

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ BAKLAGİL UN İLAVESİNİN
EKMEK KALİTESİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ATALAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

OCAK 2023

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEŞİTLİ BAKLAGİL UN İLAVESİNİN
EKMEK KALİTESİNE ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif ATALAY

36193220007

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

OCAK 2023

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalıőmasının her aőamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgmeden beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT'a,

Hayatımın her aőamasında olduğu gibi yüksek lisans çalıőmalarım sırasında da maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili aileme,

Deneysel çalıőmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarıma,

Tez alıőmalarımdaki un analizlerimde bana yardımcı olan Fırat Un ve Yem Fabrikası personeline,

Tezin uygulama aőamasında vermiő oldukları maddi ve manevi destekten dolayı, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FYL-2020-2345 nolu) Birimine,

en içten teőekkürlerimi sunarım.

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “**Çeşitli Baklagil Un İlavelerinin Ekmek Kalitesine Etkisinin Değerlendirilmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Elif ATALAY



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ.....	i
ONUR SÖZÜ.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
2.1 Baklagiller.....	5
2.2 Bazı Baklagil Çeşitleri ve Fonksiyonel Özellikleri	7
2.2.1 Fasulye.....	7
2.2.2 Börülce	9
2.2.3 Mercimek.....	11
2.3 Ekmek	12
3. MATERYAL VE METOT.....	15
3.1 Materyal	15
3.1.1 Hammadde.....	15
3.1.2 Kimyasallar	15
3.1.3 Ekipman ve cihazlar	15
3.2 Metot.....	15
3.2.1 Hammadde analizleri.....	15
3.2.1.1 Nem analizi	16
3.2.1.2 Kül analizi.....	16
3.2.1.3 Yağ analizi	17
3.2.1.4 Protein analizi	18
3.2.1.5 Toplam diyet lifi analizi.....	19
3.2.1.6 Renk analizi	20
3.2.1.7 Taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	20
3.2.1.8 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi.....	20
3.2.1.9 Yaş gluten miktarı analizi	21
3.2.1.10 Sedimentasyon analizi	22
3.2.1.11 Unlarda element analizi	22
3.2.1.12 Hamurda farinograf ve ekstensograf analizleri.....	22
3.2.1.13 Farinograf analizi	22
3.2.1.14 Ekstensograf analizi	23
3.2.2 Ekmek üretimi ve ekmekte yapılan analizler	24
3.2.2.1 Hamur pH ölçümü	25
3.2.2.2 Spesifik hacim ölçümleri	25
3.2.2.3 Ekmekte nem analizi	26
3.2.2.4 Ekmekte kül analizi	26
3.2.2.5 Ekmekte yağ analizi	26
3.2.2.6 Ekmekte protein analizi	26

3.2.2.7 Ekmekte toplam diyet lifi analizi.....	26
3.2.2.8 Ekmekte renk analizi	26
3.2.2.9 Ekmekte su aktivitesi (aw) analizi	27
3.2.2.10 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	27
3.2.2.11 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi	27
3.2.2.12 Ekmekte tekstür analizi	27
3.2.2.13 Ekmekte duyusal analiz	28
3.2.3 İstatistiksel analiz	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	30
4.1 Buğday ve Baklagil Unlarının Fizikokimyasal Özellikleri.....	30
4.1.1 Unların bazı kimyasal özellikleri.....	30
4.1.2 Baklagil unlarının renk özellikleri.....	36
4.1.3 Baklagil unlarının SEM görüntüleri	37
4.1.4 Baklagil unlarının FTIR analiz sonuçları	39
4.1.5 Baklagil unlarının element analiz sonuçları	49
4.1.6 Yaş gluten miktarı analizi ve sedimentasyon analizi sonuçları.....	51
4.2 Hazırlanan Hamurların Farinograf ve Ekstensograf Özellikleri.....	52
4.2.1 Farinograf özellikleri	52
4.2.2 Ekstensograf özellikleri	57
4.3 Ekmek Analizleri	61
4.3.1 Ekmeklerin fizikokimyasal değerleri	63
4.3.2 Hamur pH ve ekmek spesifik hacim değerleri	65
4.3.3 Ekmek renk değerleri	67
4.3.4 Ekmek SEM görüntüleri.....	69
4.3.5 Ekmek FTIR spektrum değerleri	75
4.3.6 Ekmek tekstür özellikleri.....	79
4.3.7 Ekmek duyusal analiz değerleri.....	84
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	13
ÖZGEÇMİŞ.....	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 : Buğday unu ile fasulye unu, börülce unu, mercimek unlarının bazı kimyasal özellikleri.....	31
Çizelge 4.2 : Baklagil unlarının renk özellikleri.....	36
Çizelge 4.3 : Baklagil unları ve buğday ununun pik değerleri.....	46
Çizelge 4.4 : Baklagillerin element değerleri.....	49
Çizelge 4.5 : Baklagil unlarının gluten ve sedimentasyon değerleri.....	51
Çizelge 4.6 : Un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı, hamurların mukavemet (BU) ve uzayabilirlik (mm) değerleri.....	58
Çizelge 4.7 : Un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı hamurların maksimum direnç değerleri ve enerji değerleri.....	59
Çizelge 4.8 : Ekmeklerin fizikokimyasal değerleri.....	63
Çizelge 4.9 : Hamur pH ve spesifik hacim değerleri.....	65
Çizelge 4.10 : Ekmeklerin renk değerleri.....	67
Çizelge 4.11 : Ekmeklerde yapılan duyusal analiz değerleri.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 : Un örneklerinin nem analizi.	16
Şekil 3.2 : Kül analizinde yakma işlemi.....	17
Şekil 3.3 : Soxhlet cihazı ile yağ ekstraksiyonu.....	18
Şekil 3.4 : Rotary evaporatör ile çözgen uzaklaştırma işlemi.....	18
Şekil 3.5 : Vakumlu süzme düzeneği.....	19
Şekil 3.6 : Renk ölçümü.....	20
Şekil 3.7 : Glutomatik cihazında yaş gluten analizi.....	21
Şekil 3.8 : Sedimentasyon analizi.....	22
Şekil 3.9 : Hamurlarda farinograf analizi.....	23
Şekil 3.10 : Hamurlarda ekstensograf analizi.....	24
Şekil 3.11 : Ekmek üretim aşamaları.....	24
Şekil 3.12 : Su aktivitesi ölçümü.....	27
Şekil 3.13 : Su aktivitesi ölçümü.....	28
Şekil 3.14 : Ekmeklerde yapılan duyuusal analiz aşaması.....	29
Şekil 4.1 : Buğday ve baklagil unlarının SEM görüntüleri.....	38
Şekil 4.2 : Buğday unu FTIR spektrumu.....	40
Şekil 4.3 : Fasulye unu FTIR spektrumu.....	41
Şekil 4.4 : Börülce unu FTIR spektrumu.....	42
Şekil 4.5 : Kırmızı mercimek unu FTIR spektrumu.....	43
Şekil 4.6 : Yeşil mercimek unu FTIR spektrumu.....	44
Şekil 4.7 : Buğday, börülce, fasulye, kırmızı mercimek ve yeşil mercimek unlarına ait FTIR spektrumları.....	45
Şekil 4.8 : Fasulye unu katkılı hamurların farinogram sonuçları.....	53
Şekil 4.9 : Börülce unu katkılı hamurların farinogram sonuçları.....	54
Şekil 4.10 : Yeşil mercimek unu katkılı hamurların farinogram sonuçları.....	55
Şekil 4.11: Ekstensograf kurvesi.....	61
Şekil 4.12 : Baklagil unları ile yapılan ekmekler.....	62
Şekil 4.13 : Fasulye unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.....	73
Şekil 4.14 : Börülce unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.....	74
Şekil 4.15 : Mercimek unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.....	74
Şekil 4.16 : Fasulye unu ilaveli ekmeklerin FTIR spektrumları.....	76
Şekil 4.17 : Börülce unu ilaveli ekmek FTIR spektrumu.....	77
Şekil 4.18 : Mercimek unu ilaveli ekmek FTIR spektrumu.....	78
Şekil 4.19 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin koheziflik değerleri.....	79
Şekil 4.20 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin yapışkanlık değerleri.....	80
Şekil 4.21 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin çignenebilirlik değerleri.....	81
Şekil 4.22 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin esneklik değerleri.....	81
Şekil 4.23 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin sertlik değerleri.....	82

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

AACC	: American Association of Cereal Chemists
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
TPA	: Tekstür profil analizi
E	: Uzama kabiliyeti (mm)
A	: Enerji (cm ²)
L*	: Siyah (-) / beyaz (+)
a*	: Yeşil (-) / kırmızı (+)
b*	: Mavi (-) / sarı (+)
aw	: Su aktivitesi
SEM	: Scanning electron microscopy

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇEŞİTLİ BAKLAGİL UN İLAVESİNİN EKMEK KALİTESİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Elif ATALAY

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

108 + ix sayfa

2023

Danışman: Doç. Dr. İncilay GÖKBULUT

Bu çalışmada, insan sağlığı üzerine olumlu etkileri kanıtlanmış çeşitli baklagil (fasulye, börülce, yeşil mercimek, kırmızı mercimek) unlarının kimyasal ve fiziksel özellikleri ile bu unların ekmeğe hamuruna ilavesinin hamurun reolojik ve tekstürel özelliklerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen ekmeklerin kalite parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Söz konusu baklagil unlarının ve ekmeklerinin fonksiyonel özellikleri belirlenerek, hangi ekmeğin geleneksel ekmeğe daha yakın olduğu ve aynı zamanda fonksiyonel olarak ne kadar katkı sağladığı ile ilgili analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada baklagil unlarının protein, kül ve toplam besinsel lif değerleri, tahıllardan (kontrol olarak kullanılan buğday) yüksek bulunmuştur. Baklagil unları içerisinde protein içeriği en yüksek yeşil mercimek unu, toplam besinsel lif ve kül içeriği en yüksek fasulye unu olarak tespit edilmiştir. Çalışmada baklagil unu katkısı ile hazırlanan hamurlarda, suyu absorbe etme kapasitesinin, baklagil katkısı arttıkça doğru orantılı olarak artması, baklagil unlarının yapısındaki protein ve lif miktarının artışına bağlı olduğunu düşündürmektedir. Ekmeğin üretiminde, fasulye, börülce ve yeşil mercimek unları sırasıyla %5, %10 ve %15 oranlarında buğday unuyla karıştırılmıştır. Baklagil un ilavesiyle hazırlanan ekmeklerin protein ve lif içeriklerinde anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. Buğday ununa baklagil ilave ederek hazırlanan ekmeklerde, artan katkı oranlarına bağlı olarak son ürünün çeşitli besinsel özellikler bakımından zenginleştiği (protein, yağ, mineral madde, besinsel lif) belirlenmiştir. Baklagil un oranının artması ile birlikte lif oranındaki artış, ekmeklerdeki sertlik, çignenebilirlik, esneklik, yapışkanlık, koheziflik özelliklerinin artışına neden olmuştur. Duyusal olarak %5 oranında fasulye unu katkılı ekmeğin, en yüksek beğeniyi almıştır. Ekmeklerde kullanılacak optimum baklagil unu düzeyleri belirlenmiştir. Buğday ununa baklagil unlarının dahil edilmesi, ekmeklerin protein ve besin değerini önemli ölçüde olumlu etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Bazlı Protein, Diyet lifi, Baklagil Unu, Ekmeğin Kalitesi

ABSTRACT

Master Thesis

EVALUATION OF THE EFFECT OF VARIOUS LEGUME FLOUR SUPPLEMENT ON BREAD QUALITY

Elif ATALAY

Inonu University
Graduate School of Nature and Applied Sciences
Department of Food Engineering

108 + ix pages

2023

Supervisor: Assoc. Prof. İncilay GÖKBULUT

In this study, the chemical and physical properties of various leguminous (bean, cowpea, green lentil, red lentil) flours with proven positive effects on human health and the impact of adding these flours to bread dough on the rheological and textural properties of the dough were determined. In addition, the effects of bread obtained from these flours on quality parameters were evaluated. In the study, the protein, ash, and total nutritional fiber values of legume flours were higher than those of cereals (wheat was used as a control). Among the legume flours, green lentil flour with the highest protein content and bean flour with the highest total dietary fiber and ash content were determined. A significant increase was observed in the protein and fiber contents of bread prepared with the addition of leguminous flour. In bread prepared by adding legumes to wheat flour, it was determined that the end product was enriched in terms of various nutritional properties (proteins, fat, mineral substance, dietary fiber) depending on the increasing additive rates. The increase in the fiber ratio with the increase in the legume flour ratio caused an increase in the hardness, chewiness, flexibility, stickiness, and cohesiveness properties of the bread in terms of sensory, 5% bean flour added bread received the highest appreciation. In terms of sensory, 5% bean flour added bread received the highest appreciation. The study aims to determine the optimum levels of leguminous flour used in bread and raise awareness of legume flour usability in food production applications.

