçük ve esnek proteinlerin yüzey gerilimi erken ve hızlı azalır, bu nedenle düzenli, sert ve büyük proteinlere göre köpük oluşturma kapasiteleri yüksektir. Literatürdeki çalışmalar, çoğu proteinin köpüklenebilirliğinin, izoelektrik noktalarına yakın pH'larda yüksek oranda arttığını göstermektedir (Aluko ve diğ, 2009).

Literatürde bitkisel proteinlerde en yüksek köpük oluşturma kapasitesinin bezelye daha sonra ise bakla olduğu görülmüştür. En düşük köpük oluşturma kapasitesi ise acı bakla olduğu bildirilmiştir (Yavuz ve diğ, 2016).

Proteinlerin köpük oluşturma özellikleri, fırıncılık ürünlerinin kalitesini belirlemede önemli bir faktördür. Özellikle yumurta akı proteinleri, kek, sufle ve pandispanya gibi ürünlerde hacim ve tekstürü iyileştirmektedir. Yumurta akı, hava kabarcıklarını hapsederek pişirme sırasında genişleyen ve ürünün kabarmasını sağlayan kararlı köpükler oluşturmaktadır. Proteinlerin köpük oluşturma kapasitesi ve stabilitesi, su tutma kapasitesini artırarak ürünlerin nemli kalmasını ve bayatlamasını geciktirmektedir. Ayrıca, köpük oluşturma özellikleri lezzet ve renk üzerinde de olumlu etkiler sağlamaktadır.

Bitkisel proteinlerin fırıncılık ürünlerinde köpük oluşturma aktivitesine etkisi üzerine yapılan araştırmalar, bu proteinlerin hayvansal proteinlere göre bazı avantajlar ve dezavantajlar taşıdığını göstermektedir. Bazı bitkisel proteinler, soya proteini, bezelye proteini ve buğday gluteni gibi çeşitli fırıncılık ürünlerinde köpük oluşturma ve stabilizasyon kapasitesine sahiptir. Soya proteini lesitin gibi emülgatörlerle birleştirildiğinde köpük oluşturma aktivitesi ve stabilitesi artmaktadır. Bezelye proteini genellikle glutensiz ürün formülasyonlarında tercih edilmektedir fakat köpük oluşturma kapasitesi sınırlı olduğu için diğer proteinlerle kombine edilmektedir. Bu sayede fırıncılık ürünlerinin hacmi ve dokusu daha iyi hale gelmektedir. Buğday gluteni ise yüksek protein içeriği sayesinde ekmekçilik ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Buğday gluteni fırıncılık ürünlerinin elastikiyetini ve hacmini artırmaktadır (Wang ve diğ, 2022).

Aspir proteini, fırıncılık ürünlerinde köpük oluşturma ve stabilizasyon kapasitesi açısından çeşitli avantajlar sunmaktadır. Araştırmalar, aspir protein izolatının ekmek ve diğer fırıncılık ürünlerinde kullanıldığında, bu ürünlerin protein içeriğini artırdığını ve besin değerini iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, aspir proteini köpük stabilitesini artırarak ürünlerin dokusunu ve hacmini iyileştirmektedir (Altaiuly ve diğ, 2015).

### **2.1.2.5 Yağ bağlama kapasitesi**

Yağ bağlama kapasitesi, baklagil unları ve proteinleri için gıdalarda önemli bir fonksiyonel özelliktir. Yağ bağlama kapasitesi, gıdanın lezzetini dokusunu, ağızdaki hissini ve gıdanın verimine etki etmektedir. Yağ bağlama kapasitesi, lipid-protein interaksiyonlarında yer alan kovalent olmayan hidrofobik, elektrostatik ve hidrojen bağı tarafından yağın protein içerisinde fiziksel olarak hapsedilmesidir. Yağın

tutulması, lipitlerin hidrokarbon zincirlerinin polar olmayan kısmına bağlanması nedeniyle oluşmaktadır (Wang ve diğ, 2020).

Protein oranı yüksek besinlerin yağ bağlama kapasitesi de yüksektir. Gıda formülasyonlarında yağ ve su bağlama kapasitesi, proteinin konformasyonuna, aminoasit bileşimine ve yüzey polaritesine ya da hidrofobikliği gibi içsel etkenlere dayanır (Awuchi ve diğ, 2019).

Gıdaların duyu kalitesi ağızda bıraktığı his ve lezzetin devamlılığı yağ tutma kapasitesi ile bağlantılıdır. Et ve et ürünlerinde kullanılacak olan proteinlerin yağ tutma kapasitesinin yüksek olması beklenir. Yağ emilim prosesi, emilen yağın tutulmasında etkili olan hidrofobik proteinlere ve kılcak etkileşimlere de dayanmaktadır. Yağ tutma kapasitesi; protein türlerine, protein boyutuna, polar olmayan aminoasit yan zincirlerine bağlıdır. Bir gıdanın kabul edilebilirliğinde yağ tutma kapasitesi/su tutma kapasitesine bakılmaktadır (Kumar ve diğ, 2022).

#### **2.1.2.6 Su bağlama kapasitesi**

Su bağlama kapasitesi, protein izolatının belirli bir kıvam ve yüksek kaliteli bir gıda formülasyonu elde etmek amacıyla absorbe ettiği su miktarını ifade etmektedir. Bir hamurun işlenmek üzere yoğun bir şekilde yapışkan hale getirilmeden önce eklenmesi gereken optimum su miktarıdır. Çok düşük ve aşırı su absorpsiyonu gıda kalitesini olumsuz etkilemektedir (Awuchi ve diğ, 2019).

Gıda ürünlerinde proteinlerin su bağlama kapasitesi önemli bir rol oynamaktadır. Ürünlerin tekstürünü, lezzetini, nem tutma kapasitesini, stabilitesini ve raf ömrünü etkilemektedir. Gıda endüstrisinde genellikle kullanılan hayvansal protein kaynakları: kazein, whey proteini, yumurta proteinleri ve kolejendir. Sütte bulunan bir protein olan kazein, peynir, yoğurt ve süt bazlı içeceklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kazein suyu bağlayarak jel oluşturmaktadır. Dondurma, jelatin ve tatlı çeşitlerinde tercih edilmektedir. Yumurta proteinleri fırıncılık ürünlerinde suyu bağlayarak tekstürü iyileştirmektedir (Day ve diğ, 2022).

Gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılan bitkisel protein kaynakları ise gluten, soya proteini, bezelye proteini ve fasulye proteini. Gluten, buğday ve diğer tahıl gruplarında bulunmaktadır, suyu bağlayarak elastik bir yapı oluşumuna katkı sağlamaktadır. Ekmek, makarna ve diğer fırıncılık ürünlerinde tercih edilmektedir. Bezelye proteininin su bağlama özelliği yüksektir genellikle bitkisel bazlı et alternatiflerinde kullanılmaktadır. Fasulye, nohut, mercimek ve diğer baklagillerden

elde edilen proteinler de bitkisel kaynaklı et alternatifi ürün formülasyonlarında kullanılmaktadır (Martins ve diğ, 2017).

## 2.2 Protein Kaynakları

İnsan beslenmesindeki proteinler, moleküler yapılarına ve kaynaklarına göre çeşitlilik göstermektedir. Moleküler yapıları proteinleri biyolojik, kimyasal, fonksiyonel ve beslenme bakımından farklı kılar. Beslenmemizdeki proteinler, hayvansal veya bitkisel kaynaklardan elde edilen proteinlerin gıda formülasyonlarının tüketimi ile olur.

**Çizelge 2.2 : Protein kaynakları.**

Hayvansal Kaynaklar	Bitkisel Kaynaklar
Süt	Tahıllar
Et	Baklagiller
Yumurta	Yağlı Tohumlar
Böcek	Kabuklu Yemişler
Deniz Ürünleri	Algler

### 2.2.1 Hayvansal protein kaynakları

Hayvansal protein kaynakları çoğunlukla süt, et, yumurta ve deniz ürünlerinden sağlanmaktadır. Son araştırmalarda böceklerden elde edilen protein de ilgi görmeye başlamıştır. Hayvanlardan elde edilen proteinlerin aminoasit bileşimi ve yüksek miktarda sindirilebilirliklerinden dolayı besin değerleri yüksektir. Ancak hayvansal kaynaklı protein yönünden zengin beslenmelerde yüksek kolesterol ve doymuş yağ asitleri içermesinden kardiyovasküler hastalıklara neden olmaktadır. Bu nedenle gıda endüstrisi alternatif protein kaynaklarına yönelmiştir. Hayvansal kaynaklı protein üretimi pahalı ve aynı oranda bitkisel proteinden 100 kat daha fazla su gerektirir bu nedenle çevresel olarak sürdürülemezdir (Bessada ve diğ, 2019).

Hayvansal protein izolatları gıda endüstrisinde çeşitli ürünlerin formülasyonunda kullanılmaktadır. Bunlar et, süt, dondurma, atıştırmalık, hazır yemek, konserve ve

sporcular için protein takviyeleri endüstrisinde kullanılır. Hayvansal protein kaynakları fırıncılık ürünlerinde kek, pasta, kurabiye, ekmek ve kurutulmuş hamur ürünlerinde kullanılmaktadır. Hayvansal protein izolatları genellikle süt ve yumurta proteininden elde edilmektedir (Kurek ve diğ, 2022).

Yüksek besin değerine ve fonksiyonel özelliklere sahip peynir altı suyu proteinleri, sporcu beslenmesinde, özel beslenme amaçlı gıda ve içeceklerde, bebek mamalarında ve gıda sanayisinde çeşitli amaçlarla katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Peynir altı suyu proteinlerinin, kıvam artırma, jel oluşumunu güçlendirme, emülsiyon oluşturma, su tutma ve serum ayrılmasını engelleme gibi fonksiyonel özellikleri olduğu bilinmektedir. Bu özellikleri sayesinde, peynir altı suyu proteinleri birçok gıda ürünüde duyuşal ve tekstürel özellikleri iyileştirmek ve dayanıklılığı artırmak amacıyla kullanılmaktadır (Özcan ve diğ, 2011).

Literatürde yapılan bir araştırmada yumurta akı proteininin peynir altı suyu protein izolatı ile kısmen ikame edilmesinin, hamur yoğunluğu ve viskozitesi, ısıtma hızları, iç yapı, hacim, doku ve kristalliğindeki değişiklikleri sünger keklerde özelliklerine etkisi incelenmiştir. %12,5–%25 ikame, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında değerlendirilen parametrelerde bir fark görülmemiştir ve duyuşal değerlendirmesinde örnekler arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Yumurta akı proteininin tamamen peynir altı suyu protein izolatı ile ikamesi, daha kristalize bir sistem ve daha düşük kaliteli bir kek ortaya çıkarmıştır (Díaz-Ramírez ve diğ, 2016).

Yine başka bir makalede ise yumurta akı ve peynir altı suyu proteinleri glutensiz kek formülasyonlarında çalışması incelenmiştir. Yumurta akı proteini ve peyniraltı suyu proteininden yüksek spesifik hacim elde edilirken, kek te sertlik değerini arttırmıştır. Her iki hayvansal protein de kekin yapışkanlığını ve esnekliğini artırmıştır (Sahagún ve diğ, 2018).

Hayvansal protein olan peynir altı suyu proteinleri, Comargo ve diğ. arkadaşlarının yaptığı çalışmada, %0, %10, %20 ve %30 oranlarında dört muzlu kek formülasyonu hazırlanarak, keklerin fizikokimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Pişirme sonrası yükseklik ve hacim, eklenen peynir altı suyu proteini miktarına göre artarken, pişirme sonrası yoğunluk azalmaktadır. Keklere eklenen peynir altı suyu proteini, standart keke kıyasla protein miktarında %50'den fazla bir artış sağlamaktadır. Ayrıca, eklenen peynir altı suyu proteinlerinin miktarına bağlı olarak amino asitlerde de kademeli artmaktadır. Duyusal analiz, sadece %30 peynir altı suyu proteini eklenen kek te bir

fark göstermektedir, bu örnek diğerlerine kıyasla daha az umut verici bulunduğu bildirilmiştir (Camargo ve diğ, 2018).

### **2.2.2 Bitkisel protein kaynakları**

Baklagiller, tahıllar, yağlı tohumlar bitkisel bazlı temel protein kaynaklarıdır. Bitkisel proteinler, tüm esansiyel yağ asitlerini içeren bitki bazlı besinlerin tüketilmesiyle hayvansal proteinlere kıyasla daha az doymuş yağ ve kolesterol alımına neden olduğu için vazgeçilmezdirler (Hoffman ve diğ, 2004).

Bununla birlikte proteinlere olan talebi yönlendiren çok sayıda faktör vardır. Vegan popülasyonundaki artış, gıda formülasyonlarındaki bitkisel protein kullanımını teşvik etmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinler çok sayıda doğal içerikli ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Ismail ve diğ, 2020).

Protein elde etmek için çok çeşitli bitkiler ve bitkilerin parçaları mevcuttur. En bilinen bitkisel protein kaynakları soya ve buğday uzun yıllardır protein elde etmek için kullanılmaktadır. Son çalışmalar yeşil biyokütle, tarımsal yan kaynakların yağ prosesinin pres kekleri ve bitkisel olmayan mikoproteinler gibi alternatif protein kaynakları olabileceğini ortaya koymaktadır (Schweiggert-Weisz, ve diğ, 2020).

Literatürde yapılan bir araştırmada çörek otu proteini, kabak çekirdeği proteini ve üzüm çekirdeği proteini buğday unu ile ikame edilerek ekmeklere eklenmiştir. Protein konsantrisinin eklenmesinin un, hamur ve ekmek özelliklerine etkisi; tekstür profili, gluten kalitesi ve renk özellikleri de dahil olmak üzere görsel açıdan incelenmiştir. Gluten ve tohum proteinleri arasındaki etkileşimlerin genellikle zayıf olduğu, ancak bazı fizikokimyasal özelliklerin değiştiği tespit edilmiştir. Hacim ve görsel özellikler açısından, kabak çekirdeği protein konsantrisi ile zenginleştirilmiş ekmek, kontrol grubuna benzer özellikler gösterirken, çörek otu veya üzüm çekirdeği protein konsantrisi ile zenginleştirilmiş buğday unlarının kontrole göre daha fazla direnç gösterdiği ve daha düşük uzayabilirlik değerlerine sahip olduğu bulunmuştur (Coşkun ve diğ, 2021).

#### **2.2.2.1 Baklagiller**

Aminoasit bileşimi nedeniyle baklagiller yüksek lizin, lösin, aspartik asit ve arginin içerirler fakat kükürt içeren metionin, sistein ve triptofan bakımından fakirdirler. Baklagil proteinlerinin jelleşme, emülsifiye etme ve diğer fonksiyonel özelliklerinin iyi derecede olması gıda formülasyonlarında kullanmak için benzersiz kılımdır. Bu

proteinler gıdada kullanıldığında özel makro yapılar oluşturmaktadır. Baklagil proteinleri hayvansal proteinlere alternatif olarak kullanılmaktadır.

#### 2.2.2.2 Tahıllar

Tahıllar %8-11 oranında protein içermektedir. Baklagil proteinlerinin aksine kükürt içeren aminoasitler bakımından zengindirler. Genellikle tahıl proteinleri suda çözünürlüğü düşük olduğu için gıda takviyelerinde kullanılmak için tercih edilmektedir. Buğday gluteni eşsiz bileşik yapısıyla tahıl proteinlerinin içinde ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Çölyak hastalıklarına karşı farkındalık yüksek olmasına rağmen, et ikamesi olarak glutenin, gıda formülasyonlarında kullanımı büyük yer kaplamaktadır. Bununla birlikte alternatif bitki kaynağı olan pirinç proteini de ilgi görmeye başlamıştır. Düşük çözünürlük ve kötü tatlarının olmasına rağmen hipoalerjiktir. Fizikokimyasal niteliklerini geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Yulaf yüksek protein içermesi nedeniyle proteince zenginleştirilmiş gıda formülasyonlarında, süt ürünleri alternatiflerinde, et ikamesi olarak gıda ürünlerinde kullanılmaktadır. Tahıl benzeri (*Pseudocereal*) olarak bilinen amarant unu, kinoa, karabuğday gluten içermemesi ve yüksek besin kalitesiyle çölyak hastaları için alternatif gıda ürünlerinde kullanılmasıyla ilgi çekici hale gelmişlerdir (Schweiggert-Weisz ve diğ, 2020).