Keywords: Plant Based Protein, Dietary Fiber, Leguminous Flour, Bread, Quality

1.GİRİŞ

Tüketicilerin artan sağlık endişeleri, dini inançlar ve veganlığın yükselen trendi, hayvansal proteinler yerine alternatif bitki proteinlerine olan talebi artırmıştır. Nitekim bu talep, farklı protein kaynakları ve üretim tekniklerini araştıran çalışmaların sayısında son zamanlarda bir artışa yol açmıştır (Tontul ve diğ., 2018).

Bitkisel proteinler, dünya popülasyonunun önemli bir kısmı özellikle de hayvansal protein tüketimi kısıtlı olan ülkeler için önemli bir protein kaynağı olmaları sebebiyle özellikle gelişmekte olan ülkeler için ayrıcalıklı bir yere sahiptirler. Hayvansal proteinlerin pahalı olması ve dar gelirlilerin bu kaynağa ulaşmakta yaşadıkları sıkıntılar sebebiyle ucuz ve zengin protein kaynağı olarak baklagillerin kullanımı anlam kazanmaktadır. Birçok gıda şirketi, kas, yumurta veya süttten elde edilen hayvansal kaynaklı proteinlerin yerine bitkisel bazlı olan proteinleri tercih etmeye başlamıştır. Bu eğilim temel olarak, tüketicilerin talebi ile bitki bazlı proteinlerin sağlık ve çevresel faydalarından kaynaklanmaktadır (Dai ve diğ., 2020). Baklagiller, diyetimizde önemli protein kaynaklarından olup, vitamin, mineral, besinsel lif, bazı lipidler ve biyoaktif peptitler açısından zengin olan bitkisel kaynaklardan biridir (Pastor-Cavada ve diğ., 2014). Baklagiller, *Leguminosae* ya da *Fabaceae* familyası bitkilerinin tohumları veya meyveleridir. Yaklaşık 13.000 tür ile *Leguminosae* ailesi bitkiler aleminde ikinci en büyük ailedir ve ekonomik açıdan en önemli bitkiler arasında yer almaktadır (Pina-Pérez & Ferrús Pérez, 2018). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, baklagiller, *Fabaceae* familyasından bir kabuk içinde korunan, 1 ila 12 tohum ve birden fazla boyut, form ve renkte tane veren bir bitki grubu olarak tanımlanmaktadır.

Baklagiller başlıca kuru fasulye, bakla, kuru bezelye, yonca, acı bakla, taze fasulye ve bezelye, yerfıstığı, soya fasulyesi, nohut ve mercimek gibi bitkileri içermektedir (Sarıoğlu ve Velioğlu, 2018). Baklagiller grubunda yer alan özellikle fasulye (*Phaseolus vulgaris*), bakla (*Vicia faba*), kuru bezelye (*Pisum sativum*), nohut (*Cicer arietinum*), börülce (*Vigna sinensis*), mercimek (*Lens culi-naris*) ve maş fasulyesi (*Vigna radiata*) gibi tohumlar besin kaynağı, hayvan yemi ve bitkisel bazlı yağların üretiminde hammadde olarak değerlendirilmektedir. Baklagiller, dünyadaki çeşitli kültürlerin beslenmesine dahil edilen temel bir gıda maddesi haline gelmiştir. Baklagillerin insan beslenmesindeki büyük önemi nedeniyle 146. FAO Konseyinde 2016 yılı “Uluslararası Bakliyat Yılı” olarak kabul edilmiş ve bunu takiben, Birleşmiş Milletler 68. Genel Kurul Oturumunda ilan edilmiştir (Sarıoğlu ve Velioğlu, 2018).

Baklagiller, yapısında biyoaktif protein ve peptit türevleri, fitosteroller, izoflavonlar, saponinler, alkaloidler ve biyoaktif karbonhidratlar olarak sınıflandırılabilir çok sayıda grup barındırmaktadır. Biyoaktif bileşenler ve fitokimyasallar açısından sahip oldukları yüksek besin değerleri ve düşük maliyetli olmaları, baklagilleri önemli bir gıda kaynağı haline getirmektedir (Moreno-Valdespino ve diğ., 2020). Baklagillerde yer alan biyoaktif bileşenler içinde en çok araştırma yapılanlar lunasin, proteaz inhibitörü ve soya izoflavonlarıdır. Lunasin başlıca soya fasulyesinde, ayrıca buğday, arpa, pirinç, çavdar, tritikale ve amarantta da bulunan bir bileşendir (Çakir ve diğ., 2019). Lunasinin sağlık açısından olumlu etkileri, anti-inflamatuar, kolesterol düşürücü, antikanserojen ve antioksidan aktivite olarak bildirilmektedir (Hsieh ve diğ., 2018). Soya, mercimek ve bezelyede bulunan Bowman-Birk inhibitörü (BBI), baklagillerden üretilen proteaz inhibitörlerinin ana sınıflarından biri olup, moleküler ağırlığı 8 kDa olan 70-80 amino asitten oluşan bir bileşendir. BBI'nin tohum çimlenmesi sırasında proteaz aktivitesinin düzenlenmesi, bitkileri böcek ve mikroorganizmalardan koruması, ayrıca prostat, meme ve kolon kanserlerine karşı koruyucu etkisi hakkında yapılmış çalışmalar mevcuttur (Çakir ve diğ., 2019). Baklagillerin yapısında bulunan izoflavonların ise menopoz semptomlarının tedavisinde kullanıldığı rapor edilmektedir (Li ve diğ., 2015).

Sağlıklı beslenmenin önemli bileşenleri olan ve dünya genelinde geleneksel beslenmede oldukça önemli bir yere sahip olan baklagiller, protein, düşük glisemik indeksli karbonhidratlar, diyet lifi, mineraller ve vitaminler dahil olmak üzere bir dizi temel besin maddelerini içermektedirler. Köklerinin nodüllerinde azot fikse eden bakterilerin varlığı, baklagilleri diğer kültür bitkilerine göre protein açısından daha zengin hale getirmektedir. Baklagil bitkilerinin protein kaynaklı biyoaktif peptitleri birçok sağlığı geliştirici bileşikler olarak önemli roller üstlenmekte ve ayrıca gıda kalitesine katkıda bulunmaktadır. Sağlık açısından kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser ve obezite gibi hastalıklar üzerindeki olumlu etkilerinin, yapısında bulunan biyoaktif bileşiklerin sinerjik kombinasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu peptitlerin antimikrobiyal aktivite, kan basıncı ve kolesterol düşürücü etki, antioksidan aktivite, mineral absorpsiyonunun/biyoyararlanımının artırılması gibi birçok etkisi olduğu bildirilmektedir (Çakir ve diğ., 2019).

Baklagiller hem protein hem de diyet lifi açısından benzersiz bir zenginliğe sahiptirler. Baklagillerde bulunan proteinler (%13-15) ve karbonhidratlar (%4-23) arasındaki dengeli oran, bu bileşenleri vejetaryenler ve veganlar gibi belirli popülasyonlar için besin piramidinin tabanına yerleştirmektedir. Proteinlerinin yüksek biyolojik değeri nedeniyle baklagiller “yoksul insanların eti” olarak adlandırılmaktadır (Iriti ve Varoni, 2017; Multari ve diğ., 2015).

Baklagillerin, yüksek miktarda dirençli nişasta ve amiloz içeriği nedeniyle Tip 2 diyabet hastalarında glisemik kontrolü düzenlediği gösterilmiştir (Jukanti ve diğ., 2012). Dirençli nişasta tüketiminin artması, gelişmiş glikoz toleransı ve insülin duyarlılığı ile ilişkilidir. Baklagillerin Tip 2 diyabet üzerindeki koruyucu etkisi, yüksek lif içeriği, düşük glisemik indeks değeri, bileşiminde yer alan izoflavonlar ve lignanlar gibi potansiyel olarak biyoaktif bileşenlerin varlığı ile ilişkilendirilmektedir (Kalogeropoulos ve diğ., 2010). Baklagillerin, düşük glisemik indeksli karbonhidratlar, dirençli nişasta, oligosakkaritler ve lif bakımından oldukça zengin olduğu ve baklagil tüketiminin, obezite ve obeziteye bağlı ölümlerin azalmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (Muzquiz ve diğ., 2012; Rebello ve diğ., 2014; Wanders ve diğ., 2011).

Bitki bazlı proteinlerin popülaritesinin arttığı son dönemlerde, fonksiyonel gıdalara olan ilgi de son derece hızlı bir şekilde artmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, insan sağlığına bazı faydaları olan ve hastalıkları azaltabilen besleyici gıdaları ifade etmektedir (Fu ve diğ., 2022).

Birçok gıda terapötik potansiyele sahiptir, baklagil bazlı gıdalar önemleri, işlevleri ve bir et alternatifi olarak bulunabilirlikleri nedeniyle dünya çapında değer görmektedir. Fonksiyonel bir gıda olarak baklagiller yaklaşık %20-45 protein, %60 kompleks karbonhidrat, %5-37 diyet lifi içerir ve nispeten düşük yağ içeriğine sahiptir (Angeles ve diğ., 2021). Baklagiller, tamamlayıcı amino asit profilleri nedeniyle buğday ve pirinç gibi tahıllarla birleştirilebilmekte ve bu da sindirilen proteinin kalitesini artırmaktadır (Heredia ve Andr, 2021). Baklagil unlarının, makarna yapımında kullanılan durum buğdayı irmiğinin yerini aldığı çalışmalarda baklagil unlarının makarnadaki protein oranını arttırdığı tespit edilmiştir (Petitot ve diğ., 2010). Buğday bazlı unlu mamullerin besin değerini artırmak amacıyla bir miktar buğday unu yerine baklagil unu kullanılmaktadır. Bir çalışmada buğday ve fava fasulyesi karışımı kullanılarak ekşi maya ekmeği hazırlanmıştır. Çalışmanın sonucunda hazırlanan ekmeklerde daha yüksek protein içeriği tespit edilmiştir (Goldstein ve Reifen, 2022).

Ekmek, antik çağlardan beri pek çok toplumun beslenmesinde temel gıda maddesi olarak kabul edilmektedir. Günümüzde dünyada yıllık ekmek tüketimi 9 milyar kg'ı aşmaktadır. Modern ve hızlı yaşam koşulları, düzensiz beslenmenin neden olduğu koroner hastalık, gastrointestinal patoloji, çeşitli kanser türleri ve Tip 2 diyabetten tüketicileri koruması ekmek tüketimini giderek popüler hale getirmektedir. Tüketicilerin yeni ekmek hazırlama konseptine olan ilgisi ve talebi giderek artmaktadır. Pazarda artan talebin bir sonucu olarak, ekmek formülasyonundaki farklılıklar artarken, bilim adamları doğru beslenme kavramını karşılayabilecek yeni unlu mamuller geliştirmeye devam etmektedir. Geçmişte, doğal ilaç

hammaddesi ve gıda kaynaklarının yetersizliği nedeniyle besin olarak tüketilen bitkiler, günümüzde insanların aktif beslenme alışkanlıkları konusunda geliştirdikleri farkındalıklar sonucunda, gıda ürünlerinde çeşitli şekillerde kullanılmaya başlanmıştır (Đurović ve diğ., 2020). Birçok buğday ekmeği, pirinç ve patates türü de dahil olmak üzere temel karbonhidratlı gıdalar yüksek glisemik indekse sahip olma eğilimindeyken, baklagiller (özellikle nohut, fasulye ve mercimek) düşük glisemik indekse sahiptir ve sağlıklı ve diyabetik bireylerde glisemik kontrolü sağlayabilmektedirler (Bajka ve diğ., 2021).

Bu çalışmada her gün düzenli olarak tüketilen ve sofralarda yer alan ekmeği, klasik ekmeğ algısından çıkartarak baklagil unu ilavesi sayesinde glisemik indeksi düşük, protein ve lif oranı belirli oranlarda arttırılmış sağlıklı, fonksiyonel bir ürüne dönüştürmek amaçlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında sağlıklı yaşam tarzını benimseyen tüketiciler için bazı baklagil unlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve farklı oranlarda sözkonusu baklagil unlarıyla zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmeğ üretimi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda ekmeğlere %5, %10, %15 oranlarında fasulye, börölce ve mercimek unları ilave edilerek, baklagil unlarının hamur ve ekmeğlerin kalite nitelikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Amacımız ekmeğlerde kullanılacak optimum baklagil unları düzeylerinin belirlenmesi ve gıda üretim uygulamalarında baklagil unlarının kullanılabilirliğinin farkındalığını yaratmaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Baklagiller

Baklagiller, *Fabaceae/Leguminosae* familyasına ait anjiyospermilerin ikinci en büyük ailesi olarak bilinmektedir. Baklagiller, sağlıklı bir beslenmenin önemli bileşenleri olup, dünya genelinde geleneksel diyetlerde önemli bir yer tutmaktadırlar. Baklagil ailesi, gıda olarak tüketilen bezelye, mercimek, fasulye, yer fıstığı ve diğer baklalı bitkileri içermektedir. Protein, düşük glisemik indeksli karbonhidratlar, diyet lifi, mineraller ve vitaminler başta olmak üzere çok önemli temel besinleri sağlayan baklagiller hem protein hem de diyet lifi açısından benzersiz zenginliğe sahiptirler (Çakir ve diğ., 2019). Dünyada insan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si ve hayvan beslenmesindeki proteinlerin %38'i, karbonhidratların %5'i yemeklik tane baklagillerden sağlanmaktadır (TMO, 2020). Gelişmekte olan ülkelerdeki nüfusun önemli bir bölümü, protein bakımından yetersiz beslenmekten muzdariptir. Mevcut çalışmalar insan nüfusu ile protein arzı arasında büyüyen bir uçuruma işaret etmektedir. Bu nedenle, yoğun araştırma çabaları şu anda gelecek için alternatif bitkisel proteinler gibi yeterince kullanılmayan farklı kaynakların belirlenmesine ve değerlendirilmesine yöneliktir. Bu bağlamda, protein kaynağı olarak halen yaygın olarak kullanılmayan baklagillerin kullanımı ve tarımının geliştirilmesi için mevcut potansiyellerini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir (Rangel ve diğ., 2004). Baklagil bitkilerinin protein kaynaklı biyoaktif peptitleri, sağlığı geliştirici bileşikler olarak (özellikle hastalıklarla ilgili enzimlerin amino asitleri ile etkileşime girerek) birçok önemli role sahiptirler. Baklagillerde bu biyoaktif peptitlerin varlığı gıda kalitesine katkıda bulunmaktadır (Lidia ve diğ., 2014).

Baklagillerin temel besin katkısı, protein içeriği ile ilişkilidir. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan bazı araştırmalar baklagil yan ürünlerini de (gıdalarda potansiyel içerik olarak) kullanma olasılığını vurgulamaktadır. Baklagil yan ürünleri, "lif tüketim eksikliğini" gidermede, mineral ve antioksidan bakımından fayda sağlamada ve katma değerli yeni ürünler elde edilmesinde olumlu etkileri olan doğal bir "besleyici diyet lifini" ifade etmektedir. Baklagil tohum kabuklarının biyokimyasal ve besinsel özellikleri ile ilgili çalışmalar yetersiz olmasına rağmen, bu dokuların temel olarak yapısal polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz, pektin), Ca, Mg, Mn, Cu, Zn, B, Al ve Na gibi mineral elementler, polifenoller (esas olarak fenolik asitler:

benzoik/sinamik asitler ve bunların türevleri), flavonoidler, özellikle flavon ve flavonol glikozitler ve yoğunlaştırılmış tanenlerden oluştuğu bildirilmektedir (Bessada ve diğ., 2019a).

Baklagiller, iyi birer mikro ve makro besin kaynağı olması, çok sayıda sağlık açısından olumlu faydaları ve zengin bileşimleri nedeniyle “süper gıda” olarak kabul edilmektedir (Boukid ve diğ., 2019).

Baklagiller, dünya üzerinde önemli coğrafi alanlarda yetiştirilmekte olup, gelişmiş /gelişmekte olan ülkelerde çok önemli sosyo-ekonomik etkiye sahip besin gruplarıdır. Baklagil üretimi sürdürülebilir bir üretim olarak, toprak verimliliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır ve azotlu gübrelere erişimi olmayan veya sınırlı erişimi olan çiftçiler için büyük önem taşımaktadır (Maikhuri ve diğ., 2016). Düşük su ve gübreleme gereksinimleri, hastalıklara karşı yüksek dayanıklılık ve zorlu koşullara önemli ölçüde uyum sağlama özellikleri ile karakterize edilmektedirler. Tahılların baklagillerle birlikte ekilmesi, yenilenebilir doğal kaynaklar olarak mahsul sistemlerinin sürdürülebilirliğine ve toprak biyoçeşitliliğine büyük katkı sağladığı bildirilmektedir (Boukid ve diğ., 2019).

Baklagiller ayrıca diğer protein kaynaklarına (örneğin süt, yumurta ve tavuk eti) kıyasla daha düşük su ayak izine (ekolojik ayak izi) sahiptir. Bu nedenle baklagiller, insan ve hayvan besini olmasının yanı sıra toprağın çeşitliliğini korumak/geliştirmek için % 100 yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir (Boukid vd., 2019). Baklagil, düşük gelirli ülkelerde yetersiz beslenme ve dengesiz beslenme sorunlarının önlenmesine büyük katkı sağlamaktadır.

Günümüzde zengin besin içerikleri, çevresel katkıları nedeniyle gıda maddelerinin üretiminde baklagil entegrasyonuna olan ilgi sürekli bir artış göstermeye devam etmektedir. Baklagiller bir tohum olarak tüketilmekte ya da tüketim öncesi çeşitli proseslerle (boyut küçültme öğütme v.s.) işlenebilmekte ya da lif, nişasta ve protein konsantreleri ve izolatları elde etmek için küçük parçalara ayrılabilir (Roy ve diğ., 2010).

Baklagiller, dünyanın düşük gelirli bölgelerinde yetersiz beslenmede mücadele etmek için güçlü ürünlerdir. Yeni ve sağlıklı gıda ürünleri geliştirmeye yönelik olarak buğday ununu baklagillerle güçlendirmek, takip edilmesi gereken doğru bir eğilim olabilir. Baklagil tohumları, zengin diyet protein kaynaklarıdır. Bununla birlikte, bu proteinlerin biyolojik olarak erişilebilirliği, proteinlerin tohum matriksinin diğer bileşenleri ile etkileşimi sonucu engellenmektedir. Bu nedenle, protein sindirilebilirliğinin iyileştirilmesi, sindirilemeyen proteinlerin hidrolizine, proteaz inhibitörlerinin deaktivasyonuna ve protein çözünürlüğünün iyileştirilmesine bağlıdır. Tohum rejenerasyonunda doğal bir olgu olan çimlenme, çimlenmemiş tohumlarla karşılaştırıldığında tohumların toplam protein içeriğini iyileştirici bir

etkendir. Ayrıca, çimlenme işlemi, proteaz inhibitörlerini ortadan kaldırmakta veya baskılamakta, böylece protein sindirilebilirliğini ve biyolojik olarak erişilebilirliğini geliştirmektedir. Birlikte ele alındığında, baklagillerin diyet proteinlerinin kaynağı olarak kullanımı, özellikle iyileştirilmiş protein beslenmesine ihtiyaç duyulan popülasyonlarda, çimlenme başlatılarak arttırılabilecektir.

2.2 Bazı Baklagil Çeşitleri ve Fonksiyonel Özellikleri

2.2.1 Fasulye

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) iyi bir protein ve besin kaynağı olup, tüm dünyada özellikle Güney Amerika'da yaygın olarak tüketilmekte olan bir baklagil çeşididir. Diğer baklagiller ile birlikte, uzun zamandan beri kırsal nüfustaki en önemli protein kaynaklarından biri olarak, nüfusun protein gereksinimlerinin önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Fasulye yapısal olarak, tohum kabuğu ve kotiledon olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Ayrıca beslenme açısından, fasulye, prebiyotik özelliklere sahip olduğu bildirilen rafinoz gibi dirençli nişasta ve oligosakkaritler dahil olmak üzere pekçok karmaşık karbonhidratları içermektedir (Berg ve diğ., 2012). Fasulye çeşitlerinde bulunan protein miktarı, çeşitlerine göre farklılık göstermekle birlikte %15 ile %35 arasında değişmektedir. Fasulyede diyet lifi ve yavaş sindirilebilir nişasta miktarı diğer karbonhidrat açısından zengin gıdalara kıyasla fazla olduğu için, glisemik indeksi düşük olarak kabul edilmektedir (Zielinski ve diğ., 2018). Fasulye, tahılların eksik aminoasitlerini tamamlayan profile sahip proteinler açısından da zengindir. Kuru fasulyede bulunan baskın amino asitler lizin (6,5–7,5 g/100 g protein) ve fenilalanin ile birlikte tirozindir (5,0–8,0 g/100 g protein) (Ganesan ve Xu., 2017). Ayrıca fasulyede bulunan mineral maddeler ve B vitaminleri gibi mikro besinler yüksek besin kalitesine katkıda bulunmaktadır.

Fasulye, son yıllarda hem antioksidan hem de anti kanserojen özellikler gösterdiği bildirilen polifenoller gibi bileşiklerin varlığından dolayı fonksiyonel gıdalar olarak giderek daha fazla ilgi görmektedir (Wainaina ve diğ., 2021). Fasulye, fenolik bileşikler (flavonoidler, tanenler ve antosiyanin), proteaz inhibitörleri, fitik asit ve saponinler gibi biyoaktif bileşenler içermektedir. Bu bileşenlerin kolon kanserinin inhibisyonunda yardımcı olduğu, baklagil tohumlarından elde edilen proteinlerden özellikle albüminler ve globulinlerin, kolon kanseri hücrelerinde hücre göçünü azaltabileceği bildirilmektedir (Çakır ve diğ., 2019). Flavonoidler gibi polifenolik bileşikler kuru fasulyede tohum kabuğuna renk veren bileşiklerdir ve bu

fenolikler kardiyovasküler hastalık ve kanser riskinin azalması da dahil olmak üzere olumlu sağlık yararlarına sahiptir (Campos-Vega ve diğ., 2010).

Bununla birlikte, diğer baklagillerde olduğu gibi, fasulyede de tüketimini sınırlayan ve besinlerin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını etkileyen çeşitli antibesinsel faktörler bulunmaktadır. Fasulyede bulunan fitik asit, birkaç temel mineralin emiliminin azalmasının ana nedeni olarak kabul edilmektedir ve sözkonusu mineralleri organizmada mevcut olmayan çözünmez formlara dönüştürmektedir. Ayrıca fitik asit, proteolitik ve amilolitik enzimlerle protein kompleksi oluşturmaktadır. Fosfat grupları işlenerek fitattan uzaklaştırıldığında, aramiyo-inositol fosfatlar salınmakta ve minerallere bağlanma gücü azalmaktadır. Islatma ve pişirme gibi termal işlemler, inositol fosfat içeriğini değiştirirken, çimlenme, fitik asit içeriğini önemli ölçüde azaltmaktadır (Granito ve diğ., 2002). Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) insan tüketimi için en önemli baklagillerdendir. Fizyolojik süreçler için gerekli olan Fe, Zn gibi besin maddelerine yüksek oranda sahiptir ve bu özelliği sayesinde besleyici bir gıda olarak öne çıkmaktadır.

Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), dünya çapında insanlar tarafından tüketilen en önemli baklagil bitkisidir. Zielinski ve diğ., (2018) sağlıklı gıda ürünlerinin formülasyonunda güvenli ve uygun olarak kabul edilen çok düşük lektin (fasulyenin ana toksik bileşeni) içeriğine sahip bir fasulye çeşidi (*Almonga*) ile ilgili yaptıkları çalışmada, söz konusu fasulye tüketiminin, trigliseridemik açıdan önemli bir azalma sağladığını bildirmişlerdir. Fasulyenin besleyici ve sağlıklı özelliklerine rağmen gıda endüstrisinde bir bileşen olarak kullanımları uzun pişirme süresi ve düşük sindirilebilirlik nedeni ile sınırlıdır (Arribas Cabellos, ve diğ., 2019). Fasulye pişirildiğinde, hücre duvarları bozulmamış bütün tohumlardan üretilen unlara kıyasla *in vitro* nişasta ve protein sindiriminde artış gözlenir (Hooper ve diğ., 2019). Pişmiş fasulyenin (100 gr) ortalama olarak 9,0 gr protein, 2,0 mg Fe ve 0,9 mg Zn içerdiği bildirilmektedir (Lima ve diğ., 2021). Geleneksel olarak bütün formda (haşlanmış veya konserve) kullanılmaktadırlar Ancak hazırlama süresinin uzun olması, artan tüketim için önemli bir dezavantaj oluşturmaktadır Fasulyelerin besleyici faydaları, onları makarnalar, ekmekler ve cipsler gibi gıda ürünlerine dahil edilebilecek bileşenler olarak kabul edilmeye uygun hale getirmektedir. Günümüz tüketicilerinin hızlı tempolu yaşam tarzları, yüksek kaliteli, sağlıklı hazır gıdalara olan talebi artırmaktadır (Sissons, 2021). Fasulye çeşitleri tohum kabuğu renginde, tat profillerinde, protein, nişasta ve lif içeriklerinde farklılık göstermektedir. Bu nedenle, farklı kuru fasulye türü ve çeşitlerinden yapılan gıdaların benzersiz duyuşal özelliklere (tat ve doku) ve beslenme profillerine sahip olması beklenmektedir (Rocchetti ve diğ., 2017).

2.2.2 Börülce

Meksika'nın Yucatan eyaletinde "xpel n" olarak bilinen b r lce (*Vigna unguiculata* L.), dünya üzerinde Amerika, Hindistan, Afrika, Avustralya ve birçok tropik bölgede yetiştirilen bir baklagil türüdür. Börülce, kuraklığa dayanıklı, yüksek verimli (1,690-2,000 kg/ha) zengin protein (%18–35) ve karbonhidrat (%55–63) içeriğine sahip bir baklagil türüdür (Lecuona-Villanueva ve diğ., 2006).

Diğer baklagiller gibi, b r lce tohumları da nispeten yüksek protein içeriği (%25) sayesinde, tahıllar ile birarada t keticildiğinde besin değeri olarak tamamlayıcı karışımlar oluşturarak, gıdalardaki protein kalite düzeyine önemli katkıda bulunmaktadır (Rangel ve diğ., 2004).

Börülce Kore'de geleneksel tören pastaları için ekmek ve re el gibi gıda ürünlerinde yaygın olarak kullanılmakta ve pirinçle birarada pişirilmektedir. Beslenme açısından, b r lce tohumları nişasta (%45-55), proteinler (%20-25) (esansiyel amino asitler dahil), vitaminler (folat, tiamin, piridoksin, lutein, niasin, askorbik asit) ve mineraller (potasyum, kalsiyum, demir, çinko) bakımından zengindir (Gonçalves ve diğ., 2016). Börülce tohumlarında en fazla bulunan karbonhidrat nişasta olup, şekerler sadece k  k bir miktarı oluşturmaktadır . Börülce tohumlarının diğer bir önemli bileşeni prebiyotik olarak işlev gören galaktosidlerdir. Dirençli nişasta ve amiloz, toplum sağlığı açısından faydalı olan önemli bileşenleridir. Yüksek dirençli bir nişasta ve amiloz seviyesi, kan dolaşımına salınan glikoz miktarını düşürerek sindirimi yavaşlatmakta, bunun sonucunda, bağırsak hücrelerinin glikoz alımı azalmaktadır (Abebe ve Alemayehu, 2022a). İnsan beslenmesindeki önemli makro ve mikro besin kaynağı olarak kullanılan b r lce, aynı zamanda çeşitli mutfaklarda ve atıştırmalıklarda da kullanılabilir. Farklı formlarda tüketime sunulan b r lce, bütün olarak yenebilmekte, konserve edilebilmekte veya dondurulup pişirme amacıyla un haline getirilebilmektedir.. Börülce tohumlarının çok iyi bir ikame bileşen olduğu rapor edilmektedir (Abebe ve Alemayehu, 2022a). Tahıl ve kök bitkilerine göre 2 ila 4 kat daha fazla protein içeren b r lce, lizin amino asiti bakımından zengin bir baklagil türüdür (Trehan ve diğ., 2015). Börülce lizin, lösin, triptofan ve arginin gibi insan beslenmesinde önemli yeri olan amino asitleri içermektedir. Bileşiminde az miktarda folat içermekle birlikte, A ve C vitaminleri, tiamin, riboflavin, niasin, B6 vitamini ve pantotenik asit bakımından oldukça önemli bir besindir.

Yapısında barındırdığı bu bileşenler insan ve hayvan fizyolojisinde kas kasılması, nöron aktivitesi, kan pıhtılaşması, bağırsak aktiviteleri ve asit baz dengesi için elzem yapılar olarak

bildirilmektedir (Abebe ve Alemayehu, 2022a). Bununla birlikte, brlce ve bileşenleri, tahıllar ve hayvansal ürünlerle karşılaştırıldığında metiyonin ve sistein gibi kükürt içeren amino asitlerden yoksundurlar; bu nedenle dengeli beslenmek için tahıllar, sebzeler, et ve süt ürünleri ile birarada tüketilerek, tamamlanmalıdır (Iqbal ve diğ., 2006).

Börülce, diğer çoğu baklagilde olduğu gibi, proteinlerin sindirilebilirliğini azaltan ve protein kalitesini düşüren tripsin inhibitörleri ve lektinler gibi anti-besinsel faktörler içermektedir (Segura-Campos ve diğ., 2013). Sindirimi zorlaştıran bu bileşenlerin olumsuz etkilerini azaltmak veya ortadan kaldırmak için çeşitli işleme prosedürleri kullanılmaktadır. Brlcenin bütün taneleri, kabukları ve yaprakları kaynatma gibi ısıl işlemlere tabi tutulmakta, ardından insan tüketimi için kullanılmaktadır (Xu ve Chang., 2012). Börülce yapraklarında ve tohumlarında bulunan lektinler, tripsin inhibitörleri, tanenler, proantosiyanidinler, fitikler, hemaglutininler, siyanojenik glikozitler, oksalik asit, dihidroksifenilalanin ve saponinler insanlar için sindirim açısından zararlı olarak bildirilmektedir (Edvar ve diğ., 2017; Makinde ve diğ., 1997). Börülce tohumlarında bulunan fitatların varlığı, fitat proteini ve fitat mineral komplekslerinin biyoeriilebilirliğini engellemektedir. İlenmemi ham brlcenin 836 mg/100 g fitik asit içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir. Fitosistatinler, baklagillerin tohum gelişimi ve çimlenmesinde yer alan proteaz inhibitörlerini içermektedir (Abebe ve Alemayehu, 2022b). Bebekler ve çocuklar için tüketilmeden önce, antibesinsel faktörlerin uzaklaştırılması için uygun işleme yöntemleri kullanılmaktadır (Edvar ve diğ., 2017). Sağlığa yararlı bir gıda kaynağı olarak kabul edilen brlce taneleri sadece karbonhidrat (yaklaşık %60) ve protein (%25) değil, aynı zamanda fitokimyasalları da içermektedir. Yapılan çalışmalarda, brlce tohumu ve brlce protein izolatlarının tüketiminin, plazma toplam kolesterol değeri ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterol değerlerinde önemli azalmalar oluşturduğu bildirilmektedir (Ha ve diğ., 2010). Bileiminde proteine ilaveten çeşitli fenolik bileşikler, protokateik asit, p-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, p-kumarik asit, ferulik asit ve sinnamik asit, folasin, niasin, riboflavin ve fitokimyasallar barındırmaktadır (Ha ve diğ., 2010). Börülce içerikli gıda ürünlerinin, özellikle kırsal bölgelerde yaşayan gelir seviyesi düşük topluluklar için ucuz birer protein kaynağı olduğu rapor edilmektedir (Amonsou ve diğ., 2010).

Brlcenin sahip olduğu düşük glisemik indeks (GI) değeri ve tokluk glukoz konsantrasyonu ve insülin hormonunu dengeleme yeteneklerinden dolayı diabetli bireylerde diyabeti kontrol etmek için kullanıldığı rapor edilmektedir (Obloh ve Agu, 2010).

2.2.3 Mercimek

Mercimek (*Lens culinaris*), esas olarak Kanada ve Hindistan'da üretilen bir baklagil türüdür. Mercimek, dünya çapında tam tahıl olarak veya kabukları soyulmuş ve kırılmış olarak tüketilmektedir. Orta Doğu ve Güney Asya'da temel bir besin kaynağı olan mercimek, genellikle pirinç gibi tahıl taneleri ile birarada tüketilmektedir. Dünya çapında tüketilen mercimeğin protein, lif, karbonhidrat, mineral ve vitamin yönünden zengin olduğu bildirilmektedir (Joshi ve diğ., 2017). Genel olarak tüketiciler, bitki bazlı ve yüksek kaliteli protein kaynaklarına artan bir ilgi göstermektedirler. Protein kalitesini değiştiren faktörler arasında protein içeriği, amino asit bileşimi ve protein sindirilebilirliği yer almaktadır. Mercimeklerin protein içeriğinin tahıllardan önemli ölçüde daha yüksek olduğu %28,3 protein içeriği aralığının %15,9 ile %31,4 arasında değiştiği rapor edilmektedir (Joshi ve diğ., 2017). Mercimek tohumunda metabolik ve depo proteinleri olmak üzere 2 farklı protein türü bulunmaktadır. Mercimek tohumunda enzimler ve yapısal proteinleri içeren metabolik proteinlerin miktarı daha az iken, depolama proteinleri toplam tohum proteininin %80'ini oluşturmaktadır. Mercimek depo proteinleri kotiledonların parankimatöz hücrelerinde bulunmaktadır. Mercimek içindeki proteinin çoğu depo proteini olarak yer almaktadır (Joshi ve diğ., 2017). Tahıl tanelerinin aksine, mercimek lizin açısından zengindir, ancak metionin ve sistein aminoasitleri miktarları sınırlıdır. Diğer baklagil ürünlerine benzer şekilde mercimek, tripsin inhibitörleri ve tanenler dahil olmak üzere belirli anti-besleyici faktörleri içermektedir. Bu besleyici olmayan faktörler, temel sindirim enzimlerini (tripsin inhibitörleri) inaktive ederek veya sindirilebilirliklerini azaltmak için diyet proteinleriyle (tanenler) kompleks oluşturarak protein biyoyararlanımını değiştirmektedirler. Mercimeklerin işlenmesi, protein sindirilebilirliğini ve amino asit mevcudiyetini artırma fırsatı sağlamaktadır. Çok sayıda çalışma, pişirmenin tripsin inhibitörleri, tanenler ve fitik asit gibi besleyici olmayan faktörlerin aktivitesini ve konsantrasyonunu azalttığını göstermiştir (Nosworthy ve diğ., 2018). Mercimek ayrıca fenolik asitler, flavanoller, saponinler, fitik asit ve yoğunlaştırılmış tanenler gibi fitokimyasallar içermektedir ve iyi bir antioksidan özellik göstermektedir (Durazzo ve diğ., 2013).

Yapılan çalışmalar, mercimek de dahil olmak üzere baklagil tüketiminin, kardiyovasküler hastalık, kanser, diyabet, osteoporoz, hipertansiyon, gastrointestinal bozukluklar, adrenal hastalık ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolün azaltılması gibi pek çok sağlık faydaları sağladığını göstermiştir (Joshi ve diğ., 2017). Buğday unununun baklagil unları ile

karıştırılarak birarada kullanılması, tahıl bazlı gıdaların besinsel özelliklerini iyileştirmede etkili bir yol olmuştur çünkü baklagillerin amino asit bileşimi, tahılların aminoasit bileşimiyle birbirini tamamlamaktadır (Joshi ve diğ., 2017). Mercimek, nispeten düşük nişasta sindirilebilirliği nedeniyle düşük glisemik indeksli bir gıdadır (Liu ve diğ., 2022).