Önemli bir tahıl olan buğday, dünya genelinde hem insan tüketimi hem de hayvan yemi olarak en çok kullanılan tahıllardan biridir. Buğday, özellikle vitamin ve mineraller açısından zengin olup, aynı zamanda iyi bir protein kaynağıdır. Buğdayın protein içeriği türüne göre değişiklik göstermekte olup, %9—14 arasında değişmektedir. Buğday proteinleri, gluten, gliadin ve albümin/globülin olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır. Bu gruplar arasında gluten, toplam buğday proteininin %80—85'ini oluşturmakta ve ekmek, makarna ve erişte gibi birçok ürünün işlenmesi için gerekli olan hamurun yapışkanlık ve viskoelastik özelliklerini sağlamaktadır (Çetiner ve diğ, 2018).

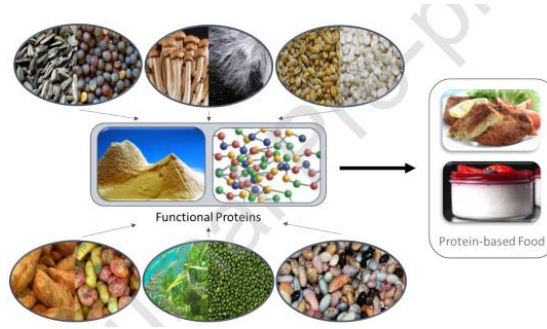
Literatürde yapılan bir çalışmada Akkuş şeker fasulyesinden (*Phaseolus vulgaris* L.) elde edilen protein izolatının kek ve bitkisel bazlı köfte ürünlerinde kalite özelliklerine etkilerinin incelenmiştir. Protein izolatı, %1, %3 ve %5 oranlarında Keklerde fasulye proteini izolatı, yumurta ve süt yerine ikame amacıyla kullanılırken, köfte uygulamasında tamamen bitkisel bazlı bir formülasyon geliştirilmiştir. Kek ve köfte numunelerinde besin öğeleri kompozisyonu, fiziksel özellikler, renk ve tekstür

özellikleri incelenmiştir. İzolat oranı arttıkça kek yüksekliği önemli düzeyde artmıştır. Hem kek kabuğu hem de içi için renk farkı ve esmerleşme indeksi artan izolat oranı ile artmıştır (Terzi ve diğ, 2020).

### **2.2.2.3 Yağlı tohumlar**

Yağlı tohumlar, beslenme kalitesini artıran bileşenlerdir ve bu tohumlardan üretilen yağların gıda formülasyonlarında kullanımı gün geçtikçe daha popüler hale gelmektedir. Bu sebeple her yıl sistemli bir şekilde ekim alanları daha fazla yer kaplamaktadır. Yağlı tohumlar yüksek yağ içeriğinin yanı sıra değerli proteinler içermektedir. Kavurma işleminin ardından soğuk sıkım yöntemi ile yağ elde edildikten sonra geriye kalan son ürün küspe olarak adlandırılır. Küspe hayvan yemi olarak kullanılır. Son yıllarda yan ürün olarak oluşan küspenin gıda bileşeni olarak kullanımı giderek artmıştır. Rafine yağları, margarin, şekerleme ürünleri, fırıncılık ürünlerinde kullanılırken; rafine edilmemiş yağlar, sofralarımızda salata ve soslarda kullanılmaktadır (Kotecka- Majchrzak ve diğ, 2020).

Yağ işleminin yan ürünleri olan pres kekleri %45 ile %65 oranında protein içermektedir. Globulinler ve albüminler yağlı tohumların temel depo proteinleridir. Bu proteinler, yağlı tohum proteinlerinin çoğunluğunu oluştururlar. Yağlı tohum proteinlerinin en kolay ve büyük olasılıkla en sürdürülebilir kullanımı, pres keklerinin (küspe) veya yağı alınmış kabuklu çekirdeklerin unlarının fonksiyonel özelliklerinden faydalanarak gıda formülasyonlarında değerlendirilmesidir. Proteinlerin elde edilmesi için öncelikle solvent ekstraksiyon adımıyla yağın uzaklaştırılması gerekmektedir. Sulu fraksiyonlama metoduyla yağlı tohumdan protein konsantreleri ve izolatları elde edilir. Son araştırmalarla kanola ve ayçiçek proteinlerinin fiziko-kimyasal özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine yoğun olarak çalışılmaktadır. Ek olarak kanola protein konsantresinde bazı istenmeyen tatlar kalmaktadır. Araştırmacılar yağlı tohumlarda alternatif protein kaynağı olarak yeterince tercih edilmeyen kenevir, kabak, keten ve susam gibi tohumlara odaklanmışlardır. Kenevir, düşük Lisin içermesinin aksine %95 gibi yüksek oranda protein sindirilebilirliğine sahiptir. Aynı zamanda iyi derecede fiziko-kimyasal özelliklere sahiptir.



**Şekil 2.2 :** Bitkisel proteinler.

### **Aspir (*Carthamus tinctorius* L)**

Aspir Orta Doğu ve Güney Asya çıkışlı, devedikeni yapısına sahip bir yağlı tohum bitkisidir. Aspir, tek yıllık yetiştirilmekte olup; 0,6-1,5 m yüksekliğinde, kazık köklü, dikenli ya da dikensiz çeşitleri vardır. Gövdesinden uzanan dallarında safran denilen çiçekleri mevcuttur. Bu safran çiçeklerinin içerisinde iri başlı tohumları vardır. Aspir tohumundan ekstrakte edilen yağ içeriğinde doymamış yağ asitleri miktarı yüksektir. Doymamış yağ asitleri ayçiçek yağında %85 iken, aspir yağında %90-92 civarındadır. Çoklu doymamış yağ asitlerinden olan linoleik asit aspir bitkisinde yüksek oranda bulunurken, linolenik asit var denecek kadar az miktarda bulunmaktadır. Aspir bitkisi E vitamini bakımından zengindir. Koroner hastalıkların önlenmesinde yüksek oleik asit içermesi sayesinde önem taşımaktadır (Gümüş ve diğ, 2016).



**Şekil 2.3 :** Aspir bitkisi.

Dünya’da Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) tohumu öncelikle yağı için üretilmektedir. Tohum yaklaşık %35-40 yağ, %25 protein ve %35-45 kabuk içerir. Aspir bitkisi tohumlarından üretilen proteinler kaliteli gıda özelliğine sahiptir. Aspir proteinlerinin ve protein izolatlarının gıda amaçlı olarak değerlendirilmesi üzerine çalışılmaktadır.

Aspir protein konsantresinin acı bir tadı yoktur ve rengi açık renklidir (Latha ve diğ, 1984).

Aspir 17'den fazla ülkede üretilmektedir. Aspirin en çok üretildiği ülkeler: Hindistan, Meksika ve ABD'dir. Bu ülkeler yaklaşık olarak dünya aspir üretiminin %75'ini karşılamaktadır. Aspir bitkisinin kurak bölgelere toleransı, diğer yağlı tohum bitkilerine göre daha yüksektir. Aspirin iki temel ürünü vardır. Bunlar; yağ ve küspedir. Yağ ana üründür. Gıda ve sanayi kullanımlarına sahiptir. Küspe ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Ulloa ve diğ, 2011). Aspir küspesinden protein ekstraksiyonu ve izolasyonu, insan beslenmesine girmesinin bir yöntemidir (Ordorica-Falomir ve diğ, 1991).

Aspir çiçeği, sarı ve kırmızı(kartamin) olmak üzere iki çeşit renk pigmenti içerir. Kırmızı renk pigmenti Japonya ve Çin'de kozmetik ürünlerinde kullanılırken, sarı renk pigmenti Çin'de eczacılık, yiyecek, içecek ve katkı maddelerinde kullanılmaktadır(Ekin., 2005).

### **2.3 Vegan Beslenme**

Son yıllarda vejetaryenliğin çeşitli formları tüketiciler tarafından ilgi çekici hale gelmiştir ve dünya çapında vegan tüketici popülasyonu artmıştır. Farklı vejetaryen gruplarının arasındaki ana ayırım, sınırlı besin gruplarının beslenmelerine dahil edilmemesidir. Bu besin gruplarının bazıları şöyledir; lakto-vejetaryen (sadece süt ürünlerini tüketen), ovo-vejetaryen (sadece yumurta tüketen), lakto-ovovejetaryen(süt ürünleri ve yumurta tüketen), pesko vejetaryen (et tüketimini yalnızca balık ve deniz ürünleri ile sınırlandıran), polo vejetaryen (kırmızı et haricinde tavuk ve hindi eti tüketenler), semi vejetaryen (sınırlı miktarda tavuk ve balık tüketirler aynı zamanda yumurta ve süt ürünlerini de tüketirler) ve veganlar hiçbir hayvansal kaynaklı gıdayı beslenmelerine dahil etmemektedirler.

Vegan beslenmeyi tercih eden tüketiciler genel olarak, dini ve etik inançlar, çevresel kaygılar ve hayvansal gıdaların neden olduğu sağlık problemlerinden dolayı tercih etmektedirler. Vegan diyeti bitkisel kaynaklı gıdalardan meyve, sebze, baklagiller, tahıllar ve kuruyemişlerden oluşur. Vegan tüketici grupları diğer tüketici grupları ile karşılaştırıldığında daha sağlıklı bir hayat biçimi tutumları olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca vegan beslenme tercih eden tüketicilerde; kardiyovasküler hastalıklar, obezite, tip 2 diyabet, karaciğer yağlanması gibi hastalıkların görülme sıklığı daha azdır. Vegan

tüketici grupları ile yapılan bir çalışmada, makro besin alımının protein haricinde büyük ölçüde yeterli düzeyde olduğu bulunmuştur (Bakaloudi ve diğ,2021).

## **2.4 Kek**

Kekler önemli unlu mamullerdir. Dünya çapındaki pazarları şu anda giderek büyümektedir. Kek yapımı, yüksek sıvı faz seviyesi nedeniyle düşük viskoziteye sahip bir hamur halinde malzemelerin karıştırılmasından ve bu hamurun kek haline getirilmesinden oluşmaktadır (PYLER., 1988).

Temel ingrediye un olan kek, şeker, yumurta, katı veya sıvı yağ, aroma ve lezzet veren bileşenler ve kabartıcılardan oluşmaktadır. Oldukça yoğundurlar, yumuşak bir iç yapıya ve tatlı bir tada sahiptirler. Nihai nem içerikleri tipik olarak %18 ile %28 arasında değişir ve bu nedenle ekmekten daha düşük, ancak kurabiyeden daha yüksektir (Bennion ve diğ,1997).

Gıda formülasyonundaki malzemelerin kabul edilebilir bir ürün yaratmada önemli yerleri vardır. Her bir bileşen keke önemli bir kalite sağlar. Bir kekin ana nitelikleri; yapısı, dokusu, nemliliği, rengi, yüksek hacmi ve yumuşak kıvamıdır (Conforti, F.D. 2014).

### **2.4.1 Kek bileşenleri**

#### **2.4.1.1 Un**

Kek, temel yapıtaşı un olan bir gıdadır. Unun yapısında nişasta ve protein bulunmaktadır. Unun içerisindeki nişasta, kekin formülasyonunda bulunan serbest suyu emerek hamurun yapısının oluşmasını sağlar. Kekin pişirme işlemi sırasında nişasta jelatinizasyonu denilen bir süreç geçirir ve içerisindeki proteinler pıhtılaşır. Bu iki durum, kekin yapısal özelliklerinin gelişmesinde etkilidir (Mizukoshi ve diğ,1979). Un, kekin kendine özgü tekstür ve görünüm karakteristiğini oluşturan temel bir bileşendir. Genellikle düşük protein içeren buğday kullanılarak kek unları üretilmektedir. Buğday unu, proteinin yanı sıra temel olarak nişasta, yağ, bazı mineraller ve vitaminler içerir. Buğday nişastası su ile ısıtıldığında, granüller su emmeye başlar ve orijinal haline göre genişlemeye başlar. Kristal yapısı erir, amiloz granüllerin dışına çıkar ve granüller deforme olur. Bu olaya jelatinizasyon denir ve geniş bir sıcaklık aralığında meydana gelir; ayrıca sukroz ve diğer emülsifiye edici maddelerin varlığından etkilenebilmektedir (Bennion ve diğ, 1997).

Kullanılacak unun belirlenmesi için önemli olan pek çok parametre vardır. Bunların ilki nem miktarıdır. Unun nem miktarı genellikle %14'tür. Diğer önemli bir faktör ise protein miktarıdır, çünkü son ürüne göre hangi unun kullanılacağı protein miktarıyla belirlenir. Kül miktarının tayini de unun fırın ürünleri için uygun olup olmadığının belirlenmesinde başka bir kalite kriteridir. Ayrıca, toplam alfa amilaz ve düşme sayısı un spesifikasyonu için diğer önemli parametrelerdir. Su absorpsiyonu ve reolojik özellikler de spesifikasyonlar için önem taşır. Sonuç olarak, optimum bir sonuca ulaşmak için unun deneysel verilerinin bilinmesi gerekmektedir (Bennion ve diğ, 1997).

#### **2.4.1.2 Yumurta**

Yumurta yaklaşık %65 yumurta akı, %35 yumurta sarısından ve kabuktan oluşur. Tüm yumurta %75 su, %13 protein, %11 lipit ve %1 karbonhidrat içerir. Yumurta çok çeşitli proteinlerden oluşur. Yumurta akı yaklaşık %11 protein, yumurta sarısı %16 protein içerir ve bu proteinler köpük oluşturucu özelliktedir. Bu proteinler güçlü bir viskoelastik yapı oluşturarak hava-su arayüzünün stabilitesine büyük derece katkıda bulunur (Godefroidt ve diğ, 2019).

Yumurta akı çırpıldığında küçük hava hücrelerinin bir araya gelmesine neden olur. Bunun nedeni protein çözeltisinin içinde havanın hapsedildiği ince hücreler oluşturabileceği bir yapı sağlamasıdır. Yumurta akı köpüğünün stabilitesi, yüksek oranda yumurta akının pH'ından etkilenir. pH düştükçe köpüğün stabilitesi artmaktadır (Conforti, 2014).

Yumurta proteinleri fırıncılık ürünlerinin kalitesini etkileyen önemli bir bileşendir. Kek kalitesine hem yapısal hem de işlevsel özellik kazandırmaktadır. Yumurta proteinleri emülsifiye edici fonksiyonel özelliğinden dolayı kek hamurundaki yağ ve suyun karışmasını sağlamaktadır. Yumurta proteinlerinin jelleştirici ve koagüle edici özelliği yumurta bileşenlerini bir arada tutmaktadır. Yumurta beyazındaki proteinler, çırpıldığında hava kabarcıklarını hapsederek köpük oluşturmaktadır. Bu köpük, pişirme sırasında keke hafif ve kabarık bir doku sağlamaktadır (Yazici ve diğ, 2021).

#### **2.4.1.3 Şeker**

Hamur tipi keklerde sadece tatlılık sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çeşitli işlevleri de vardır. Şeker, yağ üzerinde aşındırıcı bir etkiye sahiptir ve kremalama adımı sırasında şeker kristallerinin daha küçük boyutlu kristallere parçalanmasına yardımcı

olur. Kremalama adımından sonra yumurtalar eklenir ve şeker eritilir. Bu aşamada, daha fazla çözücü olduğu için hamurun viskozitesi ve kararlılığı azalır. Sükroz ve gluten proteinleri arasındaki su rekabeti, kek hamurunun karıştırılması sırasında gluten gelişiminin olmamasına veya azalmasına yol açmaktadır (Wilderjans ve diğ, 2013). Şeker, sadece tat özelliklerini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda pişmiş kekin tekstür ve görünümü üzerinde de etkilidir. Hamur viskozitesinin kontrolünde, nişastanın jelatinizasyon derecesi üzerinde ve proteinlerin denatürasyonunda önemli rol oynar. Ayrıca karıştırma sırasında gluten gelişimi ile alınarak bir yumuşatma ajanı görevi görür. Şeker, yumurta ve süt bileşenlerinden gelen proteinlerin sıcaklıkla koagülasyonunu artırarak kek hamurunun kabarmasını sağlamaktadır (Mc Williams., 1989).