Son yıllarda, protein, karbonhidrat, mineral, lif, fenolik asitler, flavanoller, saponinler, fitik asit ve yoğun tanenler dahil olmak üzere diğer fitokimyasalları bol miktarda içeren son derece besleyici ve sağlıklı bileşimi sayesinde, mercimeğin kişi başına tüketimi ve küresel boyutta üretimi önemli ölçüde artış göstermektedir. Özellikle Güney Asya, Afrika ve Orta Asya'nın gelişmekte olan ülkelerinde mercimeğin büyük bir kısmı ya tam tahıl olarak ya da kabuklu olarak tüketilmektedir. Ancak işleme teknolojilerindeki gelişmeler, protein ve nişastanın bebek mamaları, atıştırılmalıklar ve unlu mamuller gibi farklı gıda formülasyonlarında daha fazla uygulanması için yeni ufuklar açmaktadır. Mercimek nişastası düşük glisemik indeks değeri ve mükemmel fonksiyonel özellikleri nedeniyle, diğer tahıl ve baklagil nişastalarının umut verici bir ikamesi olarak düşünülmektedir. Benzer şekilde, mercimek proteininin jelleştirici ajan, emülgatör ve stabilizatör olarak mükemmel işlevselliklere sahip olduğu, farklı gıda ürünlerinde çeşitli hayvansal proteinlerin daha sağlıklı bir ikamesi olarak kullanılabilceği bildirilmektedir (Joshi ve diğ., 2017).

2.3 Ekmek

Ekmek; temel bileşenler olarak buğday unu, maya, tuz ve suyun belli oranlarda karıştırılıp yoğrulması ve hamurun belli bir süre fermente ettirilip pişirilmesi ile elde edilen temel bir gıda maddesidir. Ekmek, tüm dünyada her gün tüketilen, tüketiciler için de büyük önem taşıyan, dünyanın en basit ve en temel gıda ürünüdür (Mikulec ve diğ., 2022). Ekmeğin kalitesi normal olarak hacmine, dokusuna, rengine ve aromasına (yeme sırasında yaşanan tat ve koku izlenimlerinin toplamı) göre tanımlanır ve bu temel özellikler arasında ekmek aroması, tüketiciler tarafından kabul edilebilirlik açısından önemli bir rol oynamaktadır (Pico ve diğ., 2015). Ekmek, insan beslenmesinin temelini oluşturmaktadır ve iyi bir karbonhidrat, diyet lifi, protein, mineral ve vitamin kaynağıdır. Ekmek yapımı, formülasyonlarda yapılan farklılıklara bağlı olarak değişmektedir. Ekmeğin un, maya, su ve tuz olarak dört elzem malzemesi vardır. Ekmek endüstrisinde formülasyonlar sürekli değişmektedir (Cristina ve diğ., 2021). Ekmek formülasyonlarında ayrıca şeker (genel olarak tatlandırıcılar), süt katkıları, yağlar ve yumuşatıcılar gibi isteğe bağlı bileşenler bulunmaktadır. Bileşime eklenen bu bileşenler ekmeğin kalitesini ve tadını etkilemekte, hamurun işlenmesini geliştirmekte ve raf ömrünü

uzatmaktadır. Oksitleyici maddeler, indirgeyici maddeler, tamponlar, enzimler, gluten proteinleri ve hamur geliştiriciler/koşullandırıcılar gibi diğer bileşenler hamur reolojisini iyileştirmekte ve raf ömrünü uzatmaktadırlar.

Tüketicilerin, sağlık endişeleri nedeni ile ekmekte belirli bir konsantrasyondan fazla katkı maddelerinin kullanımını arzu etmedikleri belirtilmektedir. Günümüzde kullanılan katkı maddelerinin birçoğunun sağlık açısından bir riski yoktur ancak bazı tüketiciler içerik listelerinde tanıdık isimlerin kullanılmasını tercih etmektedir. Bu katkı maddelerinden/koruyuculardan bazıları, belirli şekillerde veya fazla kullanıldıklarında sağlık riskleri taşımaktadır (Joye ve diğ., 2009). Glutensiz beslenmede baklagillerin gluten ikamesi olarak kullanımıyla ekmek başta olmak üzere un ve unlu mamüller gibi glutensiz gıda maddelerinin üretiminde besleyici değeri yüksek ürünlerin üretilebilmesi amacıyla farklı baklagil ya da baklagil ürünleri ham madde olarak kullanılabilirlerdir.

Ekmek yapımında gluten proteinleri, buğday ununun diğer bileşenleri ile etkileşime girmektedir. Doğru miktarda su ile karıştırıldığında, hamurun fermantasyon sırasında gaz tutmasını sağlayan gluten matrisi gelişim göstermektedir (Cristina ve diğ., 2021). Buğday unu ile yapılan ekmeğin performansı doğrudan gluten proteinlerinden etkilenmektedir. Buğday unu esas olarak proteinler, karbonhidratlar ve lipitlerden oluşmaktadır (Apostol ve diğ., 2015).

Buğday; diyet lifi, esansiyel yağ asitleri, çeşitli mineral maddeler ve vitaminler açısından oldukça zengin bir bileşime sahip olmasına rağmen una öğütüldüğünde bu maddeler açısından büyük oranda kayıp vermektedir. Özellikle B grubu vitaminler başta olmak üzere, Ca, Fe, Zn gibi mineral maddeler ve mevcut amino asitler, buğdayın kabuk ve embriyosunda yüksek, endospermde ise düşük oranlarda bulunmaktadır. Bu besin elementlerinin büyük bir kısmının, ticari değirmenlerde un elde edilirken kepekle birlikte uzaklaştırılması, tüketilen ekmeğin besin değerinin düşmesine neden olmaktadır. Uzun süre kepeksiz ekmek tüketimine ağırlık veren toplumlarda buna bağlı olarak birçok hastalıklar görülebilmektedir. (Elgün ve Ertugay, 1995). Bu olumsuzlukları gidermek için, ekmeğin zenginleştirilmesi son yıllarda oldukça kabul gören bir uygulamadır.

Son yıllarda, ekmeklerin baklagillerle zenginleştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. Buğday unundan üretilen ekmek günlük karbonhidrat ve enerji sağlamada önemli bir kaynak olmasına rağmen, bazı temel amino asitlerden ve biyoaktif bileşenlerden yoksundur. Bu nedenle, buğday ununun baklagillerle zenginleştirilmesi, ekmeğin biyoaktif içeriğinin yanı sıra protein profilini de iyileştirmektedir. En yaygın baklagil çeşitlerinin ekmek

formülasyonuna dahil edilmesiyle, ürünün besinsel özellikleri ve kalitesi üzerindeki olumlu etkilerinin yanı sıra baklagil tüketimine olası katkıları konusunda farkındalık yaratmaktadır (Boukid ve diğ., 2019). Bu açıdan baklagiller, iyi dengelenmiş amino asit bileşimi ve lif içeriği nedeniyle ekmek gibi tahıl bazlı gıda maddelerinin besin değerini artırmak için değerli bir zenginleştirici madde olarak kabul edilmektedirler (Oliete ve Rosell, 2008). Buğday ununa baklagil unu ikamesi ile, ekmekteki protein, mineral ve lif içeriğini artırarak besin değerini önemli ölçüde iyileştirdiği tespit edilmiştir (Man ve diğ., 2015; Sulieman ve diğ., 2013, Boukid ve diğ., 2019).



3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Hammadde

Bu çalışmada kullanılan ekmeklik buğday unu Pimar Un ve Yem Fabrikası, (Malatya), fasulye unu ve börülce unu İngro firması (Karaman), yeşil ve kırmızı mercimek unu İpek Değirmen'den (Aksaray) temin edilmiştir. Tuz ve şeker yerel bir marketten, kuru maya (Pakmaya) yerel bir marketten temin edilmiştir. Hammaddeler kullanılmadan önce +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.1.2 Kimyasallar

Yapılan analizlerde kullanılan bütün kimyasallar Sigma Aldrich (Darmstad, Germany) firmasından temin edilmiştir. Bu tez çalışmasında; kimyasal olarak hegzan, etanol, metanol, MES/TRIS, HCl, NaOH, sülfürik asit, aseton, α -amilaz, proteaz, amiloglukozidaz kullanılmıştır.

3.1.3 Ekipman ve cihazlar

Su banyosu (Nüve, NB 20), etüv (Ecocell, MMM 111), homojenizatör (WiseTis), rotary evaporator (Heidolph), vorteks karıştırıcı (Scilogex MX-S), soxhlet yağ tayini cihazı (Şimşek Labortechnik), kül fırını (Proterm), Kjehldahl protein tayin cihazı (Microtest), tekstür cihazı (TAXt plus Texture analyzer), kumpas, renk ölçer (Konica Minolta C), ekmek yapma makinesi (TEFAL) bu tez kapsamında laboratuvarında kullanılan ekipman ve düzeneklerdir. Ayrıca Malatya Fırat Un ve Yem Fabrikasında gluten cihazı (Perten Glutomatic), farinograf ve ekstensograf cihazları (Braberder) kullanılmıştır.

3.2 Metot

3.2.1 Hammadde analizleri

Çalışmada kullanılan farklı baklagil (fasulye, yeşil mercimek, kırmızı mercimek ve börülce) ve kontrol (buğday) unlarında nem, kül, renk, yağ, protein, toplam diyet lifi analizleri ile hamurda farinograf ve ekstensograf analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1 Nem analizi

Baklagil unlarında nem analizi AOAC (1997)'e (Method 925.09) göre yapılmıştır. Farklı un örnekleri 2 paralel şekilde çalışılmış olup, 5'er gram olmak üzere cam petrilere tartılmış ve etüvde (Ecozell, Almanya) 103°C'de yaklaşık 5 saat, sabit tartıma gelinceye kadar nem analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra desikatörde bekletilmiş, oda sıcaklığına geldiğinde tartımları alınmıştır. Şekil 3.1.'de örneklerin nem analizleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Un örneklerinin nem analizi.

3.2.1.2 Kül analizi

Baklagil unlarındaki kül analizi, AOAC (1997)'e (Method 923.03) göre gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2.'de kül analizinde yakma işlemi gösterilmiştir. Yaklaşık 900 °C'de 4 saat yakılarak sabit tartıma getirilen porselen krozeler, içerisine 3'er gram farklı un örnekleri konularak ve üzerlerine 2 mL etanol eklenerek 550°C'de 8 saat kül fırınında (Protherm Furnaces) yakma işlemine tabi tutulmuştur. Renkleri tamamen beyaz-gri olduğunda kül fırınından çıkarılarak desikatörde bekletilip oda sıcaklığına geldiğinde tartımları alınmıştır. Krozeler soğutulduktan sonra ikinci tartımları alınarak, kül değerleri aşağıda belirtilen formüle göre belirlenmiştir.

$$\text{Kül içeriği (\%)} = \left[\frac{M2-M1}{m} \right] \times 100$$

M2 : Yakmadan sonraki kroze + kül ağırlığı (g)

M1 : Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı (g)

m : Alınan örnek ağırlığı (g)



Şekil 3.2 : Kül analizinde yakma işlemi.

3.2.1.3 Yağ analizi

Yağ analizi AOAC (1997)'e (method 920.39) göre bazı modifikasyonlar dahilinde yapılmıştır. Farklı baklagillerden elde edilen 5 ± 0.005 g un örnekleri tartılmış, soxhlet düzeneği kullanılarak yağ tayini yapılmıştır. Yağ verimi kuru madde üzerinden % olarak hesaplanmıştır. Hazırlanan kartuşların ağzı yağsız pamuk ile kapatılmış, ardından ekstraksiyon tüpünün içerisine yerleştirilmiştir. Sabit tartıma getirilen ekstraksiyon balonları (mL) Soxhlet düzeneğine yerleştirilmiş, ekstraksiyon tüpüne 1,5 sifon yapacak ve tekrar yarıya kadar dolduracak kadar hekzan konulmuştur. Ekstraksiyon (4.5 saat) n sonrasında içinde hekzan bulunan balonlar, rotary evaporatörde (Heidolph Evaporation System) 40 °C 'de ve 335 mbar basınçta çalıştırılarak, içindeki çözücü uzaklaştırılmıştır. Şekil 3.3'de soxhlet düzeneği ve rotary evaporatör gösterilmiştir. Örneklerdeki yağ analizi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Yağ miktarı (\%)} = \frac{M_2 - M_1}{\text{Örnek miktarı}} \times 100$$

M_2 : Son ağırlık (g)

M_1 : Başlangıç ağırlığı (g)



Şekil 3.1 : Soxhlet cihazı ile yağ ekstraksiyonu.



Şekil 3.2 : Rotary evaporatör ile çözügen uzaklaştırma işlemi.

3.2.1.4 Protein analizi

Un örneklerinde protein miktarı Kjeldahl metodu kullanılarak AOAC (1997) (Nx6.25) (Method 954.01) belirlenmiştir. Hesaplama genel azot çeviri faktörü 6.25, buğday unu azot çeviri faktörü 5.70 olarak alınmıştır.

$$\% \text{ Azot} = \frac{(V_1 - V_0) \times N \times 0,014}{m} \times 100$$

V_1 = Titrasyonda harcanan çözelti miktarı (mL)

V_0 = Kör deneme titrasyonunda harcanan çözelti miktarı (mL)

N = Titrasyonda kullanılan çözeltinin normalitesi

0,014 = Azotun mili ekivalen ağırlığı

m = Alınan örnek miktarı (g)

3.2.1.5 Toplam diyet lifi analizi

Farklı baklagil unlarında toplam besinsel lif tayini AACC (1990)'a göre (Method 32-05.01) gerçekleştirilmiştir. Örneklerin (0.5 g) üzerine 2 mL MES/TRİS çözeltisi eklenerek çözelti iyice vortekslle karıştırılmıştır. Ardından 50 µL α-amilaz enzimi eklenmiş ve çözelti 95-100 °C'de 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Sürenin sonunda 60 °C'ye soğutulan çözelti üzerine 50 µL proteaz enzimi ilave edilerek 60 °C'de 30 dk süre ile bekletilmiştir. Çözelti pH'ı, 2.5 µL 0.561 N HCl ilave edilerek 4,1-4,8 aralığına getirilmiştir. Ardından 150 µL amiloglukozidaz enzimi ilave edilerek 60 °C'de 30 dk beklenmiştir. Süre sonunda örneklere 112,5 mL etanol ilave edilmiş, tekrar 60 °C'de 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Filtre edilerek alınan örnekler suyu uzaklaştırılmak üzere 1 gece 104 °C'ye ayarlanmış etüvde bekletilmiş ve ardından tartımları alınmıştır. Şekil 3.5'de vakumlu süzme düzeneği gösterilmiştir. Üründeki diyet lif miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam diyet lif içeriği (\%)} = \frac{(M_2 - M_1) - (k+p)}{M} \times 100$$

M : numune ağırlığı (g)

M₂: Analizden önceki numune ağırlığı (g)

M₁: Analizi yapılan kalıntı numune ağırlığı (g)

K: Kül (g)

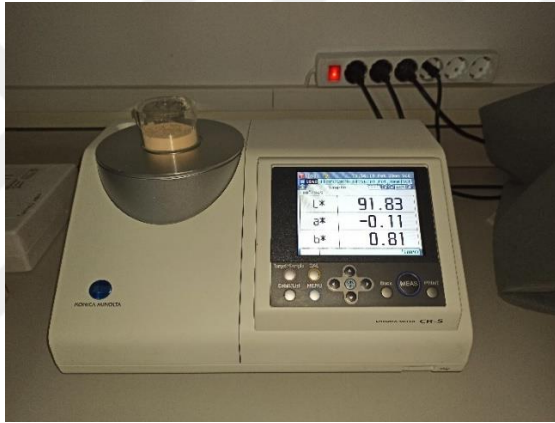
P: Protein (g)



Şekil 3.3 : Vakumlu süzme düzeneği.

3.2.1.6 Renk analizi

Renk indisleri (L^* , a^* , b^*), Chroma ve Hue açısı (h°) olarak ifade edilen yüzey rengi, D-65 aydınlatıcılı 3 mm petri kabı ve 10° açığa ayarlanmış gözlemcili bir kromametre (Konica Minolta, model CR-5, Osaka, Japonya) kullanılarak ölçülmüştür (Hunter, 1958). L^* değeri siyah (0) ile beyaz (100) arasında değişen numune parlaklığını, a^* değeri kırmızı ile yeşil arasında değişen rengi ve b^* değeri ise sarıdan maviye değişen rengi temsil etmektedir. Tüm ölçümler, homojen un örnekleri dolu petri kabının merkezinde ve çevresinde en az üç noktanın ortalaması olarak alınmıştır. Edinilen değerlerin ortalamaları alınarak sonuçlar verilmiştir. Analizler 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.6'da renk ölçüm cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Renk ölçümü.

3.2.1.7 Taramalı elektron mikroskobu (Scanning electron microscopy, SEM)

Farklı baklagil unlarının morfolojik yapısı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM, Leo EVO-40 VPX Carl ZeissSMT, Cambridge, UK) kullanılarak incelenmiştir. Un örnekleri altın-paladyum ile kaplanmış ve farklı büyütme oranlarında SEM görüntüleri elde edilmiştir.

3.2.1.8 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi

Un örneklerinin FTIR spektrumu, bir kristal elmas ATR elemanı ve bir Spectrum 10 Yazılımı (Perkin Elmer) ile donatılmış Perkin Elmer spektrometresi (Spectrum 100, Perkin Elmer, Waltham, MA, ABD) kullanılarak incelenmiştir. Analiz her bir örnek için (oda sıcaklığında) 1 cm^{-1} çözünürlükte, 650 ila 4000 cm^{-1} aralığında toplanan üç tarama üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.9 Yaş gluten miktarı analizi

Yaş gluten miktarı Glutomatik aleti ile ICC Standart No:137/1'e göre yapılmıştır. Şekil 3.6'da yaş gluten ölçüm cihazı gösterilmiştir. Cihazın metal elekleri içerisine 10 ± 0.01 g un tartılmış, %2'lik tamponlu NaCl çözeltisi ile yıkama ve yoğurma yapılmıştır. İşlem sonunda hamur örnekleri iki eşit parçaya ayrılıp 4500 rpm'de 1 dk santrifüjlenerek suyu uzaklaştırılmış, ardından tartılmıştır. Tartımda bulunan değer 10 ile çarpılarak % yaş gluten miktarı bulunmuştur.

$$\text{Yaş gluten miktarı (\%)} = \frac{\text{YGM}}{(100-R)} \times 100$$

YGM : Yaş Gluten Miktarı (%)

R : Örneğin rutubeti

Yaş gluten, elde veya makine ile yıkanarak elde edildikten sonra santrifüj eleklerine yerleştirilmiştir. Örnekler 1 dk santrifüj edildikten sonra elekten geçen gluten bir spatül ile kazınarak tartılmıştır. Elekten geçmeyen gluten bir pens yardımı ile alınarak tartılmıştır. Elekten geçen ve geçmeyen gluten ağırlıkları toplanarak toplam gluten ağırlığı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Gluten İndeks (Gİ)} = \frac{(\text{TGM}-\text{EGG})}{\text{TGM}} \times 100$$

Gİ= Gluten İndeks değeri

TG= Toplam Gluten Miktarı (g)

EGG= Elekten Geçen Gluten Miktarı (g)



Şekil 3.5 : Glutomatik cihazında yaş gluten analizi.

3.2.1.10 Sedimentasyon analizi

Sedimentasyon değeri ICC-Standart No: 116/1'e göre yapılmıştır. Un ve laktik asit çözeltisi ile hazırlanmış süspansiyondaki un partiküllerinin gluten kalitesine göre şişmesi ve şişen partiküllerin belirli zaman içinde çöken miktarının mL cinsinden hacminin ölçülerek sedimentasyon değerleri hesaplanmıştır. Şekil 3.8'de sedimentasyon analizi gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Sedimentasyon analizi.

3.2.1.11 Unlarda element analizi

Un örneklerinin elemental bileşimi ICP-MS (Perkin Elmer Elan DRC-e) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.1.12 Hamurda farinograf ve ekstensograf analizleri

Kullanılan unların (fasulye, börülce, mercimek ve buğday) nem miktarları infrared un analiz cihazında (inframatik) tespit edilmiştir. Numuneler % nem miktarına göre tartılmıştır. Cihaza ilave edilecek su miktarı (mL) unların bileşimindeki nem miktarına göre belirlenmiştir.

3.2.1.13 Farinograf analizi

Un nitelikleri ve baklagil unu ilavesinin farinograf değerleri (su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite, yoğurma toleransı, yumuşama derecesi) üzerindeki etkileri, IACC Metot 115'e

göre belirlenmiştir. Analiz 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.9’da farinograf cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : Hamurlarda farinograf analizi.

3.2.1.14 Ekstensograf analizi

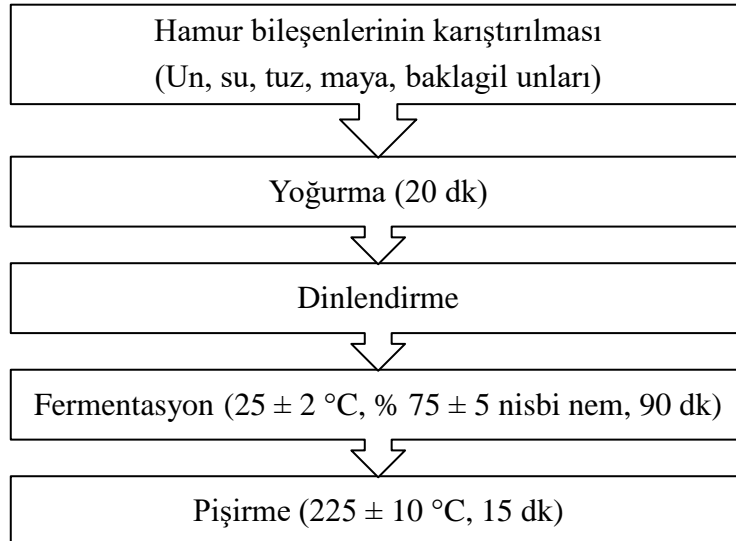
Un nitelikleri ve baklagil unu ilavesinin ekstensograf değerleri (sabit deformasyondaki direnç, maksimum direnç, uzama, enerji, oran) üzerindeki etkileri, AACC (1997) Metot 54-10.01’e göre belirlenmiştir. Çalışmada hamurların 45, 90 ve 135 dakika sonundaki ekstensograf değerleri tespit edilmiştir. Analizler 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Hamur örnekleri, cihazın hareketli mekanizmasına takılmıştır. Mekanizma hamuru uzatırken kopana kadar geçen sürede hamurlara ait ekstensograf grafikleri çizilmiş, karışımların uzama kabiliyetleri ve uzamaya karşı gösterdikleri dirençler tespit edilerek yorumlanmıştır. Şekil 3.10’da ekstensograf cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : Hamurlarda ekstensograf analizi.

3.2.2 Ekmek üretimi ve ekmekte yapılan analizler

Ekmek üretiminde temel proses; hammaddelerin karıştırılması, yoğurulması, hamurun dinlendirilmesi, şekil verme, fermentasyon ve pişirme şeklindedir. Şekil 3.11’de ekmek üretim aşamaları gösterilmiştir. Ekmek üretimi ekmek pişirme makinesi (Tefal) ile gerçekleştirilmiştir. Belirlenmiş oranlardaki hamur bileşenleri (un, su, tuz, maya, baklagil unları) ayrı bir kaptaki karıştırıldıktan sonra, ekmek yapma makinesinde yoğurma, dinlendirme, fermentasyon ve pişirme işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.9 : Ekmek üretim aşamaları.

Çalışmada kullanılan baklagil unları ve oranları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Çalışmada ekmeklik unlara farklı oranlarda (%5, %10, %15) fasulye unu, börülce unu, mercimek unu buğday unu ile karıştırılmış, diğer bileşenlerin de ilavesi ile ekmek hamurları hazırlanmıştır. Elde edilen hamurlar 20 dk yoğurma, 90 dk fermentasyon süresi sonunda, 225 °C’de 15 dk pişirilerek, ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Pişirilen ekmekler 4-6 saat bekletilerek soğutulmuştur. Ağırlık, hacim, yükseklik ölçümleri yapıldıktan sonra oda sıcaklığında kurutulmuş ve kuruduktan sonra parçalanarak un haline getirilmiş, homojen bir şekilde karıştırılıp, analizleri yapıncaya kadar ağzı kapalı cam kaplarda saklanmıştır.

Çizelge 3.1 : Ekmek üretiminde kullanılan baklagil unları ve oranları (%).

Örnek kodu	Baklagil unları			
	Fasulye unu	Börülce unu	Mercimek unu	Buğday unu
Kontrol	-	-	-	100
F5	5	-	-	95
F10	10	-	-	90
F15	15	-	-	85
B5	-	5	-	95
B10	-	10	-	90
B15	-	15	-	85
M5	-	-	5	95
M10	-	-	10	90
M15	-	-	15	85

3.2.2.1 Hamur pH ölçümü

Hamurlarda pH ölçümü 10 g hamur 10 mL saf su ile seyreltilerek (HANNA HI 2002) pH metre ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2 Spesifik hacim ölçümleri

Üretilen ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra ağırlık (g) ölçümleri yapılmış ve kolza tohumu ile yer değiştirme esasına dayanarak hacim (mL) değerleri belirlenmiştir. Elde edilen hacim değerlerinin ağırlığa oranlanmasıyla spesifik hacim (mL/g) değerleri bulunmuştur.