#### **2.4.1.4 Süt**

Süt birçok gıda ve gıda ürününün bir bileşenidir. Süt, insanların lipid alımının yaklaşık üçte birine katkıda bulunur. Süt yağları ve süt ürünleri fırıncılık alanında çok işlevli bileşenlerdir. Süt yağları, unlu mamullerde hamurun güçlendirilmesinden doku yumuşatıcıları, dolgu yağları, kaplama lipitleri, lamine yağlar ve lezzet arttırıcılar gibi birçok farklı rol üstlenir.

Sütün kekta kullanılması ürünün besin değerini ve lezzetini arttırmaktadır. Süt sıvı halde kullanıldığında kekin nem oranını artırır. Toz halinde kullanıldığında ise kekin iç yapısına destek sağlar (Dizlek ve diğ, 2013). Vegan kek üretiminde süte ikame olarak kullanılan badem sütü, LDL kolesterol seviyelerini düşürebilen ve düşük kalorili içeriği nedeniyle kilo yönetimine yardımcı olan tekli doymamış yağ asitleri bakımından zengindir. Aynı zamanda protein, lif, manganez, kalsiyum ve E vitamini bakımından da yüksektir. Ayrıca diğer bitki bazlı süt ve sütlere göre daha fazla A, D ve E vitamini içerir. Bademlerin bol suda ıslatılıp öğütülmesiyle elde edilir. İnek sütünden daha koyu bej rengindedir. Kalsiyum içeriği inek sütünden daha yüksektir. Süt tozları genel olarak yağ, laktoz ve proteinden oluşmaktadır (Özkan ve diğ, 2002).

#### **2.4.1.5 Yağ**

Yağlar karakter olarak inanılmaz ölçüde çeşitlidirler. Bir yağ molekülü bir gliserol ve 3 yağ asitinden oluşur. Birçok unlu mamul, büyük miktarlarda yağ gerektirir. Örneğin, kekler genellikle %15- 25 arasında yağ kullanılarak hazırlanır. Kek yapımında, yağın 3 temel görevi vardır, bunlar kremalama işlemi sırasında havayı hapsedmek, fiziksel

olarak nişasta ve protein partiküllerinin sürekliliğine müdahale ederek formülasyondaki sıvıyı emülsifiye etmek ve kekler için gerekli olan yumuşak ve hassas yeme özelliklerine katkıda bulunur. Bitkisel yağlar, yağın doymamış yağ asidi bileşeni nedeniyle normalde oda sıcaklığında olan bir sıvıdır. Kek üretiminde arzu edilen özellikleri sağlamak için hidrojene katı yağlar kullanılır. Shortening yağlar, kısmen veya tamamen hidrojenize edilmiş bitkisel yağlardan elde edilmektedir(Sowmya ve diğ, 2009).

Kek katı yağları genellikle bitkisel, deniz veya hayvansal kaynaklardan elde edilebilen işlenmiş sıvı ve katı yağların karışımlarından elde edilir. Ayrıca katı yağ kırıntıları keki yumuşatır, nemlilik verir ve ağızda bıraktığı hissi arttırmaktadır (Matsakidou ve diğ, 2010).

## **2.5 Hipotez**

Atık olarak değerlendirilen aspir küspesinden ekstraksiyon sonrası protein eldesinin, yüksek oranda protein içermesi, fonksiyonel özelliklerinin iyi olması, renginin açık ve tatsız olması vegan gıda formülasyonları için umut vericidir. Vegan tüketici kitlesinin gün geçtikçe artmasıyla birlikte vegan ürünlere olan ilgiyi artırmıştır. Bu projenin amacı, köpük aktivitesi yüksek olan aspir küspesi protein izolatının, %2,5, %5 ve %7,5 oranlarında atıştırmalık olarak tüm tüketici gruplarının tercih ettiği kek formülasyonunda buğday unu ile ikame edilerek elde edilen vegan kekin, tekstürel, duyuusal ve kimyasal analizlerini araştırmaktır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

Tez çalışması kapsamında soğuk sıkımdan çıkan aspir küspesi, kek üretiminde kullanılan şeker, un, badem sütü, shortening, kabartma tozu, vanilya, muz piyasadan temin edilmiştir.

#### 3.2 Metot

##### 3.2.1 Aspir küspesine yapılan kimyasal analizler

###### 3.2.1.1 Yağ analizi

Aspir küspesi ilk önce kahve öğütücüsü (Sinbo, Türkiye) ile toz haline getirildi. Aspir küspesine öncelikle yağ miktarı analizi yapıldı. Aspir küspesi, yağ miktarı (%) AOAC 920.39'a göre ve soxhlet ekstraktör cihazı (Buchi-E816, Almanya) ile yapıldı. Aşağıdaki denklem ile aspir küspesinin % yağ miktarı denklem 3.1'e göre hesaplandı.

$$Yağ (\%) = [(M2 - M1)/M0] \times 100 \quad (3.1)$$

$M_0$  = Analizde kullanılan numune miktarı (g)

$M_1$  = Beher ağırlığı (g)

$M_2$  = Beher ve kalıntı ağırlığı (g)

Küspenin yağ miktarı %11 belirlendiği için fazla olan yağ soxhelet yöntemi ile uzaklaştırıldı ve daha sonra aspir küspesinden protein ekstraksiyonu gerçekleştirildi.

###### 3.2.1.2 Protein analizi

Küspenin ham protein miktarı LECO FP628 azot protein analizör cihazıyla AOAC 990.03 metoduna göre belirlendi (Leco Corporation, St. Joseph, MI, ABD). Protein dönüşüm faktörü 5,70 olarak kullanıldı (AOAC, 2005).

###### 3.2.1.3 Nem analizi

Aspir küspesi nem miktarı İnfrared nem cihazı (OHAUS, MB45, Switzerland) yardımıyla 121 °C'de 0.5-1 gram arası örnek tartılarak %nem miktarı ölçüldü (AOAC, 2005).

### 3.2.1.4 Kül analizi

Aspir küspesi kül miktarı analizleri AOAC 923.03 metodu ile gerçekleştirildi. Hesaplama işlemi denklem 3.2'ye göre yapıldı (AOAC, 2005).

$$\text{Kül (\%)} = [(M2 - M1)/M0] \times 100 \quad (3.2)$$

$M_0$  =Analizde kullanılan numune miktarı (g)

$M_1$  =Krozenin ağırlığı (g)

$M_2$  =Krozenin ve kalıntı ağırlığı (g)

### 3.2.2 Aspir tohumu küspesinden protein izolasyonu

Protein izolatı, alkali ekstraksiyon – izoelektrik çöktürme metodu ile ekstrakte edildi. Aspir küspesi tartılıp üzerine 1/10 oranında (w/v) distile su eklendi. Karışımın pH'sı 1 M NaOH kullanılarak pH 9'a ayarlandı ve 2 saat boyunca oda sıcaklığında manyetik karıştırıcıda (~600 rpm) bekletildi (pH metre; Ohaus, ST3100, ABD). Karışım 4 °C'de, 9000 × g devirde, 30 dakika santrifüj edildi. Santrifüj sonrası üstte kalan faz toplanıp ve çöken kısım bir behere alındı. Çöken kısma 2. kez ekstraksiyon ve santrifüj işlemlerini sırasıyla uygulandı. Santrifüj (Hettich, Universal 320 R, Almanya) sonunda süpernatant pH'ı 1 M HCl ile izoelektrik noktaya (4,5) getirildi ve çözünür proteinler çöktürüldü. Böylelikle aspir küspesindeki proteinlerin büyük bir çoğunluğu elde edildi. İzoelektrik pH'a getirilmiş süspansiyon 4 °C'de, 9000 × g devirde, 15 dakika santrifüj edildi. Dipte kalan çökelti liyofilize edilerek (Liyofilizatör; Toros/TRS 2/2V, Türkiye) kurutuldu ve elde edilen protein izolatları 4 °C'de analizlere kadar cam şişelerde depolandı (Soo ve diğ, 2021).



Şekil 3.1 : Liyofilizatör sonrası aspir tohumu protein izolatları.

### **3.2.3 Protein izolatına yapılan kimyasal analizler**

#### **3.2.3.1 Protein tayini**

İzolatların protein tayini 3.2.1.1'e göre yapıldı.

#### **3.2.3.2 Yağ tayini**

İzolatların yağ tayini 3.2.1.2'ye göre yapıldı.

#### **3.2.3.3 Kül tayini**

İzolatların kül tayini 3.2.1.3'e göre yapıldı.

#### **3.2.3.4 Nem tayini**

İzolatların nem tayini 3.2.1.4'e göre yapıldı.

#### **3.2.3.5 Protein izolatının amino asit kompozisyonunun belirlenmesi**

Protein izolatının amino asit kompozisyonu Agilent-İnfinity 1260 HPLC sistemi kullanılarak yapılmıştır. 1 g protein üzerine 15 mL 6 M HCl ilave edilmiş ve 110 °C'de (Memmert, UN55, Almanya) 22 saat reaksiyona tabi tutuldu. Kaba filtreden geçirildikten sonra borat tamponu (0,4 M, pH 10,5) ile seyreltilmiş ve 0,45 µm membran filtrelerden geçirilerek OPA ile türevlendirilmiş ve 10 µL örnek Zorbax Eclipse Plus Reverse faz C18 (2,1 x 150 x 3,5 µm) kolonundan geçirildi. HPLC sisteminde, DAD detektörü kullanıldı ve 338 nm'de ayarlandı. Çözücü 22 sistem iki mobil fazdan oluşturuldu; Çözücü A 10 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (sodyum fosfat dibazik): 10 mM Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> (sodyum tetraborat), pH 8,2: 5 mM NaN<sub>3</sub> (sodyum azit) ve Çözücü B asetonitril: metanol: su (45:45:10, v: v: v). Akış hızı ve enjeksiyon hacmi sırasıyla 0,42 mL/dk ve 32 µL ayarlandı. Amino asit miktarları standart kalibrasyon eğrisinden belirlendi ve amino asit kompozisyonu (g / 16 g N) olarak verildi.



Şekil 3.2 : 22 saat sonrasında numunelerin görünümü.

### 3.2.4 Protein izolatına yapılan fonksiyonel analizler

#### 3.2.4.1 Köpük kapasitesi ve stabilitesi analizi

Köpük kapasitesini belirlemek için (WiseTis/HG-15D, Güney Kore) homojenizatörü kullanılarak yapıldı. Freeze yöntemi ile kurutulan aspirin protein izolatı saf su kullanılarak %3'lük (w/v) falkon tüpleri içerisine 25 mL çözelti hazırlandı. Çözelti 0.1M NaOH ile pH 7'ye ayarlandı. Hazırlanan çözelti 12.000 rpm'de 2 dakika süreyle karıştırıldı. Köpük kapasitesi için hazırlanan çözeltinin köpürmeden önceki ve sonraki değerleri kaydedildi. Köpük stabilitesi için ise köpüğün 10, 30 ve 60. dakikadaki hacim değerleri kaydedildi. Köpük kapasitesi denklem 3.3'e göre yapıldı. Köpük stabilitesi ise 3.4'e göre yapıldı.

$$\text{Köpük Kapasitesi (\%)} = [(V_2 - V_1)/V_1] \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = (\Delta t \text{ köpük hacmi} / \text{ilk köpük hacmi}) \times 100 \quad (3.4)$$

$V_1$  = köpürme öncesi hacim

$V_2$  = köpürme sonrası hacim

$\Delta t$  = 10, 30, 60. dakika köpük hacmi değişim değerleri

#### 3.2.4.2 Emülsiyon kapasitesi ve stabilitesi analizi

Protein izolatının emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi analizleri Can Karaca ve diğ. (2011)' nin belirlediği yöntem modifiye edilerek yapıldı. Elde edilen aspirin proteini örneklerinden saf su ile %0,5'lik 10 g (g/g) çözeltiler hazırlandı. Çözeltinin pH değeri 7'ye ayarlandı. Ayçiçek yağı ve protein çözeltisi 1:1 (v:v) oranında karıştırılarak 7200 rpm hızda 5 dk süreyle Ultra-Turrax (WiseTis/HG-15D, Güney Kore) cihazıyla homojenize edildi.

Homojenizasyon işlemi sonunda ve 10 dakika sonra 100 µL örnek alınıp pH 7’de %0,1 (w/v) SDS içeren 10 mM sodyum fosfat tampon çözeltisinden 7,5 mL alınarak 20 saniye vortekslenildi. UV-Visible spektrofotometre (Mecasys, Optizen POP, Güney Kore) cihazında dalga boyu 500 nm seçilerek ölçüm yapıldı. Elde edilen absorbanslar kaydedilerek proteini izolatların emülsiyon kapasitesi denklem 3.5’e ve emülsiyon stabilitesi ise denklem 3.6’ya göre hesaplandı.

$$\text{Emülsiyon aktivite indeksi (m}^2/\text{g)} = \frac{2 \times 2,303 \times A_0 \times N}{C \times \Phi \times 10000} \quad (3.5)$$

$$\text{Emülsiyon stabilite indeksi (dk)} = \frac{A_0 \times t}{\Delta A} \quad (3.6)$$

A<sub>0</sub> = Emülsifikasyon bitiminde alınan örnek ile hazırlanan numunenin ölçülen absorbans değeri

N= Dilüsyon faktörü

C =Hacme göre düşen protein ağırlığı (g/mL)

A<sub>0</sub> = 0. ve 10 dakikadaki absorbans değerleri farkı

Φ = Emülsiyondaki yağ:su oranını (mL/mL)

t: zaman

#### 3.2.4.3 En düşük jel oluşturma konsantrasyonu

Aspir proteinlerinin en düşük jel oluşturma konsantrasyonunu belirlemek için Aydemir ve Yemenicioğlu (2013) yöntemi modifiye edildi. İlk olarak aspir proteinlerinden %20 (w/v)’lik ana çözelti hazırlandı. Hazırlanan bu çözeltinin pH değeri 1 N HCl ve 1 N NaOH ile 7.0 olarak ayarlandı. Ana çözelten % 10, 12, 14, 18, 20 (w/v) oranlarında seyreltik çözeltiler oluşturuldu. Elde edilen bu seyreltik çözeltiler sıcaklığı kontrol edilebilen su banyosunda 100 °C’de 1 saat boyunca ısıtıldı. Süre sonunda çıkartılıp buzlu su içinde soğuk şok uygulanarak soğutuldu. Sonrasında 4 °C’de 120 dakika inkübe edildi. 120 dakika sonrasında jel oluşumunu tüpleri ters çevrilip, tüp içerisindeki çözeltinin akış özelliği gözlemlenerek sonuçlar kaydedildi.