3.2.2.3 Ekmekte nem analizi

3.2.1.1.'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.4 Ekmekte kül analizi

3.2.1.2'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.5 Ekmekte yağ analizi

3.2.1.3'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.6 Ekmekte protein analizi

3.2.1.4'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.7 Ekmekte toplam diyet lifi analizi

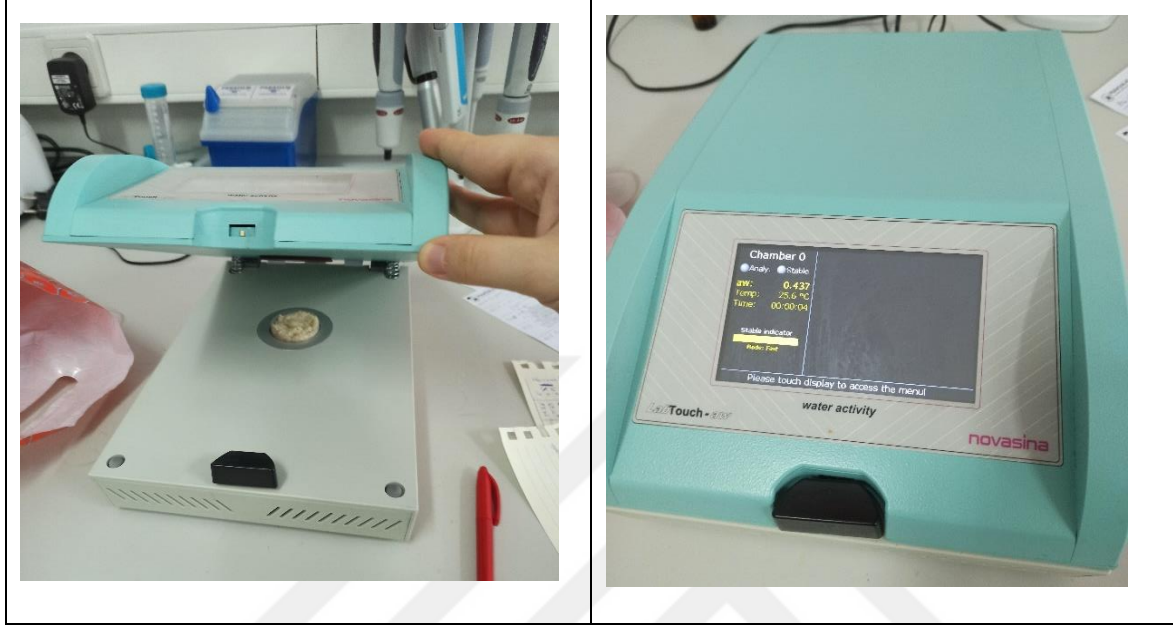
3.2.1.5'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.8 Ekmekte renk analizi

3.2.1.6'da belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.9 Ekmekte su aktivitesi (aw) analizi

Ekmek içerinden alınan örnekler su aktivitesi cihazı (Novasina LabTouch-aw)'na yerleştirilerek, su aktivitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.12'de örneklerde su aktivitesi ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Su aktivitesi lümü.

3.2.2.10 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

3.2.1.7'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.11 Fourier dönüşümü infrared (FTIR) spektroskopisi

3.2.1.8'de belirtilen yönteme göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.12 Ekmeklerde tekstür analizi

Ekmek rneklerinin tekstür profil analizi, bir Texture Analyzer cihazı (TAXt plus Texture Analyzer) kullanılarak J. Wang vd., (2002) tarafından belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmıştır. Silindirik bir prob kullanılarak ekmeğin merkezinden alınan 2 cm'lik örnekler 5 mm/s hızda, %50 oranında sıkıştırılmış ve örneklerle ait sertlik, yapışkanlık, elastikiyet ve koheziflik gibi parametreler belirlenmiştir. Şekil 3.13'de texture analyzer cihazı gösterilmiştir.



Şekil 3.11 : Texture analyzer cihazı.

3.2.2.13 Ekmeklerde duyusal analiz

Duyusal analiz J. Wang vd., (2002) tarafından belirtilen prosedüre uygun olarak yapılmış ve puanlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan değerlendirme formu Ek'de verilmiştir.

Ekmek örneklerinin tüketiciler tarafından beğenilirliğinin ölçülmesi, panelistler tarafından duyusal analizle değerlendirilmiştir. Değerlendirme yaşları 25-55 arasında değişen 6 kadın 4 erkekten oluşan eğitim düzeyleri en düşük lise mezunu olan 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Analiz için 10 farklı ekmek örneği kendi optimum pişme süresinde (dk) pişirilmiştir. Ekmeklerle birlikte panelistlere bir bardak su verilerek, panelistlerden tadımlar arasında su içmeleri istenmiştir. Panelistlerden, renk, tat-koku, lezzet, dilim sertliği, gözenek yapısı, tekstür, çiğnenebilirlik genel kabul edilebilirlik açısından; 1-5 arasındaki skala (1: en kötü, 5: en iyi) kullanarak, duyusal değerlendirme yapımları istenmiştir. Şekil 3.14'te ekmeklerin duyusal analiz aşamasındaki görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.12 : Ekmeklerde yapılan duyuşal analiz aşaması.

3.2.3. İstatistiksel analiz

Her deney iki paralelli olarak gerçekteşirilmiş ve sonuçlar ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Uygulamalar içinde ve arasındaki farklılıklar SPSS 25.0 kullanılarak One-Way ANOVA (tek yönlü varyans analizi) ile incelenmiş ve çoklu karşılaştırma amacıyla Duncan testi uygulanmıştır. Sonuçlar ($P < 0.05$) önem seviyesinde değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Buğday ve Baklagil Unlarının Fizikokimyasal Özellikleri

Ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday ve baklagil unlarının niteliklerini belirlemek için; nem, kül, yaş gluten, glüten indeksi, zeleni sedimantasyon ve toplam diyet lif içerikleri analizleri gerçekleştirilmiştir.

4.1.1 Unların bazı kimyasal özellikleri

Araştırmada kullanılan buğday unu ile fasulye unu, börülce unu, mercimek unlarının bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çalışmada en yüksek nem değeri, buğday ununda (%11,64) tespit edilirken en düşük değer, fasulye ununda (%7,30) tespit edilmiştir. Yeşil mercimek (%7,43), kırmızı mercimek (%7,31), börülce (%7,59) ve fasulye (%7,30) unu örneklerinde birbirine yakın değerler tespit edilmiştir. Baklagil unlarında tespit edilen nem değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P<0,05$). Farklı baklagil unlarının kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, nem oranını buğday ununda %12,40, fasulye ununda %11,20, yeşil mercimek ununda %12 ve kırmızı mercimek ununda %11 olarak tespit etmiştir (Türksoy, 2018). Bir başka çalışmada yeşil mercimek unu nemi %8,21, kırmızı mercimek unu nemi ise %8,29 olarak bildirilmiştir (Nilüfer Erdil & Gedik, 2018). Ramzy ve Putra (2019), tarafından yapılan bir çalışmada buğday ununun nemi %13,5 olarak tespit edilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada börülce nem değeri %7,4 olarak tespit edilmiştir (Sreerama ve diğ., 2012). Baklagil örneklerinde yaptıkları çalışmada baklagillerin nem ve lipid içeriklerinin sırasıyla %3,12–16,00, %0,04–1,40 arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Wani ve diğ., 2016).

28606 sayılı Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği’ne göre; ekmeklik buğday ununa ait nem değerinin en çok %14,5; kül değerinin kuru maddede en çok %0,8; sedimantasyonun en az 30 mL olması gerektiği belirtilmiştir (Anonim, 2013a). Buğday (kontrol) unu tebliğde belirtilen değerlerde tespit edilmiştir.

Rutubet miktarı hammaddelerin depolanması ve örneklerin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Çizelge 4.1 : Buğday unu ile fasulye unu, börülce unu, mercimek unlarının bazı kimyasal özellikleri.

Un çeşitleri	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nem (%)	TDF (%)
Buğday unu (Kontrol)	10,89±0,06 ^a	1,27±0,00 ^b	0,59±0,03 ^a	11,64±0,14 ^c	1,19 ± 1,24 ^a
Fasulye unu	19,90±0,56 ^{c,d}	1,72±0,00 ^c	4,31±0,03 ^e	7,30±0,21 ^b	29,68±1,53 ^d
Börülce unu	18,31±0,041 ^{b,c}	1,67±0,04 ^c	3,10±0,07 ^d	7,59±0,10 ^b	13,69±0,88 ^{b,c}
Yeşil mercimek unu	20,52±0,98 ^d	1,71±0,05 ^c	2,51±0,01 ^{b,c}	7,43±0,13 ^b	16,72±0,12 ^c
Kırmızı mercimek unu	17,46±0,04 ^b	0,90±0,02 ^a	2,29±0,04 ^b	7,31±0,07 ^b	10,55±1,64 ^b

*Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$).

TDF: Toplam diyet lif

Baklagil tohumları, proteince zengin kaynaklardır. Baklagiller uzun yıllardan beri yüksek protein içeriği ve içerdiği pek çok fonksiyonel bileşen nedeniyle besleyici değeri yüksek bir gıda olarak kabul edilmektedir.

Çalışmamızda, farklı baklagil unlarının protein oranlarının kontrole (buğday unu) göre önemli düzeyde farklılık gösterdiği görülmüştür ($P < 0.05$). Baklagil unlarında tespit edilen protein oranları en büyük değerden, en küçük değere doğru yeşil mercimek unu %20,52, fasulye unu %19,90, börülce unu %18,31, kırmızı mercimek unu %17,46 olarak belirlenmiştir. Mercimek; çeşide, çevre şartlarına ve yetiştirme tekniğine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, yüksek oranda (%25 - %30) protein ve karbonhidrat (%55 - %60) içeren hem iyi bir protein kaynağı, hem de yüksek protein kalitesinden dolayı önemli bir baklagil türüdür. İçerdiği esansiyel aminoasitler nedeniyle mercimeğin diyetlerde tahıllarla birlikte alınması besleyicilik özelliğini geliştirdiği bildirilmektedir (N. Wang, 2008). De Almeida Costa ve diğ. (2006), mercimek ile yaptıkları çalışmada protein değerini % 20,34, Chung ve diğ. (2008), yaptıkları çalışmada protein değerini kırmızı ve yeşil mercimek için %28,7-%31,5 aralığında bulmuşlardır. Kırmızı ve yeşil mercimek ile yapılan bir başka çalışmada mercimek unu için protein değeri % 24,39- %25,79 aralığında belirtilmiştir (Ma ve diğ, 2011).

Çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile uyumluluk göstermektedir. Baklagiller esas olarak albüminler, globülinler ve glutelinler gibi depo proteinlerinden oluşmaktadır. Globulinler ve bazı albüminler genellikle embriyo çimlenmesi için nitrojen kaynağı olarak kullanılmaktadırlar (Bessada vd., 2019).

Fasulye unlarındaki makro besinlerin fizikokimyasal, fonksiyonel özellikleri ve sindirilebilirliğinin araştırıldığı çalışmada, fasulye örneklerindeki protein oranlarının %20,18 ile %23,29 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Choe ve diğ., 2022).

Sarıoğlu ve Velioğlu (2018), baklagillerin bileşimi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, dermason fasulye ve yeşil mercimek unlarında protein değerlerini %21,75 ve %23,0 olarak tespit etmişlerdir. Tane boyutunun sarı bezelye, fasulye ve kırmızı mercimek unlarının un ve pişirme özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada protein içerikleri sırasıyla %24, %26 ve %27 olarak tespit edilmiştir ve baklagil katkısının, ekmekteki protein ve kül miktarını arttırdığı belirlenmiştir (Bourré, Dyck, ve diğ., 2019).