#### 3.2.4.4 Su bağlama kapasitesi

Aspir protein izolatının su tutma kapasitesini belirlemek için Moure ve diğ. (2002) ile Manamperi ve diğ. (2007) yöntemi modifiye edildi. Darası alınan falkon tüplere 50 mg protein tozu örneğinden tartıldı ve üzerine 1,5 mL distile su eklendi. 1 N NaOH ve 1 N HCl ile PH değeri 7,0’ a ayarlandı ve 30 saniye boyunca vortekslenildi. Örnekler oda sıcaklığında 30 dakika bekletildi ve sonrasında 20 dk, 9000 x g x 25 °C’de santrifüj

uygulandı. Süpernatant kısmı dikkatlice uzaklaştırılarak, falkon tüpler 45 °C açı ile 30 dakika kalan sıvının giderilmesi için bekletildi. Sonrasında ise tartım yapıldı ve sonuçlar kaydedildi. Su absorpsiyon miktarı denklem 3.7'ye göre hesaplandı.

$$\text{Su bağlama kapasitesi(\%)} = \frac{\text{Absorplanan su miktarı (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.7)$$

#### 3.2.4.5 Yağ bağlama kapasitesi

Protein izolatının yağ tutma kapasitesini belirlemek için Moure ve diğ. (2002) ile Manamperi ve diğ. (2007) yöntemi modifiye edildi. Darası alınan falkon tüplere 50 mg protein tozu örneğinden tartıldı ve üzerine 1,5 mL distile su eklendi. 1 N NaOH ve 1 N HCl ile pH değeri 7,0' a ayarlandı ve 30 saniye boyunca vortekslendi. Örnekler oda sıcaklığında 30 dakika bekletildi ve sonrasında 20 dk, 9000 x g x 25 °C)'de santrifüj uygulanmıştır. Süpernatant kısmı dikkatlice uzaklaştırılarak, falkon tüpler 45 °C açı ile 30 dakika kalan sıvının giderilmesi için bekletildi. Sonrasında ise tartım yapıldı ve sonuçlar kaydedildi. Yağ absorpsiyon miktarı denklem 3.8'e göre hesaplandı.

$$\text{Yağ bağlama kapasitesi(\%)} = \frac{\text{Absorplanan yağ miktarı (g)}}{\text{Örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.8)$$

#### 3.2.5 Protein izolatının kek üretiminde kullanımı

Protein izolatu üzerine şeker ilave edilerek mikserde (Kitchen-Aid, ABD) 3 dakika çırpıldı. Kremamsı köpük kıvamı alan karışıma diğer malzemeler ilave edilerek çırpılmaya devam edildi. Elde edilen köpük yapısını söndürmemeye dikkat edilerek spatula yardımıyla hazırlanan hamur karışımı cupcake kalıplarına dökülerek 180 °C'de 35 dakika konveksiyonlu buharlı fırında (Venorra, Türkiye) pişirildi. Çizelge 3.1'de vegan kek örneklerinin formülasyonu verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Vegan kek örneklerinin formülasyonu.**

Bileşenler(g)	Kontrol	2,50%	5,00%	7,50%
Un	25	22,5	20	17,5
Şeker	9	9	9	9
Shortening	3	3	3	3
Badem sütü(ml)	45	45	45	45
Kabartma tozu	3	3	3	3
Vanilya	4,5	4,5	4,5	4,5
Muz	10,5	10,5	10,5	10,5
Protein izolatu	-	2,5	5	7,5

### **3.2.6 Vegan keklerin kimyasal analizleri**

#### **3.2.6.1 Protein tayini**

Vegan keklerin protein tayini 3.2.1.1'e göre yapıldı.

#### **3.2.6.2 Yağ tayini**

Vegan keklerin yağ tayini 3.2.1.2'ye göre yapıldı.

#### **3.2.6.3 Kül tayini**

Vegan keklerin kül tayini 3.2.1.3'e göre yapıldı.

#### **3.2.6.4 Nem tayini**

Vegan keklerin nem tayini 3.2.1.4'e göre yapıldı.

#### **3.2.6.5 Kek örneklerinin amino asit kompozisyonun belirlenmesi**

Kek örneklerinin amino asit kompozisyonu 3.2.3.5'te yapılan analiz ile yapıldı.

#### **3.2.6.6 Kek örneklerinin in vitro sindirimi**

Aminoasitlerin in vitro sindirim analizi Minekus ve diğ. (2014)'e göre yapıldı. Keklerin % in vitro sindiriminin hesaplanması ise denklem 3.12'ye göre yapıldı. Simüle edilmiş tükürük SSF, mide SGF, ve bağırsak sıvıları SIF Minekus, Alminger, Alvito, Ballance, Bohn, Bourlieu, ve diğ. (2014)'e göre hazırlandı. Bu amaçla, 5 g kek numunesi ile 3,5 ml SSF elektrolit stok çözeltisi karıştırılıp 37 C ' de 2 dakika süre ile inkübe edildi. In vitro oral faz çözeltisi (SSF), 25 ml 0,3M CaCl<sub>2</sub> ve 1500 U/mL'lik 0,5 ml tükürük alfa amilaz kullanılarak hazırlandı ve 975 µL su eklenmiş karıştırılıp çözeltinin pH değeri 7'e ayarlandı. Kek oral faz karışımı üzerine 7,5 ml SGF elektrolit çözeltisi eklendi. SGF elektrolit çözeltisi 25 000 U/mL'lik 1,6 mL pepsin, 5 µL 0.3 M

CaCl<sub>2</sub>, 0,2 mL 1 M HCl eklendi ve 0,695 µL su ile pH 3'e ayarlandı. Çözelti 2 saat 37 °C'de çalkalamalı su banyosuna inkübasyon için bırakıldı. Kek gastrik faz çözeltisi üzerine 11 ml SIF eklendi. SIF elektrolit çözeltisi 800 U/mL'lik 5 mL pankreatin, 2,5 ml taze safra, 40 ml 0,3M CaCl<sub>2</sub> ve 0,15 ml 1M NaOH VE 1,31 ml su pH 7' e getirilmek için kullanıldı. Keklerin % sindirilebilirliği denklem 3.9' a göre hesaplandı ( Fasuan ve diğ, 2018).

$$\text{In vitro protein digesdibility (\%)} = \frac{(I-F)}{I} \times 100 \quad (3.9)$$

I : Sindirim öncesi numunenin protein içeriği

F: Sindirim sonrası numunenin protein içeriği

### 3.2.7 Kek örneklerinin fiziksel analizleri

#### 3.2.7.1 Renk analizi

Aspir protein izolatu kullanılarak yapılan keklerin renk ölçümleri renknölçüm cihazı (Colorimeter/PCE-CSM3, Almanya) ile yapıldı.

Sonuçlar bu cihazda CIE (L\*, a\*, b\*) renk sistemi ile ifade edilmiştir. Hunterlab renk skalasında L\* değeri siyah (=0) beyaz (=100), a\* değeri yeşil-kırmızı, b\* değeri sarı-mavi rengini göstermektedir. Renk analizi için her kek örneğinden 3 bölge ve 4 paralel olacak şekilde ölçüm alındı.

#### 3.2.7.2 Tekstür analizi

Aspir protein izolatu ile zenginleştirilmiş muffin keklerin tekstür analizi tekstür analiz cihazı (Stable Micro System/TA-HD Plus, UK) ile yapıldı. Kek örneklerinin pişirilmesi ardından 2 saat beklenilerek doku profili (TPA) analizi gerçekleştirildi. Analizde P/36 alüminyum silindirik prob kullanıldı. Testin yapıldığı test parametreleri ise şöyledir prob hızı 5 mm/s, dalma derinliği pişirilen muffin keklerin yüksekliğinin yarısı olacak şekilde, gerilme %40, algılama kuvveti 5 g ve bekleme süresi 5 s olarak ayarlandı.. Baskı sonucu elde edilen grafikten çiğnenebilirlik, yapışkanlık, sertlik, sakızimsılık ve esneklik değerleri AACC Metot 74-09.01'a göre modifiye edilerek hesaplandı (AACC, 2000).

#### 3.2.7.3 Spesifik hacim ve ağırlık kaybı analizi

Hazırlanan kek numuneleri pişirme işleminin ardından oda sıcaklığına gelmesi beklenildi ve kolza tohumu kullanılarak yapılan yer değiştirme yöntemi ile hacim

değerleri bulundu. Kek örneklerinin hacminin ağırlığına oranıyla keklerin spesifik hacim değerleri bulundu.

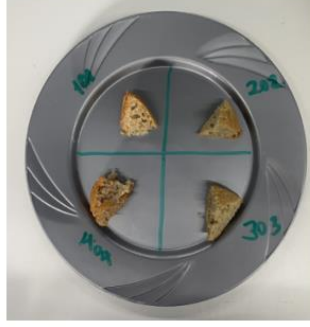
$$\text{Spesifik Hacim} = \text{Hacim/Kek Ağırlığı} \quad (3.10)$$

Kek örneklerinin pişirme kaybı analizi ise kek hamurunun pişirme öncesi ölçülen ağırlığı ile pişirme sonrası ölçülen kek ağırlığı ile aşağıdaki denklem 3.11'e göre bulundu (Altunakar, 2003; Bozdoğan, 2015).

$$\text{Pişirme Kaybı (\%)} = \frac{\text{Pişirme öncesi hamur ağırlığı} - \text{pişirme sonrası kek ağırlığı}}{\text{Pişirme öncesi hamur ağırlığı}} \times 100 \quad (3.11)$$

#### 3.2.7.4 Duyusal analiz

Örneklerin duyusal analizleri eğitimsiz (test öncesi bilgilendirme yapılmış) 20 panelist tarafından gerçekleştirildi. Panelistler 20-55 yaş grubunda seçildi. Tüketici beğenisini ifade edecek şekilde skala hazırlandı. Örnekler 5 nokta hedonik teste (aşırı beğenmedim:1, aşırı beğendim:5) göre kabul edilebilirliğe tabi tutuldu. Gerçekleştirilen duyusal analizde, örneklerin renk, doku, görünüş, lezzet, koku ve genel beğeni ve satın alınabilirlik özellikleri değerlendirildi. Analiz öncesi panelist grup değerlendirme ve kusurlar hakkında bilgilendirildi. Kek numuneleri, rastgele üç haneli kod ile numaralandırılmış plastik tabaklara yerleştirildi, tadımda keklere ilaveten ağız temizliği için numuneler arasında içme suyu sunuldu. Panelistlere sunulan kek örnekleri şekil 3.3'te verilmiştir. Analizler gün ışığı altında gerçekleştirildi (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Yapılan test skalası örneği Ek 1'de verilmiştir.



**Şekil 3.3 :** Duyusal analiz için keklerin sunumu

### **3.2.8 İstatiksel analiz**

Yapılan tüm analizlerin sonucu elde edilen verilerin farklılıkları SPSS (SPSS 22.0) istatistiksel programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Örneklere ait veriler %95 güven aralığına tek yönlü varyans analizine (ANOVA) göre belirlenmiştir. Farklılığın önemli düzeyde ( $p < 0,05$ ) olduğu özelliklerde örnekler arasındaki farklılığın incelenmesi için Duncan (çoklu karşılaştırma) testi kullanılmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Aspir Tohumu Küspesinin Verimi

Elde edilen protein izolatları liyofilizatörde dondurularak kurutulmuş ve buzdolabında muhafaza edilmiştir. 400 g küspeden elden edilen protein miktarı 110 gramdır. Aspir küspesinin protein izolatu verimliliği % 27'dir.

### 4.2 Aspir Tohumu Küspesinin Kimyasal Analizleri

Soğuk sıkım sonrası aktardan alınan aspir tohumu küspesinin kimyasal analiz sonuçları çizelge 4.1'de verilmiştir. Yağ miktarı %11±0,03, protein miktarı ise %21 ±0,01 olarak bulunmuştur. (Carthamus tinctorius L, 2018) 'e göre Fasta yetiştirilen atk ile ilgili yapılan çalışmadaki değerler ile bulunan değerler benzerdir.

**Çizelge 4.1** : Aspir tohumu küspesinin kimyasal analizleri.

Numune Adı	%Yağ	%Protein	%Nem	%Kül
Aspir Tohumu Küspesi	11,00±0,03	21,00 ±0,01	1,90± 0,02	3,50±0,04

### 4.3 Aspir Tohumu Protein İzolatı Kimyasal Analizleri

Bitkisel kaynaklardan protein izolasyonu yöntemleri araştırılmış ve hızlı, güvenilir, ekonomik olan alkali ekstraksiyon ve izoelektrik noktasına göre çöktürme metodu ile proteinler izole edilmiştir. Elde edilen protein izolatları liyofilizatörde dondurularak kurutulmuş ve buzdolabında muhafaza edilmiştir. Atpi kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki çizelge 4.2'de verilmiştir. Aspir tohumu küspesinden elde edilen protein izolatına yapılan kimyasal analizler çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2:** Atpi kimyasal analizleri.

Numune adı	%Nem	%Kül	%Yağ	%Protein
Protein İzolatı	4,6±0,06	5,2±0,36	1,73±0,22	90,12±0,45

Atpi % protein değeri 90,12 bulunmuştur. Bulunan değerler ile literatürdeki değerler benzerdir. (Ulloa ve diğ, 2011). Yüksek protein içeriği sayesinde vegan gıda formülasyonları için önemli bir yağlı tohum kaynağıdır.

#### 4.3.1 Protein izolatının amino asit kompozisyonunun belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan aspir tohumu küspesinden elde edilen protein izolatının amino asit kompozisyonu Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Literatürde yapılan aspir küspesi tohumu aminoasit profili ile karşılaştırıldığında bulunan aminoasit çeşiti ve miktarı benzerdir (Mansouri ve diğ, 2018).

**Çizelge 4.3:** Atpi amino asit kompozisyonu (g/100 g protein).

Esansiyel aminoasit *		Esansiyel olmayan aminoasit **	
Histidin	0,55±0,08 <sup>g</sup>	Aspartik asit	1,89±0,34 <sup>c</sup>
Treonin	0,73±0,20 <sup>e</sup>	Glutamik asit	3,99±0,45 <sup>a</sup>
Valin	0,98± 0,06 <sup>b</sup>	Serin	1,27±0,35 <sup>d</sup>
Metiyonin	0,65±0,07 <sup>f</sup>	Arjinin	1,95±0,47 <sup>bc</sup>
Fenilalain	0,83±0,04 <sup>c</sup>	Alanin	0,91±0,23 <sup>d</sup>
İzolösin	0,75±0,25 <sup>de</sup>	Tirozin	0,45±0,36 <sup>e</sup>
Lösin	1,2±0,30 <sup>a</sup>	Hidroksiprolin	0,05±0,28 <sup>g</sup>
		Prolin	0,69±0,35 <sup>f</sup>

\*Aynı sütunda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

\*\*Aynı sütunda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Yukarıdaki Çizelge 4.3'teki değerler aspir tohumu protein izolatının esansiyel ve esansiyel olmayan aminoasit içeriğini ve miktarlarını göstermektedir. Proteinlerin aminoasit bileşimini belirlemek sadece miktarı ile ilgili değil aynı zamanda proteinin kalitesini de belirler. Amino asitler iki gruba ayrılırlar; esansiyel aminoasitler ve

esansiyel olmayan amino asitler. Esansiyel aminoasitler vücudumuzda sentezlenemezler ve beslenme yoluyla vücudumuza alırız. Genel olarak bitkisel protein kaynakları bazı esansiyel aminoasitler bakımından eksik içeriğe sahiptir. Bunlar lizin, metiyonin, treonin ve triptofandır. Temel olarak esansiyel aminoasitler, aminoasit bileşimini belirlemede etkilidir. HPCL ile aminoasitler ayrıştırılmış ve aspir tohumu küspesinin aminoasit içeriği belirlenmiştir. Analizi gerçekleştirilen küspede 7 esansiyel amino asit (Histidin, Treonin, Valin, Metiyonin, Fenilalanin, İzolösin ve Lösin) olmak üzere toplamda 15 amino asit tespit edilmiştir. Tabloya bakıldığı zaman aspir tohumu protein izolatında en yüksek esansiyel aminoasit içeriğinin treonin olduğu gözlemlenmiştir. Treonini sırayla lösin ile fenilalanin takip etmiştir. Literatürde 4 farklı aspir tohumu ile yapılan çalışmada Treonin miktarları 0,62 g ile 0,82 g aralığındadır (Mansouri ve diğ., 2018). Çizelge 4.3'teki Treonin miktarının bu değer aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Tabloda esansiyel olmayan aminoasitlere bakıldığında aspir tohumu protein izolatının glutamik asit, arjinin ve aspartik asit aminoasitlerince zengin olduğu gözlemlenmiştir. Esansiyel olmayan aminoasitler vücut tarafından sentezlenebilen aminoasitlerdir. Tabloya bakıldığı zaman aspir tohumu protein konsantratın glutamik asit, arjinin ve aspartik asit aminoasitlerince zengin içeriğe sahiptir. Aspir tohumu küspesinden izole edilen birincil aminoasitler Glutamik asit, Arjinin, Aspartik asit ve Treonindir. Bitkisel protein kaynaklarında Treonin esansiyel aminoasiti bakımından eksik olmasına rağmen aspir tohumu küspesinden izole edilen protein izolatının Treonin esansiyel aminoasitini içermesi heyecan vericidir.

#### **4.4 Aspir Küspesi Protein İzolatının Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi**

Proteinlerin fonksiyonel özelliklerini ortaya çıkaran faktörler onların taşıdığı bazı fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bunlar proteinlerin boyutları, şekilleri, aminoasit kompozisyonu ve dizilimi, yük dağılımı, sekonder, tersiyer ve kuarterner yapıları, moleküllerin esneklik/sertlik durumu ve diğer moleküllerle interaksiyon kabiliyetinden oluşmaktadır (Kinsella, 1984; Hanmoungjai ve ark., 2002). Çizelge 4.4'te proteinlerin pH 7'de analizi yapılan fonksiyonel özellikleri gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4:** Protein izolatının pH 7’de % fonksiyonel özellikleri.

%		
Çözünürlük	58,86 ± 0,74	
Su bağlama Kapasitesi	208,01± 0,02	
Yağ Bağlama Kapasitesi	98,02 ± 0,15	
Emülsiyon Aktivitesi	74,76 ± 0,11	
Emülsiyon Stabilitesi	10 dk	10,50 ± 0,70
Köpük Oluşturma Kapasitesi	10 dk	93,21 ± 0,73
Köpük Oluşturma Stabilitesi	30 dk	85,48 ± 1,29
	60 dk	72,71 ± 0,90

Protein çözünürlüğü, protein konsantreleri çözünürlüğünün bir fonksiyonudur ve gıda uygulamaları için önemli bir parametredir. Protein çözünürlüğü temel olarak moleküllerin polaritesine ve düzenlenmesine dayanır. Protein çözünürlüğü, pH, çözücü tipi, iyonik kuvvet gibi faktörlerden direkt etkilenir. İzoelektrik nokta proteinlerin net yükü sıfır olan pH değeridir. Proteinler elektriksel olarak yük içermediklerinden dolayı moleküller arası elektrostatik itmeyi ve iyonik hidrasyonu azaltarak çökme eğilimi gösterirler. Protein çözünürlüğü, pH aralığının her iki tarafına doğru önemli derecede artış gösterir (Bessada ve diğ., 2019).

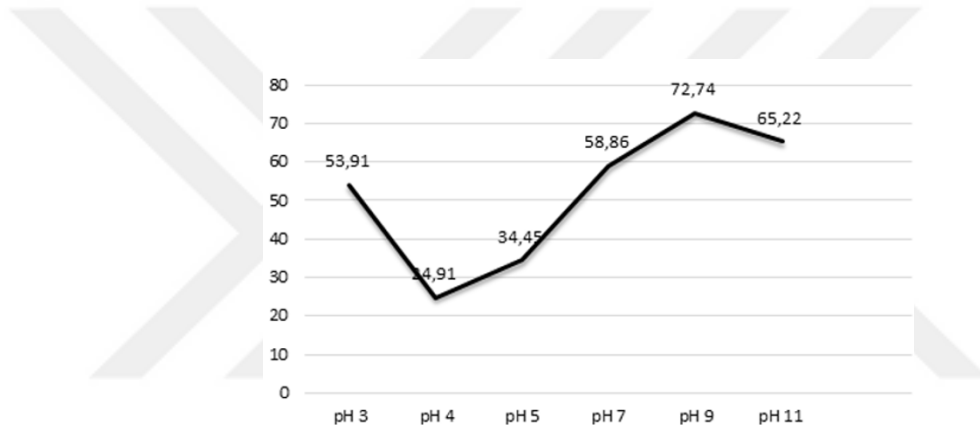
Büyük proteinler küçük proteinlere göre daha az çözünürlük etkileşimine tercih etmeleridir. Sonuç olarak da bu durum protein çökmesine yol açar. Proteinlerin yüzeyindeki yük, protein-su arasındaki etkileşim, protein-protein arasındaki etkileşiminden daha yüksek olması sebebiyle proteinin sudaki çözünürlüğünü yüksek kılmaktadır. Bir proteinin farklı gıda formülasyonlarında kullanımı sıcaklık, iyonik kuvvet, kurutma ve dondurma gibi değişkenlerden etkilenmektedir (Kumar ve diğ., 2022).

**Çizelge 4.5:** Farklı pH'larda ATKPI çözünürlük değerleri.

pH	%Çözünürlük
3	53,91±0,18 <sup>d</sup>
4	24,91±0,80 <sup>f</sup>
5	34,45±0,73 <sup>e</sup>
7	58,86±0,74 <sup>c</sup>
9	72,74±0,74 <sup>a</sup>
11	65,22±0,56 <sup>b</sup>

\*\*Aynı sütunda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Yağlı tohum proteinlerinin zwitterion noktalarında (4,0-5,5) çözünürlük değerleri en düşük değerdedir. Çizelge 4.5'te görüldüğü gibi atpi'nin pH 4'te %çözünürlük değeri  $24,91 \pm 0,80$  iken pH 3 ve pH 5'de sırasıyla  $53,91 \pm 0,18$ ,  $34,45 \pm 0,73$ 'tür. Atpi'nin pH 4'te çözünürlük değeri minimumdur. pH 4'de proteinlerin net yükü sıfıra yaklaşmış ve çökme eğilimi göstermişlerdir. Bu çalışmada atpi'nin 6 farklı pH değerinde (pH 3, 4, 5, 7, 9, 11) % çözünürlüklerine bakılmıştır. Ayrıca Şekil 4.1'de aspir küspesi protein izolatlarının pH değerine karşılık çözünürlük grafiğinin V tipinde izlendiği görülmüştür. En yüksek çözünürlük pH 9'da  $72,74 \pm 0,74$  olarak bulunmuştur ve pH 9'dan sonra çözünürlük değeri düşmeye başlamıştır. Bazık bölgede çözünürlüğün yüksek olmasının temel nedeni protein-su etkileşimleri ve iyonlar arasındaki hidrofobik etkileşimlerdir (Bessada ve diğ, 2019).



**Şekil 4.1 :** Atpi çözünürlüğün pH'a göre değişimi.

Bu çalışmada kullanılan atk'den alınan protein izolatlarının çözünürlük değerleri literatür ile karşılaştırıldığında elde edilen değerler literatürde olan verilerle benzerliği gözlemlenmiştir (Ulloa ve diğ, 2011).

Su ve yağ bağlama kapasitesi 1 g proteinin tutabileceği yağ ve su miktarıdır. Proteinlerin su bağlama kapasitesi polisakkarit moleküllerin varlığıyla artış gösterirken, yağ bağlama kapasitesi polar olmayan yan zincirlere sahip aminoasitleri içermesiyle artış gösterir.

Yukarıda çizelge 4.4'te aspir tohumu küspesinden elde edilen protein izolatlarının pH 7'de % su ve yağ tutma miktarları verilmiştir. Aspir tohumu protein izolatlarının % su miktarı  $208,01 \pm 0,02$  bulunmuştur ve bu değer literatürle karşılaştırıldığında yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Literatür araştırması yapıldığında (Cassia Galves ve diğ, 2019)'nın yaptığı çalışmada yağlı tohum protein izolatlarının % su tutma kapasitesi; ayçiçeğinde %92, aspirde %137 ve kenevirde %97'dir bu değerlerle

karşılaştırıldığında aspir tohumu küspesi protein izolatu % su tutma miktarı yüksektir. Elde edilen yüksek oranda farklılığın nedeni aspir tohumu yetiştirilme koşulları, iklim farklılıkları, ekstraksiyon ve analiz koşullarındaki farklılıklar nedeniyle protein içeriği ve miktarının su tutma kapasitesine etkisinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Aydemir ve diğ, 2013).

Elde edilen % yağ tutma kapasitesi sonucu literatürle karşılaştırıldığında aspir tohumu küspesinin protein izolatu; Cassia Galves ve diğ. (2019)'nın yaptığı çalışmada yağlı tohum protein izolatlarının % yağ tutma kapasitesi ayçiçeğinde %250, aspirde %139, kanolada %238 ve kenevirde %163 gibi yağlı tohum protein izolatlarından düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın nedeni yağlı tohumlardan yağ uzaklaştırma işlemi sırasındaki kullanılan çözücü farklılığı, ekstraksiyon koşulları ve aspir tohumunun temin edilen konumdan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Emülsiyonlar bir emülgatörün ortamda bulunmasıyla meydana gelirler. Proteinler hem polar hem de apolar aminoasit kısımlarını içeren bir tür emülgatördür. Emülsifiye etme kapasitesi ve emülsifiye etme stabilitesi, gıda formülasyonlarında emülsiyonlaştırma özelliklerini belirlemek için kullanılan önemli parametrelerdir (Gao, ve diğ, 2021).

Aspir küspesi protein izolatu aitt emülsiyon aktivite indeksi (EAİ) ve emülsiyon stabilite indeksi (ESİ) çizelge 4.2'de sunulmuştur. Çizelgeden de izlenebileceği gibi EAİ değeri aspir küspesi protein izolatu için 74,66 m<sup>2</sup>/g olarak tespit edilmiştir. Aspir küspesi protein izolatu ESİ değeri 10 dakika sonra bulanıklılık ölçümüyle gözlemlenen absorbans değerine göre belirlenen emülsiyon stabilite indeksi bakımından 10,56±0,079 dk olarak tespit edilmiştir.

Literatürde araştırılan yağlı tohum bitkilerinin EAİ değerlerine bakıldığında susam protein konsantresi 174,8 m<sup>2</sup>/g, soya protein izolatu 100,84 m<sup>2</sup>/g, fıstık proteini izolatu 50.57 m<sup>2</sup>/g, kabak çekirdeği protein izolatu 47,08 m<sup>2</sup>/g ve ayçiçek çekirdeği protein izolatının EAİ değeri 61,82 m<sup>2</sup>/g olarak belirlendiği görülmüştür (Gao ve diğ, 2021).

Aspir tohumu küspesi protein izolatının EAİ değeri literatürle karşılaştırıldığında; susam ve soya protein izolatlarının EAİ değerlerinden düşük, fıstık, kabak ve ayçiçeği çekirdeklerinin protein izolatlarının EAİ değerlerinden yüksek olduğu bildirilmiştir.

Literatürde ESİ değerlerine bakıldığında ise; ayçiçek çekirdeği 23,30 dk, fıstık proteini izolatu 18,47 dk, kabak çekirdeği 20,13 dk ve soya proteini izolatu ESİ değeri 14,83 olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerlerle aspir tohumu küspesi protein izolatu ESİ değeri karşılaştırıldığında düşük olduğu tespit edilmiştir (Gao ve diğ, 2021). Atpi'nin soya

fasulyesinden emülsiyon aktivitesi yüksek olması sayesinde bitkisel süt alternatiflerinde homojen bir yapı ve stabilite sağlamak için kullanılabilceği düşünölmektedir. Sos ve mayonez ürünlerinde yağ ve su fazının ayrışmasını önleyerek kremli bir doku sağlayabileceği düşünölmektedir.

Proteinlerin köpüklenme özellikleri, köpüklenme kapasitesi ve köpük stabilitesini karakterize edilmesidir. Köpük kapasitesi, bir proteinin sulu çözeltisinin gaz varlığında mekanik olarak çalkalanması ardından köpük oluşturma yeteneğidir. Köpük stabilitesi ise proteinin bu köpükleri uzun süre koruyabilme yeteneğinin bir ölçüsüdür (Hadidi ve diğ, 2023).

Aspir tohumu küspesi izolatının köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Köpük kapasitesi %72,13, köpük stabilitesi ise 10. dakikada %93,21 20. dakikada %85,48 ve 30. dakikada ise %72,71 bulunmuştur.

Literatürdeki bazı yağlı tohum protein izolatları değerleri şöyledir; fıstık proteini izolatı köpük oluşturma yeteneği (%18,18), kabak tohumu protein izolatı (%3,88) ve ayçiçeği protein izolatı (%9,33) olduğu gözlemlenmiştir ve susam proteini izolatı köpük kapasitesi değeri %15.23 olduğu gözlemlenmiştir (Sharma ve diğ, 2016). Bu değerlerle aspir tohumu küspesi değerleri karşılaştırıldığında, aspir izolatlarının köpük oluşturma yeteneği bu dört yağlı tohuma göre oldukça yüksektir.

Bu farklılığın nedeni protein izolatlarının protein miktarı, ekstraksiyon koşulları, farklı aminoasit içerikleri olabileceği düşünölmektedir. Aspir tohumu izolatının köpük oluşturma kapasitesinin yüksek olması vegan gıda formülasyonları için heyecan verici bir fonksiyonel özelliktir. Aspir tohumu protein izolatı yüksek köpük oluşturma özelliği kek, dondurma, kahve ve hayvansal proteinlerin kullanıldığđı birçok gıda ürünlerinin alternatifi olacak bitkisel kaynaklı ürün formülasyonlarında kullanılabilceği düşünölmektedir.

Literatürdeki yağlı tohum bitki izolatlarının 30. dakikadaki köpük stabilitesi değerleri ise şöyledir; ayçiçek küspesi protein izolatı köpük stabilite değeri (%72,04), fıstık tohumu protein izolatı (%52,96), kabak çekirdeği (%20), soya protein izolatı (%32,54) ve susam proteini izolatının (%48) olduğu gözlemlenmiştir (Gao ve diğ, 2021). Bu değerler ile aspir tohumu protein izolatının çizelge 4.1'de 30. dakikadaki %köpük stabilitesi değeri ile karşılaştırıldığında aspir tohumu protein izolatı %85,48 değeri ile literatürdeki yağlı tohum bitkilerinden ayçiçeği köpük stabilitesi değerine en yakın olanıdır. Diğer yağlı tohum bitkilerinden soya, fıstık, kabak çekirdeği izolatlarının köpük stabilitesi değerlerinden oldukça yüksektir. Gıda formülasyonlarında

proteinlerin köpük oluşturabilmesinin önemi kadar bu köpüğü muhafaza etmesi de çok önemli bir parametredir. Atpi'nin yüksek köpük oluşturabilme ve bu köpüğü koruyabilme özelliği vegan gıda reçeteleri için alternatif bir bitki proteindir. Yumurta beyazı kullanılarak yapılan beze ve benzeri tatlılarda, köpüğün stabil kalması ve pişme esnasında çökmeden formunu koruması gerekmektedir. Bu nedenle atpi beze, mousse tatlılarda, dondurma ve kahvelerde ürünlerin istenen doku ve görünümde kalmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Proteinlerin jelleşme özellikleri çoğu gıdanın dokusal özelliklerini belirler. Jelleşme çapraz bağlanma ağlarının oluşturduğu moleküler arası etkileşim sebebiyle proteinlerin fonksiyonel 3 boyutlu ağının meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır (Bangar ve diğ, 2022).

Gıda jellerini yüksek neme sahip, akışa direnç gösteren ve deformasyon sonrası farklı yapısal şeklini koruyan 3 boyutlu polimerik yapılardır. Yarı katı jel dokusu, birçok işlenmiş gıda formülasyonları için duysal ve dokusal kabul edilebilirlik sağladığından, gıda endüstrileri için proteinlerin en çok tercih edilen fonksiyonel özelliklerden biridir. Yarı katı jeller, katı doku olarak davranırlar ancak aynı zamanda da sıvıların sunduğu birçok özelliği sağlarlar. Proteinlerin jel oluşturabilme yeteneği protein kaynağı, protein konsantrasyonu, protein izolasyon metoduna, ortam pH'ı, iyonik gücü ve sıcaklığa bağlıdır. Bir gıda proteinin yüksek oranda suyu stabil bir yarı katı yapıya sahip tutma özelliği, süt ürünlerine alternatif bitkisel kaynaklı ürünler, tatlılar ve hayvansal ürünlere ikame olarak et analogları için uygun bir çözüm kaynağıdır (Al-Ali.,2021).

Bu analizdeki amaç en düşük jel konsantrasyonunu bularak üretilecek gıdalar için hedeflenen tekstürel özelliklerinin elde edilmesidir. Aspir tohumu protein izolatı pH 7'de %10, 12, 14, 18, 20 protein konsantrelerinde jelleşmeye başladığı en düşük konsantrasyon %18 olduğu gözlemlenmiştir ve %20 oranında protein içeren karışımın jel olduğu bulunmuştur.

Literatürde aspir küspesi protein izolatı pH 6-8 aralığında jelleşmeye başladığı konsantrasyon % 2 olduğu görülmüştür. Bu çalışmadaki değer ile karşılaştırıldığında aradaki yüksek farkın nedeni, literatürdeki aspir tohumundan protein elde ederken farklı bir ekstraksiyon yöntemi kullanıldığı gözlemlenmiştir (Ulloa ve diğ, 2011). Proteinlerin jelleşme özelliğinden birçok gıda formülasyonunda yararlanılmaktadır. Bunlar; jöleli tatlılar, pudingler, cheesecake, jelibon ve marshmallow gibi ürünlerdir.

Atpi hayvansal proteinlere alternatif olarak bu ürün gruplarında kullanılabilceği düşünölmektedir.

#### 4.5 Protein Konsantratının Kek Üretiminde Kullanımı

#### 4.6 Keklerin Kimyasal Analizleri

Çizelge 4.6'da keklerin kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Kontrol keki ile aspir proteini içeren kek numuneleri karşılaştırıldığında, aspir proteini içeren keklerin nem değerlerinin kontrol kekinden yüksek olduğu görölmüştür. Nem değeri kontrol kekinde 26,09 iken %7,5 protein içeriğine sahip kekte 28,10'dur. Bunun nedeni protein izolatlarının su tutma kapasitesinin yüksek olmasıdır.

**Çizelge 4.6:** Keklerin kimyasal analizleri.

%	Kontrol	2,5	5	7,5
Nem	26,09±0,02 <sup>d</sup>	26,30±0,09 <sup>c</sup>	27,72±0,06 <sup>b</sup>	28,10±0,05 <sup>a</sup>
yağ	4,44±0,04 <sup>ab</sup>	4,41±0,02 <sup>cd</sup>	4,43±0,01 <sup>bc</sup>	4,48±0,02 <sup>a</sup>
Protein	6,34±0,03 <sup>d</sup>	9,96±0,23 <sup>c</sup>	14,74±0,01 <sup>b</sup>	18,21±0,08 <sup>a</sup>
Kül	0,90±0,028 <sup>d</sup>	1,0±0,036 <sup>bc</sup>	1,10±0,08 <sup>ab</sup>	1,20±0,05 <sup>a</sup>

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

% protein içerikleri karşılaştırıldığında protein ilavesinin kekler arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Kontrol kekinde protein içeriği 6,34 iken %7,5 protein ilaveli kekin protein içeriği 18,21'dir. En düşük kül miktarı kontrol kekinde iken en yüksek %7,5 protein ilaveli kekte gözlemlenmiştir. Yağ değerlerinde değişim yok denecek kadar azdır.

##### 4.6.1 Kek örneklerinin amino asit kompozisyonun belirlenmesi

Çizelge 4.10'daki Kontrol keki örneğinde aspir tohumu protein izolatı kullanılmamıştır. Kontrol kekine kıyasla diğer kekler %2,5, %5 ve %7,5 oranında aspir proteini izolatı içermektedirler. Çizelge 4.7 incelendiğinde kontrol kekine kıyasla %2,5, 5 ve 7,5 oranında protein izolatı içeren keklerin aminoasit içeriği artmıştır. Örneğin kontrol keki numunesinde 100 g'da 0,42 g aspartik asit içerirken %7,5 protein izolatı içeren kekin aspartik asit miktarı 1,39 g'dır. Kontrol keki numunesinin protein

izolatı içermemesine rağmen içerisinde aspartik asit olmasının nedeni kekin içerisindeki diğer bileşenlerden (un, badem sütü ve diğer girdiler) gelen amino asitlerdir.

**Çizelge 4.7:** Keklerin amino asit kompozisyonu analizi. (g/100 g).

(g/100 g)	Un	Protein İzolatı (g/100 g)	Kontrol Keki	%2,5 Kek	%5 Kek	%7,5 Kek
Aspartik Asit	0,34±0,05 <sup>e</sup>	1,89±0,25 <sup>a</sup>	0,42±0,03 <sup>d</sup>	0,76±0,15 <sup>c</sup>	1,14±0,48 <sup>c</sup>	1,39±0,36 <sup>b</sup>
Glutamik Asit	1,10±0,25 <sup>f</sup>	3,99±0,40 <sup>a</sup>	1,83±0,32 <sup>e</sup>	2,34±0,40 <sup>d</sup>	3,21±0,45 <sup>c</sup>	3,40±0,59 <sup>b</sup>
Serin	0,16±0,02 <sup>f</sup>	1,27±0,21 <sup>c</sup>	0,29±0,03 <sup>e</sup>	0,40±0,09 <sup>d</sup>	2,10±0,35 <sup>a</sup>	2,13±0,31 <sup>b</sup>
Histidin	0,06±0,01 <sup>f</sup>	0,51±0,04 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>e</sup>	0,16±0,01 <sup>d</sup>	0,31±0,02 <sup>c</sup>	0,39±0,08 <sup>b</sup>
Arjinin	0,28±0,05 <sup>f</sup>	3,24±0,37 <sup>a</sup>	0,57±0,07 <sup>e</sup>	0,86±0,16 <sup>d</sup>	1,34±0,19 <sup>c</sup>	1,94±0,25 <sup>b</sup>
Treonin	0,13±0,01 <sup>f</sup>	0,73±0,05 <sup>b</sup>	0,18±0,01 <sup>e</sup>	0,27±0,04 <sup>d</sup>	0,54±0,06 <sup>c</sup>	0,80±0,20 <sup>a</sup>
Alanin	0,22±0,01 <sup>e</sup>	0,91±0,09 <sup>c</sup>	0,21±0,01 <sup>ef</sup>	0,60±0,08 <sup>d</sup>	0,80±0,07 <sup>b</sup>	1,25±0,04 <sup>a</sup>
Tirozin	0,06±0,03 <sup>f</sup>	0,45±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>ef</sup>	0,10±0,05 <sup>d</sup>	0,16±0,01 <sup>c</sup>	0,20±0,02 <sup>b</sup>
Hidroksiprolin	0,04±0,07 <sup>f</sup>	0,20±0,01 <sup>ab</sup>	0,12±0,01 <sup>e</sup>	0,15±0,04 <sup>cd</sup>	0,16±0,03 <sup>cd</sup>	0,18±0,01 <sup>bc</sup>
Metiyonin	0,10±0,01 <sup>f</sup>	0,60±0,07 <sup>a</sup>	0,18±0,02 <sup>e</sup>	0,27±0,04 <sup>f</sup>	0,35±0,03 <sup>c</sup>	0,44±0,07 <sup>b</sup>
Valin	0,03±0,01 <sup>e</sup>	0,26±0,03 <sup>ab</sup>	0,03±0,01 <sup>e</sup>	0,10±0,02 <sup>d</sup>	0,21±0,02 <sup>c</sup>	0,28±0,04 <sup>a</sup>
Fenilalain	0,13±0,02 <sup>f</sup>	0,75±0,09 <sup>a</sup>	0,25±0,00 <sup>e</sup>	0,32±0,04 <sup>d</sup>	0,48±0,06 <sup>c</sup>	0,58±0,08 <sup>b</sup>
Prolin	0,09±0,01 <sup>f</sup>	0,42±0,04 <sup>b</sup>	0,20±0,02 <sup>e</sup>	0,25±0,03 <sup>d</sup>	0,42±0,04 <sup>b</sup>	0,49±0,06 <sup>a</sup>
İzolösin	0,08±0,01 <sup>fe</sup>	0,66±0,04 <sup>ab</sup>	0,10±0,01 <sup>e</sup>	0,21±0,02 <sup>d</sup>	0,46±0,05 <sup>c</sup>	0,69±0,07 <sup>a</sup>
Lösin	0,17±0,02 <sup>f</sup>	0,98±0,09 <sup>a</sup>	0,31±0,04 <sup>e</sup>	0,40±0,05 <sup>d</sup>	0,57±0,07 <sup>c</sup>	0,75±0,07 <sup>b</sup>
%Toplam aa	3,05±0,07 <sup>f</sup>	17,07±1,1 <sup>a</sup>	4,87±0,05 <sup>e</sup>	7,23±0,09 <sup>d</sup>	12,33±1,01 <sup>c</sup>	15,08±1,15 <sup>ab</sup>

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Kontrol keki 1,83 g glutamik asit içerirken %7,5 protein ilaveli kekta 3,40 g glutamik asit bulunmaktadır. Esansiyel aminoasit olan treonin ise kontrol kekinde 0,18 g iken %7,5 protein ilaveli kekta bu miktar 0,80 g'a çıkmıştır. Protein yüzdesi arttıkça keklerin içerdiği aminoasit içeriği miktarı da artmıştır. Literatürde yapılan 5 farklı yağlı tohumun aa kompozisyonuna bakıldığında % toplam aa kompozisyonu yağlı tohumların %36,10 ile 9,67 arasında değişmektedir. ATPİ protein izolatının ise % toplam aa miktarı 17,07'dir. %17,07 literatür çalışması değer aralığındadır (Carciofi ve diğ, 2021).

#### 4.6.2 Kek örneklerinin in vitro sindirimi

İnvitro protein sindirimi, aminoasit bileşimi ve biyoyararlanım yeteneği ile birlikte gıda proteininin besleyici profilini değerlendirmek için faydalı bir yöntemdir. Çizelge 4.8'de aspir tohumu protein izolatı ve kek numunelerinin ağız mide ve bağırsaktaki %aa miktarları verilmiştir.

**Çizelge 4.8 :** Atkpi ve Keklerinin İnvitro sindirim sonucu %aa miktarı.

%aa miktarı (g)	Protein	Kontrol Keki	% 2,5	% 5	% 7,5
Ağız	0,2±0,01 <sup>d</sup>	0,3±0,08 <sup>ba</sup>	0,29±0,09 <sup>cb</sup>	0,3±0,15 <sup>ba</sup>	0,32±0,23 <sup>a</sup>
Mide	0,55 ±0,08 <sup>e</sup>	1,59±0,32 <sup>d</sup>	2,17±0,36 <sup>c</sup>	2,45±0,31 <sup>b</sup>	2,68±0,36 <sup>a</sup>
Bağırsak	3,05 ±0,47 <sup>c</sup>	1,69±0,24 <sup>e</sup>	2,37±0,35 <sup>d</sup>	3,25±0,47 <sup>b</sup>	4,18±0,74 <sup>a</sup>
Toplam aa % sindirim	81,90±1,02	65,29±0,75	67,15±0,83	72,28±0,86	73,56±0,95

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Aspir tohumu protein izolatının %aa sindirimi ağızda 0,10 iken bağırsaktaki %aa miktarı 3,05 olduğu gözlemlenmiştir. Aminoasitlerin sindirimi midede başlayarak ince bağırsakta devam eder. Kek numunelerinin %aa miktarına bakıldığında ise, kontrol kekinin bağırsaktaki %aa miktarı 1,69 iken %7,5 protein ilaveli kek numunesinin bağırsaktaki %aa miktarı 4,18 olduğu gözlemlenmiştir. %protein ilavesi arttıkça bağırsaktaki aa miktarı da artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.8’de atpi’nin ve kek numunelerinin %sindirim oranı verilmiştir. ATPİ’nin %sindirimi 81,90’dur. Kek numunelerinin ise %sindirim miktarlarına bakıldığında %2,5 protein ilaveli kek numunesinde %sindirim 67,15 iken %5 ve %7,5 ilaveli keklerin %sindirimi 72,28 ile 73,56 olduğu gözlemlenmiştir. Atpi’nin %sindirim oranı 81,90’dır. Literatürde 5 farklı yağlı tohumla yapılan keten tohumu, kabak çekirdeği, chia tohumu, susam tohumu ve üzüm çekirdeği ile gerçekleştirilen çalışmada aminoasit profili ve %sindirilebilirlik oranlarına bakılmıştır. Çalışmada yağlı tohumların %sindirilebilirlik oranları %85-70 arasında değişmektedir. Atpi ise literatürde yapılan yağlı tohumların %sindirilebilirlik aralığındadır (Sá ve diğ, 2021).

Literatürde proteince zenginleştirilmiş ekme örneklerinde kontrol ekmeğinde nişasta kullanılırken, nişastaya ikame olarak bezelye ve yumurta proteini kullanılmıştır. Kontrol kekinin %sindirilebilirliği 69 iken bezelye ile zenginleştirilmiş ekmeğin %sindirilebilirlik değeri %79 ve yumurta beyazı proteinin %sindirilebilirliği %76’dır (Sahagún ve diğ, 2020).

%7,5 aspir proteini ile zenginleştirilmiş kekin %sindirilebilirlik değeri yumurta proteini ve bezelye proteini ile zenginleştirilmiş ekmeğin %sindirilebilirlik değerlerine yakındır. Aspir proteininin yüksek %sindirilebilirliği sayesinde proteince

zenginleştirilmek istenen gıda formülasyonları ve vegan gıda formülasyonları için alternatif protein kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

#### 4.7 Kek Örneklerinin Fiziksel Analizleri

##### 4.7.1 Renk analizi

3 farklı yüzdelik ve kontrol keki numunelerinin iç yüzey ve kabuk renk değerleri (L\*: parlaklık [100: beyaz, 0: siyah], a\*: kırmızı-yeşil [100: kırmızı, - 80: yeşil], b\*: sarı-mavi [70: sarı, -80: mavi] analiz sonuçları Çizelge 4.9 'da verilmiştir.

Kekin rengini belirleyen içinde bulunan girdilerin kimyasal tepkimeler sonucu meydana getirdiği renktir. Kekin içerisinde bulunan indirgen şekerler ve serbest amino asit grupları Maillard reaksiyonu gerçekleştirir bu da keke kahverengini veren renktir. Aspir tohumu protein izolatu rengi beyaza yakın renklidir.

Keklerin iç yüzeyinde L\* değeri kontrol kekinde en yüksek değer iken protein izolatu yüzdesi arttıkça L\* değeri düşmüştür. İç yüzeyde aspir protein izolatu yüzdesi arttıkça kontrol kekine kıyasla diğer keklerde parlaklık azalmıştır. İç yüzey a\* değerlerinde ise en yüksek kontrol örneğinde 13,48±0,26 iken ikinci sırada %5 protein ilaveli kekte a\* değeri 9,14±0,32'dir. Keklerin b\*sarılık değerlerinde ise istatistiksel olarak önemli ölçüde farklılık yoktur. b\* sarılık değerinde en düşük değer %5 protein ilaveli kekte iken en yüksek değer kontrol kekindedir. Protein ilavesi keklerin sarılık değerini düşürmüştür.

Çizelge 4.9: Keklerin L\*, a\* ve b\*değerleri.

		Kontrol	%2,5	%5	%7,5
İç Yüzey	L	52,52±0,32 <sup>a</sup>	47,88±0,94 <sup>b</sup>	46,582±0,67 <sup>bc</sup>	45,94±0,74 <sup>cd</sup>
	a	13,48±0,26 <sup>a</sup>	5,095±0,74 <sup>c</sup>	9,14±0,32 <sup>b</sup>	4,32±0,40 <sup>d</sup>
	b	36,14±,31 <sup>a</sup>	26,52±0,81 <sup>b</sup>	24,33±0,83 <sup>d</sup>	26,08±0,58 <sup>bc</sup>
Kabuk	L	56,35±0,78 <sup>a</sup>	48,97±0,43 <sup>b</sup>	45,36±0,98 <sup>c</sup>	41,25±0,56 <sup>d</sup>
	a	15,09±0,69 <sup>a</sup>	14,98±0,44 <sup>b</sup>	14,93±0,31 <sup>bc</sup>	13,03±0,98 <sup>d</sup>
	b	33,48±0,88 <sup>d</sup>	33,77±0,94 <sup>b</sup>	34,22±0,17 <sup>a</sup>	33,75±0,84 <sup>bc</sup>

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Keklerin kabuk kısmında ise L\* değeri protein ilavesiyle düşmektedir. En yüksek L\* değeri kontrol keki iken en küçük L\* değeri  $41,25 \pm 0,78$ 'dir. Kabuk kısmında kontrol keki a\* ve b\* değerleri arasında istatistiksel olarak farklılık gözlemlenmiştir.

Literatürde yapılan bir araştırmada 3 farklı yağlı tohum protein konsantratu (çörek otu, üzüm çekirdeği ve kabak çekirdeği) buğday unu ile ikame edilerek proteince zenginleştirilmiştir. Ekmeklerin renk ve tekstür özelliklerine bakıldığında ise üzüm çekirdeği ve çörek otu protein konsantratu L\* değerinin azaltırken kabak çekirdeği protein konsantratu eklenen ekmekte L\* değeri kontrol ekmeği ile farklılık göstermemiştir. a\* değeri üzüm çekirdeği konsantratu eklenen ekmekte artış gösterirken diğer ekmeklerde bir farklılık gözlenmemiştir. b\* değeri ise kabak çekirdeği konsantratu eklenen ekmekte değişmezken, üzüm çekirdeği konsantratu eklenen ekmekte düşmüş, üzüm çekirdeği eklenen ekmekte ise artış göstermiştir. Bunun nedeni ise eklenen protein ile gluten ve nişasta granülleri arasındaki etkileşimler nispeten zayıf olduğunda, tohum protein takviyesi protein içeriğini artırabilirken diğer fizikokimyasal özellikleri asgari düzeyde etkileyebilmektedir. Ekmek örneklerinin özellikleri, protein konsantratu safılık seviyesine ve bileşimine bağlıdır (Coşkun ve ark, 2021). Aspir proteini ilavesiyle parlaklık değerinin düşmesinin nedeni ise izolatların krem renginde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### **4.7.2 Tekstür analizi**

Gıdalarda tekstür analizi, bir gıdanın doku, sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik gibi fiziksel özelliklerini değerlendirmeyi içerir. Bu analizler, gıdanın tat, doku ve genel tüketici deneyimi üzerindeki etkisini anlamak için önemlidir. Tekstür analizi, gıdaların üretimi, kalite kontrolü ve ürün geliştirme süreçlerinde kullanılarak, ürünlerin istenilen özelliklere sahip olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur (Bourne ve diğ, 2002).

Fırıncılık ürünlerinde sertlik ve yumuşaklık kriterleri ürünün tazeliği ile doğrudan bağlantılıdır. Ve bu da tüketici memnuniyeti ve ürünün tercih edilebilirliği ile ilişkilidir (Szczeniak, A. S. 2002). Çizelge 4.10'da kek örneklerinin tekstürel özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 4.10 : Keklerin tekstürel özellikleri.**

	<b>Kontrol</b>	<b>%2,5</b>	<b>5 %</b>	<b>%7,5</b>
<b>Sertlik (N)</b>	616,66±7,5 <sup>d</sup>	631,87±2,5 <sup>c</sup>	654,50±9,74 <sup>b</sup>	663,94±11,4 <sup>a</sup>
<b>Yapışkanlık</b>	-25,92±1,2 <sup>d</sup>	-13,25±1,5 <sup>c</sup>	-7,49±0,063 <sup>b</sup>	-3,27±1,11 <sup>a</sup>
<b>Esneklik</b>	0,98±0,01 <sup>a</sup>	0,96±0,00 <sup>ab</sup>	0,94±0,004 <sup>cd</sup>	0,91±0,00 <sup>d</sup>
<b>İç yapışkanlık</b>	0,81±0,03 <sup>cb</sup>	0,82±0,05 <sup>a</sup>	0,79±0,008 <sup>cd</sup>	0,81±0,02 <sup>ab</sup>
<b>Sakızimsılık (N)</b>	480,33±2,62 <sup>d</sup>	484,32±2,1 <sup>c</sup>	494,57±2,94 <sup>b</sup>	507,14±1,69 <sup>a</sup>
<b>Çiğnenebilirlik</b>	0,47±0,02 <sup>ab</sup>	0,47±0,03 <sup>a</sup>	0,45±0,01 <sup>bc</sup>	0,44±0,02 <sup>d</sup>

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Sertlik değeri (hardness) deney probunun örneği ilk sıkıştırma anında belirli bir seviyeye kadar bastırmak için uyguladığı gücün grafikteki yansımasıdır, iç yapışkanlık(cohesiveness) ise ikinci baskı altında kalan pozitif alanın birinci baskı altına kalan pozitif alana bölünmesi sonucu elde edilen sonuçtur. Sakızimsılık (gummines), TPA testinde ölçümü yapılan temel parametrelerden olan sertlik ve iç yapışkanlık (cohesiveness) değerlerinin çarpımıyla elde edilen ikincil bir değerdir. Esneklik (springiness) ikinci sıkıştırmadaki mesafenin birinci sıkıştırmadaki mesafeye bölünmesi ile elde edilir. Çiğnenebilirlik (chewiness) sertlik, iç yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpımı ile bulunan ikincil bir değerdir.

Çizelge 4.10'da yapışkanlık değeri kontrol kekinde 616,66±7,5 iken %7,5 protein ilaveli kekte 663,94±11,4'dir. Esneklik değeri kontrol kekinde 0,98±00 iken, %7,5 protein ilaveli kekte 0,91±0,00' dir. Keklerde protein oranı arttıkça sertlik, yapışkanlık, sakızimsılık önemli değerleri önemli düzeyde artmıştır.

Sertlik değerinin artması atpi'nin su bağlama kapasitesinin yüksek olması proteinlerin mevcut suyun daha büyük kısmının bağlanmasına neden olur. Mevcut suyun proteinler tarafından bağlanması ise kekin sertlik derecesinin artmasına neden olur. Sertlik derecesi aynı zamanda kek hamurunun pişme esnasında proteinlerin denatürasyona uğraması ve bu denatürasyon sürecinde proteinlerin birbirine bağlanarak sıkı bir yapı oluşturmasından dolayı kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Coşkun ve ark, 2021).

#### **4.7.3 Keklerde ağırlık kaybı ve spesifik hacim analizi**

Ağırlık kaybı ürünün pişme esnasında nem ve diğer uçucu maddelerin üründen uzaklaşmasıdır. Ağırlık kaybının yüksek olması kekin son halinin kuru olacağına, düşük olması ise kekin nem değerinin yüksek olmasına neden olur. Bu nedenle fırıncılık ürünlerinde ağırlık kaybı önemli bir parametredir. Aspir küspesi protein

ilavesi kullanılmayan vegan kontrol numunesinde ağırlık kaybı %13,37 iken aspir protein konsantratu keklerde önemli bir istatistiksel farklılık olmadığı gözlemlenmiştir. Kek üretiminde hacmin önemi büyüktür ve hacim kritik bir parametredir. Hacim kekin genel yapısı ve kalitesi ile doğrudan etkilidir. Büyük ve kabarmış kekler görsel olarak tüketici tarafından çekici bulunur. İyi hacimde kek homojen olarak güzel dağılmıştır ve ağızda tatlar eşit miktarda hissedilir. Tüketiciler çoğunlukla göze hitap eden kabarık kekleri tercih ederler. Hacim kekin tüketiciler tarafından daha doyurucu bulunmasını sağlar. Farklı yüzdelerde protein ilavesiyle elde edilen keklerin spesifik hacim ve ağırlık kaybı yüzdeleri Çizelge 4.11' de verilmiştir.

Protein ilavesi olmayan kontrol kekinde spesifik hacim 1,01 iken % 7.5 aspir protein ilaveli kekde spesifik hacim 1,43'tür. Artan protein ilavesi ile kek örneklerinin spesifik hacim değerlerinde artış gözlenmiştir. Çölyak hastaları için yapılan bir çalışmada %2,5, 10 oranında vişne çekirdeği protein konsantratu ilavesiyle zenginleştirilmiş glutensiz keklerde hacim değerinde azalma gözlemlenmiştir (Cingöz ve diğ, 2023).



**Şekil 4.2 :** Keklerin görüntüsü (soldan sağa Kontrol, %2,5, %5, %7,5).

#### **4.7.4 Duyusal Analiz**

Kontrol keki ve protein ile zenginleştirilerek hazırlanan örneklerinin üretildiği gün soğuduktan sonra duyusal analiz konusunda eğitimsiz olan 20- 45 yaş aralığında, 4 erkek 11 kadın olmak üzere 15 paneliste duyusal test için sunulmuştur. Duyusal test öncesinde panelistler yapacakları tadım için bilgilendirilmiştir. Panelistlerden duyusal analiz yapacakları kek örneklerini renk, koku, görünüş, lezzet, koku, genel beğeni ve satın alabilirlik kalite kriterlerini değerlendirmeleri istenmiştir. Üretilen bütün kek örneklerine 3 haneli rastgele kodlar verilmiştir. Çizelge 4.12'de duyusal analiz için hazırlanan forma kek numuneleri için en yüksek 5 ve en düşük 1 puan arasında değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.11:** Kek numunelerinin duyuşal değerlendirme sonuçları.

	Renk	Doku	Görünüş	Lezzet	Koku	Genel Beğeni	Satın alma
Kontrol	3,87±0,92 <sup>c</sup>	3,18±0,82 <sup>d</sup>	4,03±0,88 <sup>cd</sup>	3,46±0,96 <sup>c</sup>	3,25±0,96 <sup>c</sup>	4,01±0,65 <sup>cd</sup>	3,75±0,75 <sup>b</sup>
%2,5	4,07±0,88 <sup>b</sup>	4,21±0,67 <sup>a</sup> <sub>b</sub>	4,13±0,47 <sup>c</sup>	3,91±0,53 <sup>b</sup>	3,57±1,11 <sup>b</sup>	4,09±0,65 <sup>ab</sup>	3,57±0,49 <sup>c</sup>
%5	3,75±1,19 <sup>d</sup>	4,01±0,84 <sup>c</sup>	4,22±0,78 <sup>b</sup>	4,01±0,10 <sup>a</sup>	3,43±0,64 <sup>b</sup> <sub>c</sub>	4,13±0,69 <sup>a</sup>	3,80±0,5 <sup>a</sup>
%7,5	4,31±0,58 <sup>a</sup>	4,25±1,07 <sup>a</sup>	4,29±1,14 <sup>a</sup>	3,12±0,78 <sup>d</sup>	3,44±1,18 <sup>a</sup>	4,05±0,1 <sup>c</sup>	3,51±0,72 <sup>d</sup>

\*Aynı satırda bulunan farklı harfler bulunan değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p <0,05).

Çizelge 4.12' de verilen duyuşal değerlendirme sonuçlarına bakıldığında %7,5 protein içeren kek renk, görünüş ve dokuda en yüksek puanı alırken, %5 protein içerikli kek genel beğeni, lezzet ve satın alınabilirlik kriterinde en yüksek puan almıştır.

Lezzet kriterinde %7,5 protein içerikli kek en düşük puanı almasının nedeni panelistler tarafından acımtırak bir tat olduğu ile açıklanmıőtır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Türkiye’de soğuk pres yağ elde edilirken yan ürün ve atık olan küspenin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Hammadde olarak seçilen aspir tohumunun küspesinden alkali ekstraksiyon ve izoelektrik çöktürme yöntemiyle protein izolatu elde edilmiştir. İzole edilen proteinlerin bileşim analizleri, çeşitli fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Aspir küspesinden elden edilen protein izolatının fizikokimyasal, amino asit kompozisyonu ve invitro sindirimi incelenmiştir. Aspir tohumu küspesinden elde edilen protein izolatının vegan kek formülasyonlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Aynı zamanda farklı yüzdelerde protein izolatu içeren kek formülasyonlarının fizikokimyasal özellikleri, invitro sindirimi incelenmiştir. Kompozisyon analizi sonuçlarına göre; atkpi değerleri protein %21,00, nem %1,90, kül %3,50, yağ %11,00 ; protein izolatlarının ise protein değeri %90,12 , nem% 4,6, kül % 5,6 ve yağ değeri % 1,76 bulunmuştur. Bulunan bu analiz sonuçları literatürdeki aspir tohumu küspesi ve küspeden izole edilen proteinler ile yapılmış çalışmaların sonuçları ile benzerdir.

Elde edilen protein izolatu yüksek protein içeriğine sahiptir. Vegan tüketici kitlesinin artmasıyla protein izolatu, tüm tüketici gruplarının tercih ettiği kek formülasyonunda vegan kekin protein içeriğini zenginleştirmek için kullanılmıştır.

Fonksiyonel özelliklerin sonuçları incelendiğinde; protein izolatlarının farklı pH’larda çözünürlük değerlerinde istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar görülmüştür. pH 7’de su bağlama kapasitesi % 208,01, yağ bağlama kapasitesi %98,02 ve emülsiyon aktivite değeri 74,66 ( $m^2/g$ ) bulunmuştur. Köpük kapasitesi değeri %72,13 olarak bulunmuştur. Atpi su bağlama kapasitesinin yüksek olması sayesinde bir çok gıda formülasyonda kullanılabilir. Bunlar bitkisel et ve et ürünleri, fırıncılık ürünleri, hazır yemekler, çorbalar, ve dondurulmuş gıdalarda hayvansal proteinlere ikame olarak kullanılabilir. Fonksiyonel gıdalarda, sporcu besinlerinde ve protein barlarında kullanılarak daha kaliteli, lezzetli ve çevre dostu ürün reçeteleri geliştirilebilir.

Aspir tohumu küspesinden izole edilen proteinlerin amino asit kompozisyonları incelendiğinde, bu proteinlerin yaklaşık %45'inin esansiyel amino asitlerden oluştuğu belirlenmiştir.

Aspir tohumu küspesinden izole edilen başlıca amino asitler glutamik asit, arjinin, aspartik asit ve treonindir. Bitkisel protein kaynaklarında genellikle treonin esansiyel

amino asidi eksik olmasına rağmen, aspir tohumu küspesinden izole edilen protein izolatının treonin içermesi yeni ürün formülasyonları için umut vericidir. Bitkisel proteinlerde treonin bulunması vegan/vejetaryen tüketici grupları için önemli bir esansiyel amino asittir.

Protein ilavesiyle keklerin esneklik değeri ve çiğnenebilirlik değeri düşerken sertlik, yapışkanlık ve sakızimsılık değerleri artış göstermiştir. Keklerin tekstürel özelliklerinde sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik değerleri arasında kontrol keki ile tüm kekler arasında önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir.

Keklerin kimyasal analizlerinde ise protein ilavesiyle, nem değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Kontrol keki ile protein ilaveli kek örnekleri nem değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık vardır.

Protein değerleri kontrol keki, %2,5, %5 ve %7,5 protein ilaveli kekte sırasıyla; 6,34, 9,96, 14,74, 18,21'dir. Protein ilavesi ile kek örnekleri protein değerleri yükselmiştir. İstatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık gözlenmiştir. Keklerin kül değerleri ise kontrol keki ile diğer kek örnekleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık mevcuttur.

Un, aspir, protein izolatı ve keklerin amino asit profiline bakıldığında toplam aa miktarı istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir. Keklerde 15 farklı aa gözlemlenmiştir. Bunlardan 7 tanesi esansiyel amino asittir. Kontrol kekinde esansiyel amino asit olan treonin miktarı 0,18g/100g iken , %7,5 protein ilaveli kekte 0,80 g/100g olduğu gözlenmiştir. Treonin vücutta , protein sentezi, bağışıklık sistemi, sindirim sistemi, merkezi sinir sisteminde önemli rolleri vardır. Protein ilavesiyle kontrol kekine kıyasla diğer keklerde esansiyel aa ve esansiyel olmayan aa miktarı arttığı gözlemlenmiştir.

Protein izolatı ve keklerin invitro değerlerine bakıldığında ise ağızda istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmezken, mide ve bağırsakta önemli düzeyde farklılık gözlenmiştir. Protein ilavesiyle keklerde %aa sindirim miktarında artış gözlemlenmiştir.

Protein izolatı ve keklerin invitro sindirimine bakıldığında; protein izolatı, kontrol keki, %2,5, %5 ve %7,5 protein ilaveli keklerin invitro sindirimi sırası ile; %81,90, %65,29, % 67,15, %72,28 ve %73,50'dir. Protein izolatının miktarı arttıkça keklerin % sindirilebilirliği de artış göstermiştir. Yüksek sindirilebilirliğe sahip proteinler vücut tarafından daha iyi emilir. Yüksek sindirilebilir aspir proteini vegan reçeteler, yüksek

proteinli hazır yemekler, çorbalar, fonksiyonel gıdalar ve takviyelerde, süt alternatif ürünlerde kullanım için önemli bir parametredir.

Keklerin duysal analizinde ise genel beğeni ve satın alınabilirlik kriterlerinde en yüksek puanı alan %5 protein ilaveli kek olmuştur.

Sonuç olarak bu çalışmada izoelektrik çöktürme yöntemi ile aspir küspesinden protein izolatu elde edilmiştir. İzole edilen proteinlerin kompozisyon analizleri, fizikokimyasal, fonksiyonel analizleri ve bu protein izolatlarının kullanıldığı vegan keklerin fizikokimyasal analizleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında aspir küspesi %21 protein içeriğine sahipken protein izolatu % 90 protein içeriğine sahiptir. Yüksek protein içeriği yeni bir bitki bazlı protein kaynağı olarak düşünebilir. Bu küspeden elde edilen izolatu köpük aktivitesinin ve köpük stabilitesinin yüksek olması diğer fırıncılık ürünlerinin (beze, sufle, makaron, pandispanya, pankek) vegan reçeteleri için ilham vericidir. Su tutma kapasitesinin yüksek olması diğer fırıncılık ürünlerinde (ekmek, pizza hamuru, çörek , kurabiye) ve dondurulmuş gıdalarda , et ürünlerinde , sporcu besinlerinde oluşturulacak vegan reçetelerde kullanılabilir. Aynı zamanda atpi'nin yüksek sindirilebilirliğe sahip olması proteince zenginleştirilecek gıda reçeteleri için heyecan vericidir. Atpi ile zenginleştirilen keklerin duysal olarak kabul edilebilirliği sebebi ile vegan ürün formülasyonlarında uygulanabilirliğinde olumlu sonuçlanabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akyüz, A., & Bilek, S. E. (2018). Protein çöktürme yöntemlerinin karşılaştırılması. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33 (2), 83-92.
- Al-Ali, H. A., Shah, U., Hackett, M. J., Gulzar, M., Karakyriakos, E., & Johnson, S. K. (2021). Technological strategies to improve gelation properties of legume proteins with the focus on lupin. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 68, 102634.
- Altaiuly, S., Magomedov, G. O., Ponamoreva, E. I., Iztaev, A. I., & Baymaganbetova, G. B. (2015). Method for producing bakery products using phospholipid concentrate of safflower oil. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12 (3), 2313-2318.
- AOAC. (2005). "Official method of Analysis. 18 th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists", Washington DC, Method No:920.39, 923.03, 925.10, 990.03, 991.19.
- Arntfield, S. D. and Maskus, H. D. (2012). Peas and other legume proteins. In G. O. Phillips, P. A. Williams (Eds.), Handbook of Food Proteins. Woodhead Publishing, pp 234-260.
- Aydemir, L. Y., & Yemenicioğlu, A. (2013). Potential of Turkish Kabuli type chickpea and green and red lentil cultivars as source of soy and animal origin functional protein alternatives. *LWT-Food Science and Technology*, 50 (2), 686-694.
- Awuchi, C. G., Igwe, V. S., & Echeta, C. K. (2019). The functional properties of foods and flours. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5 (11), 139-160.
- Bakaloudi, D. R., Halloran, A., Rippin, H. L., Oikonomidou, A. C., Dardavesis, T. I., Williams, J., & Chourdakis, M. (2021). Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clinical Nutrition*, 40 (5), 3503-3521.
- Bangar, S. P., Esua, O. J., Sharma, N., & Thirumdas, R. (2022). Ultrasound-assisted modification of gelation properties of proteins: A review. *Journal of Texture Studies*, 53 (6), 763-774.
- Bennion, E. B., Bamford, G. S. T., Bennion, E. B., Bamford, G. S. T., & Bent, A. J. (1997). Sugars. *The technology of cake making*, 84-99.
- Bessada, S. M., Barreira, J. C., & Oliveira, M. B. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 53-68.
- Bourne, M. C. (2002). Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. *Academic Press* 105-140
- Burgess, R. R. (2009). Protein precipitation techniques. *Methods in enzymology*, 463, 331-342.

- Cano-Medina, A., Jiménez-Islas, H., Dendooven, L., Herrera, R. P., González-Alatorre, G., & Escamilla-Silva, E. M.** (2011). Emulsifying and foaming capacity and emulsion and foam stability of sesame protein concentrates. *Food Research International*, 44 (3), 684-692.
- Camargo, L. R., Silva, L. M., Komerovski, M. R., Kist, T. B., Rodrigues, C. E., Rios, A. D. O., & Oliveira, V. R.** (2018). Effect of whey protein addition on the nutritional, technological and sensory quality of banana cake. *International Journal of Food Science & Technology*, 53 (11), 2617-2623.
- Cingöz, A.** (2023). Vişne Çekirdeği Protein Konsantresi Tozu İlavesinin Glutensiz Baton Keklerin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 21 (3), 254-263.
- Conforti, F. D.** (2014). Cake manufacture. *Bakery products science and technology*, 563-584.
- Coşkun, Ö., Pehlivanoglu, H., & Gülseren, İ.** (2021). Pilot plant scale manufacture of bread enriched with seed protein concentrates. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, 23-30.
- Curtain, F., & Grafenauer, S.** (2019). Plant-based meat substitutes in the flexitarian age: an audit of products on supermarket shelves. *Nutrients*, 11 (11), 2603.
- Çetiner, M., & Bilek, S. E.** (2018). Bitkisel protein kaynakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2), 111-126.
- Day, L., Cakebread, J. A., & Loveday, S. M.** (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 428-442.
- Díaz-Ramírez, M., Calderón-Domínguez, G., García-Garibay, M., Jiménez-Guzmán, J., Villanueva-Carvajal, A., de la Paz Salgado-Cruz, M., & Del Moral-Ramírez, E.** (2016). Effect of whey protein isolate addition on physical, structural and sensory properties of sponge cake. *Food Hydrocolloids*, 61, 633-639.
- Dizlek, H., & Altan, A.** (2013). Pişirme öncesinde hamurun kısa süre bekletilmesinin pandispanya nitelikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 38 (1), 31-38.
- Ekin, Z.** (2005). Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: A global view. *Journal of Agronomy*, 4 (2), 83-87.
- Fasuan, T. O., Gbadamosi, S. O., & Omobuwajo, T. O.** (2018). Characterization of protein isolate from *Sesamum indicum* seed: In vitro protein digestibility, amino acid profile, and some functional properties. *Food science & nutrition*, 6 (6), 1715-1723.
- Galves, C., Stone, A. K., Szarko, J., Liu, S., Shafer, K., Hargreaves, J., & Nickerson, M. T.** (2019). Effect of pH and defatting on the functional attributes of safflower, sunflower, canola, and hemp protein concentrates. *Cereal Chemistry*, 96 (6), 1036-1047.
- Garlick, P. J.** (2007). Protein Structure. *Food Safety of Protein in Agricultural Biotechnology*, 1.

- Gao, D., Helikh, A., & Duan, Z.** (2021). Functional properties of four kinds of oilseed protein isolates.
- Godefroidt, T., Ooms, N., Pareyt, B., Brijs, K., & Delcour, J. A.** (2019). Ingredient functionality during foam-type cake making: a review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18 (5), 1550-1562.
- Gümüş, E., & Küçükersan, S.** (2016). Ruminantların beslenmesinde aspir kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 56 (1).
- Hadidi, M., Hossienpour, Y., Nooshkam, M., Mahfouzi, M., Gharagozlou, M., Aliakbari, F. S., & McClement, D. J.** (2023). Green leaf proteins: a sustainable source of edible plant-based proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-18.
- Hadidi, M., Palacios, J. C. O., McClements, D. J., Mahfouzi, M., & Moreno, A.** (2023). Alfalfa as a sustainable source of plant-based food proteins. *Trends in Food Science & Technology*.
- Hoffman, J. R., & Falvo, M. J.** (2004). Protein—which is best?. *Journal of sports science & medicine*, 3 (3), 118.
- Huang, Z., Stipkovits, L., Zheng, H., Serventi, L., & Brennan, C. S.** (2019). Bovine milk fats and their replacers in baked goods: A review. *Foods*, 8 (9), 383.
- Ismail, B. P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., & Brackenridge, A.** (2020). Protein demand: Review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Animal Frontiers*, 10 (4), 53-63.
- Kaur, R., Kaur, M., & Singh, J.** (2018). Endothelial dysfunction and platelet hyperactivity in type 2 diabetes mellitus: molecular insights and therapeutic strategies. *Cardiovascular diabetology*, 17, 1-17.
- Kinsella, J. E., Melachouris, N.** (1976). Functional properties of proteins in foods: a survey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 7 (3): 219-280.
- Kotecka-Majchrzak, K., Sumara, A., Fornal, E., & Montowska, M.** (2020). Oilseed proteins—Properties and application as a food ingredient. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 160-170.
- Kumar, M., Tomar, M., Potkule, J., Punia, S., Dhakane-Lad, J., Singh, S., & Kennedy, J. F.** (2022). Functional characterization of plant-based protein to determine its quality for food applications. *Food Hydrocolloids*, 123, 106986.
- Kurek, M. A., Onopiuk, A., Pogorzelska-Nowicka, E., Szpicer, A., Zalewska, M., & Póltorak, A.** (2022). Novel protein sources for applications in meat-alternative products—Insight and challenges. *Foods*, 11 (7), 957.
- Latha, T. S., & Prakash, V.** (1984). Studies on the proteins from safflower seed (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of agricultural and food chemistry*, 32 (6), 1412-1416.
- Mansouri, F., Moumen, A. B., Richard, G., Fauconnier, M. L., Sindic, M., Elamrani, A., & Caid, H. S.** (2018). Proximate composition, amino acid profile, carbohydrate and mineral content of seed meals from four

safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties grown in north-eastern Morocco. *OCL*, 25 (2), A202.

- Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O.** (2017). Food industry by products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106-128.
- Mattil, K. F.** (1971). The functional requirements of proteins in foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 48 (8), 477.
- Matsakidou, A., Blekas, G., & Paraskevopoulou, A.** (2010). Aroma and physical characteristics of cakes prepared by replacing margarine with extra virgin olive oil. *LWT-Food Science and Technology*, 43 (6), 949-957.
- Modlinska, K., Adamczyk, D., Maison, D., & Pisula, W.** (2020). Gender differences in attitudes to vegans/vegetarians and their food preferences, and their implications for promoting sustainable dietary patterns—a systematic review. *Sustainability*, 12 (16), 6292.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T. O. R. S. T. E. N., Bourlieu, C., ... & Brodkorb, A.** (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & function*, 5(6), 1113-1124.
- Moure, A., Sineiro, J., Dominguez, H., & Parajo, J. C.** (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food Research International*, 39, 945– 963.
- Ordorica-Falomir, C., & Paredes-Lopez, O.** (1991). Effect of safflower protein isolates on cookie characteristics. *International journal of food science & technology*, 26 (1), 39-43.
- Özkan, N., Walisinghe, N., & Chen, X. D.** (2002). Characterization of stickiness and cake formation in whole and skim milk powders. *Journal of Food Engineering*, 55 (4), 293-303.
- Sá, A. G. A., da Silva, D. C., Pacheco, M. T. B., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M.** (2021). Oilseed by-products as plant-based protein sources: Amino acid profile and digestibility. *Future Foods*, 3, 100023.
- Sahagún, M., Bravo-Núñez, Á., Báscones, G., & Gómez, M.** (2018). Influence of protein source on the characteristics of gluten-free layer cakes. *Lwt*, 94, 50-56.
- Schweiggert-Weisz, U., Eisner, P., Bader-Mittermaier, S., & Osen, R.** (2020). Food proteins from plants and fungi. *Current Opinion in Food Science*, 32, 156-162.
- Sharma, L., Singh, C., & Sharma, H. K.** (2016). Assessment of functionality of sesame meal and sesame protein isolate from Indian cultivar. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10, 520-526.
- Sert, D., Mercan, E., & Kılınc, M.** (2022). Powder flow behaviour, functional characteristics and microstructure of whole milk powder produced from cow and buffalo milk mixtures. *International Dairy Journal*, 135, 105474.
- Stone, A. K., Szarko, J., Liu, S., Shafer, K., Hargreaves, J., & Nickerson, M. T.** (2019). Effect of pH and defatting on the functional attributes of

- safflower, sunflower, canola, and hemp protein concentrates. *Cereal Chemistry*, 96 (6), 1036-1047.
- Soo, M. H., Samad, N. A., Zaidel, D. N. A., Jusoh, Y. M. M., Muhamad, I. I., & Hashim, Z.** (2021). Extraction of plant based protein from Moringa oleifera leaves using alkaline extraction and isoelectric precipitation method. *Chemical Engineering Transactions*, 89, 253-258.
- Sowmya, M., Jeyarani, T., Jyotsna, R., & Indrani, D.** (2009). Effect of replacement of fat with sesame oil and additives on rheological, microstructural, quality characteristics and fatty acid profile of cakes. *Food Hydrocolloids*, 23 (7), 1827-1836.
- Szczesniak, A. S.** (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13 (4), 215-225.
- Taşgil, N., & Şahin, G.** (2016). Stratejik önemi artan bir endüstri bitkisi: Aspir (*Carthamus tinctorius L.*). *Türk Coğrafya Dergisi*, 66, 51-62.
- Terzi, E., Bilgintürk, M., Gündoğan, R., & Karaça, A. C.** (2020). Fasulye proteini izolatının çeşitli gıda ürünlerinin kalite özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 152-161.
- Özcan, T., & Delikanlı, B.** (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 77-88.
- Pylar, E. J.** (1988). Sosland Publishing Company. *Baking science & technology*, 18 (3), 16-24.
- Rodrigues I. M., Coelho J. F. J., Carvalho G. V. S.** (2012). Isolation and Valorisation of Vegetable Proteins from Oilseed Plants: methods, limitations and potential. *Journal of Food Engineering*, 109: 337-346.
- Ulloa, J. A., Rosas-Ulloa, P., & Ulloa-Rangel, B. E.** (2011). PHysicochemical and functional properties of a protein isolate produced from safflower (*Carthamus tinctorius L.*) meal by ultrafiltration. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (3), 572-577.
- Wang, N., Maximiuk, L., Fenn, D., Nickerson, M. T., & Hou, A.** (2020). Development of a method for determining oil absorption capacity in pulse flours and protein materials. *Cereal Chemistry*, 97 (6), 1111-1117.
- Wang, Y., & Jian, C.** (2022). Sustainable plant-based ingredients as wheat flour substitutes in bread making. *npj Science of Food*, 6 (1), 49.
- Wilderjans, E., Luyts, A., Brijs, K., & Delcour, J. A.** (2013). Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Science & Technology*, 30 (1), 6-15.
- Yiğit, A. A.** (2020). Animal and plant-based milk and their antioxidant properties. *Veterinary Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, 4 (2), 113-122.
- Yaver, E., & Bilgiçli, N.** (2021). Farklı Yöntemlerle Acılığı Giderilmiş Lüpen Unu Ve Dirençli Nişasta İçeren Ekmeklerin Kalite Özellikleri Üzerine Vital Gluten Ve Emülgatörün Etkisi. *Gıda*, 46 (2), 243-255.

**Yavuz, M., & Özçelik, B.** (2016). Bitkisel protein izolatlarının fonksiyonel özellikleri. *Akademik Gıda, 14* (4), 424-430.

**Yazici, G. N., & Ozer, M. S.** (2021). A review of egg replacement in cake production: Effects on batter and cake properties. *Trends in Food Science & Technology, 111*, 346-359.



## EKLER

### EK A: Beğeni çizelgesi

**Çizelge A.1:** Hedonik skala testinin uygulandığı organoleptik beğeni çizelgesi.

HEDONİK SKALA TESTİ				
Panelistin Adı Soyadı: Kek			Ürün: Vegan	
Tarih:			Saat:	
Size verilen kodlanmış örnekleri kalite kriterleri açısından ayrı ayrı 5 puan üzerinden değerlendiriniz.				
1: Çok kötü	2: Kötü	3: Orta	4: İyi	5: Çok İyi
Kalite Kriterleri	Örnek			
	101	202	303	404
Renk				
Koku				
Doku				
Görünüş				
Lezzet				
Genel Beğeni				
Satın alma				

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Beyzanur BAŞTÜRK

**Doğum Tarihi ve Yeri** :

**E-posta** :

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Araştırma Geliştirme Proje Asistanı, Tat Gıda Sanayi A.Ş, 10.2023- Halen
- Stajyer Mühendis, Bonn Üniversitesi, 07.2022-10.2022

### DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Baştürk B.**, (2023). Bitkisel Protein Kaynakları Nelerdir? Bitkisel Proteinlerin Ayırma ve Saflaştırma Yöntemleri Nelerdir?, *International Congress Of New Horizons In Sciences*, İstanbul, TÜRKİYE : Kasım 11-12.