Çiğ ve pişmiş bezelye, fasulye, nohut ve mercimek baklagillerinin kimyasal bileşiminin, diyet lifi ve dirençli nişasta içeriklerinin araştırıldığı çalışmada, mercimek ve nohut örneklerinin diyet lif içerikleri %6,83 ve %9,88 olarak, protein içerikleri ise sırasıyla %20,6 - %23,44 ve %18,5 - %21,3 aralığında tespit edilmiştir (De Almeida Costa ve diğ., 2006). Börülce tohumlarının, diğer baklagillerle karşılaştırıldığında daha az miktarda yağ (%1), yüksek miktarda protein (%23-%32) ve yüksek miktarda karbonhidrat (%50-%60) içerdiği bildirilmiştir (Abebe & Alemayehu, 2022). Makarna formülasyonu için buğday / bakla (Vicia faba) un karışımlarının reolojik, fonksiyonel ve besleyici özelliklerinin incelendiği farklı bir çalışmada, bakla unu-buğday unu karışımlarından yapılan makarnaların mineral, protein ve lif içeriklerinin buğday unu örneklerindeki değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Giménez ve diğ., 2012). Buğday unu ve bakla unu karışımındaki bakla unu oranı arttıkça protein içeriği de artmaktadır. Buğday/bakla karışımının sadece protein içeriğini değil aynı zamanda diyet lifi oranını da büyük ölçüde artırdığı rapor edilmiştir. Ekmek üretiminde besinsel bir alternatif olarak mercimek filizinin kullanıldığı bir çalışmada, çimlendirilmiş mercimek ununun protein miktarı %23,51, yağ miktarı %8,61 ve kül miktarı %8,11 olarak yüksek oranlarda tespit edilmiştir (Dominguez-pacheco ve diğ., 2020).

Genel olarak çalışmada elde edilen sonuçlar literatür ile uyumludur. Baklagiller yüksek miktarda protein içeriğine sahip oldukları için iyi birer protein kaynaklarıdır. Tahıllarla kıyaslandığında iki kat daha fazla protein içermektedir. Yüksek protein içeriğinin nedeni köklerdeki azot (nitrojen) fiksasyonuna bağlanmaktadır. Kullanılmayan azot gazı amonyuma dönüşmekte ve protein sentezi için kullanım sağlanmaktadır. Baklagillerde protein içeriği; çeşit yetiştirildiği yer ve iklim koşullarına göre değişen bir parametredir. Belirlenen farklılıkların bu etkenlerle ilgili olduğu düşünülmektedir.

Yağ içerikleri açısından değerlendirmede fasulye unu, börülce unu ve yeşil mercimek unu yağ değerleri benzerlik göstermiştir. Kırmızı mercimek ununda yağ içeriği en düşük olarak tespit edilmiş olup, undaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,05$). Yapılan bir araştırmada, nohutun yağ bileşimi %6,69 mercimekteki yağ oranı ise %2,15 ve %2,36 olarak bildirilmiştir (De Almeida Costa ve diğ., 2006). Mısır ununa fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) ununun ilave edildiği bir çalışmada, nihai ekstrüdatın lipid içeriğinin %48-50 oranında azaldığı rapor edilmiştir (Sreerama ve diğ., 2012).

Genel olarak baklagillerin lipid içeriği düşüktür. Kurubaklagiller kolesterol içermez ve toplam yağ içeriği düşüktür. Baklagillerin çoğunda %1 ile %3 arasında değişmektedir (%5-%15 acı bakla ve %2-%7 nohut hariç). Baklagillerin daha düşük lipid içeriğine sahip olması, baklagil unlarının tahıl unu bazlı formülasyonlara dahil edildiğinde elde edilen ürünlerin daha düşük lipid içeriğine neden olmaktadır. J. Xu ve diğ. (2021), mercimeğin içeriği üzerinde yaptıkları çalışmada kullandıkları mercimek çeşitlerinin yağ içeriklerinin %1 ile %1,3 aralığında değiştiğini saptamışlardır. Elde edilen sonuçlar kırmızı mercimek için literatüre kıyasla daha düşüktür. Bu farklılığın iklimsel koşullardan veya varyete farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada tespit edilen en yüksek kül değerleri fasulye unu %4,31 ve ardından börülce unu %3,09 olarak değerlendirilmiştir. Kırmızı ve yeşil mercimek unlarında tespit edilen kül değerleri ise sırasıyla %2,29 ve %2,50'dir. Türksoy (2018), yaptığı çalışmada, kül miktarlarını fasulye ununda %3,9, kırmızı mercimek ununda %1,70, yeşil mercimek ununda %1,90 ve buğday ununda %0,60 olarak bildirmiştir. Başka bir çalışmada, iki farklı tür nohut unu ve mercimek ununda kül değerlerini incelemiş, mercimek ununda kül miktarı %2,61 olarak rapor edilmiştir (Zhao ve diğ., 2005).

De Almeida Costa ve diğ. (2006), çalışmalarında mercimek için % kül içeriğini %2,65-%2,95 aralığında, farklı bir çalışmada ise mercimek için % kül değer aralığı %2,27-%2,36 olarak belirlenmiştir (Ma vd., 2011).

Erdil ve Gedik (2018), yaptıkları çalışmada yeşil mercimek ununun kül miktarını %2,5, kırmızı mercimek ununun kül miktarını ise %2,26 olarak bulmuşlardır. Çalışma sonucu elde edilen kül değerleri ile araştırmacılar tarafından bulunan kül değerleri benzerlik göstermektedir.

Baklagiller mineraller; kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), potasyum (K), fosfor (P), bakır (Cu), demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) bakımından zengin besin öğeleridir (Gedik, 2016). Çalışmamızda, baklagil unlarındaki kül miktarının, buğday ununun kül miktarından fazla tespit edilmesi mineral miktarının fazla olmasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Baklagiller, yumru kökler, tahıllar vb. gibi diğer lif içeren bitkisel gıdalara kıyasla iyi bir diyet lifi kaynağıdır. Çalışma besinsel lif oranları açısından değerlendirildiğinde, en düşük değer buğday ununda %1,19 olarak, en yüksek değer fasulye ununda %29,68 olarak tespit edilmiştir. Börülce ununda %13,69, yeşil mercimek ununda %16,2, kırmızı mercimek ununda %10,55 olarak belirlenmiştir. Fasulye ununun besinsel lif miktarı, diğer baklagil unlarında tespit edilen değerlerden istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmuştur ($P<0.05$). Baklagillerde diyet lifi içeriğinin %13,1 ile %35,3 arasında değiştiği bildirilmiştir (Sreerama ve diğ., 2012).

Pirinç ununa fasulye unu eklenerek yapılan bir çalışmada, üründe toplam diyet lifi içeriğinin yedi kat oranında arttığı belirlenmiştir. Fasulye unundan ekstrüde atıştırmalıklar üretilen bir çalışmada diyet lifi içeriğinin, piyasada mevcut ticari olarak temin edilebilen ekstrüde mısır atıştırmalık ürünlerinden dört kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Sreerama ve diğ., 2012). Sarıoğlu ve Velioğlu (2018), baklagillerin bileşimi ile ilgili yaptıkları çalışmalarında, toplam diyet lifi değerlerini siyah fasulye, beyaz fasulye ve börülcede sırasıyla, %10,97-%48,1, %15,44, %45,4 olarak belirlemiştirlerdir. Farklı bir börülce çeşidinde (Carilla) ise bulunan oran %25,2 olarak rapor edilmiştir. Sarmento ve diğ. (2016), yaptıkları bir çalışmada fasulye lif oranını %27,2 olarak, protein oranını ise %17,7 olarak tespit etmişlerdir

Sánchez-Chino ve diğ. (2015), yaptıkları çalışmada fasulye ununda çözünmeyen diyet lifi içeriğini %32,85 olarak belirtmişlerdir.

Abebe ve Alemayehu (2022), börülcenin insan ve hayvan diyetinde besinsel kullanımını araştırdıkları çalışmalarında, toplam diyet lifi içeriğini %12,00-%14,80 olarak tespit etmişlerdir. Daha sürdürülebilir tarımsal gıda sistemi için yenilenmiş çok amaçlı bir ürün olarak tanımlanan börülcenin (*Vigna unguiculata* L. Walp) beslenme avantajlarının belirlendiği çalışmada, börülcedeki diyet lifi içeriğinin %16-%20 arasında değişmekte olduğunu bildirilmiştir (Gonçalves ve diğ., 2016).

Börülce yaprakları veya toprak üstü kısımları, özellikle suda çözünmeyen diyet lifi lignin, selüloz ve hemiselüloz bakımından yüksektir. Suda çözünen lifler su bağlama kapasitesinden dolayı viskoz çözeltiler oluşturmaktadır (Campos-Vega ve diğ., 2010). Börülce bitkisinin tohumunun %12,00 g ile %14,80 arasında toplam diyet lifi içeriğine sahip olduğunu bildirilmiştir (Fontenele ve diğ., 2012). Liu ve diğ. (2022), 3 farklı mercimek çeşidini araştırdıkları çalışmalarında toplam diyet lif içeriğini diğer baklagillerin içerdiği orana benzer oranlarda % 21,2–% 24,3 arasında tespit etmişlerdir. Mercimek, yüksek oranlarda diyet lifi ve kompleks karbonhidratlar, vitaminler (özellikle kompleks B vitamini) ve mineraller (örneğin, kalsiyum, fosfor ve potasyum) ve ayrıca düşük oranda yağ içermektedir (Bessada ve diğ., 2019). Mercimek kullanılabilir protein içeriği yüksek diyet lifi içeriği ile sindirim sistemini destekleyici, içerdiği liflerinin prebiyotik özellikleri nedeniyle fonksiyonel bir ingrediven olarak kullanılmaktadır. Özellikle lif içeriği sayesinde kan şekerini düşürücü, kardiyovasküler hastalıklara, kansere karşı koruma, sindirim sistemini düzenleme gibi fonksiyonları rapor edilmektedir (N. Wang, 2008).

Çalışmada tespit edilen önemli düzeydeki besinsel lif içerikleri, sindirim sistemini destekleyici, kolesterol ve kandaki şeker oranını azaltıcı etkileri nedeniyle, baklagilleri oldukça önemli kılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ise baklagillerin kan basıncını düşürücü etkilerini ve antioksidan özelliklerini ortaya koymakta (Brummer ve diğ., 2015) olup, tüm bu sağlık etkileri baklagillerin yüksek diyet lifi içeriği %14-%30 ile ilişkilendirilmektedir (Tosh ve Yada, 2010).

4.1.2 Baklagil unlarının renk özellikleri

Bu tez çalışmasında incelenen baklagil unlarının renk özellikleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. L^* değeri siyah (0) ile beyaz (100) arasında değişen numune parlaklığını, a^* değeri kırmızı ile yeşil arasında değişen rengi ve b^* değeri ise maviden sarıya değişen rengi temsil etmektedir. Çalışmada baklagil unlarında yapılan renk ölçümlerinde L^* değeri 92,18 ile 91,83 arasında a^* değeri -0,12 ile -0,51 arasında tespit edilmiştir. b^* değeri, 0,89 ile 0,55 arasında ölçülmüştür. En yüksek L^* değeri buğday unu (92,18), fasulye unu (92,02), en düşük L^* değeri ise kırmızı mercimek ununda (91,83) tespit edilmiştir. a^* değerine göre kırmızı mercimek unu (-0,12), en yüksek değere sahiptir. b^* değerine göre sıralandığında en yüksek değer yeşil mercimek ununda (0,89) kaydedilmiştir.

Çizelge 4.2 : Baklagil unlarının renk özellikleri.

	L^*	a^*	b^*
Buğday Unu (Kontrol)	92,18±0,00 ^d	-050±0,00 ^{a,b}	0,60±0,00 ^c
Fasulye	92,02±92,18 ^c	-0,51±0,01 ^a	0,57±0,00 ^b
Börülce	91,99±0,00 ^{b,c}	-0,49±0,00 ^b	0,55±0,01 ^a
Yeşil Mercimek	91,98±0,04 ^b	-0,51±0,01 ^a	0,89±0,01 ^e
Kırmızı Mercimek	91,83±0,00 ^a	-0,12±0,01 ^d	0,81±0,00 ^d

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$). L^* : siyah (-) beyaz (+). a^* : yeşil (-) kırmızı (+). b^* : mavi (-) sarı (+).

İstatistiksel olarak değerler arasındaki fark anlamlıdır ($P < 0.05$). Tüketici kitlesinin geleneksel ekmek rengi algısına en uygun olan renk L^* değeri yüksek olan fasulye unudur. Yapılan bir çalışmada sarı bezelyede renk değerleri (L^* , a^* , b^*) sırasıyla, 75,9, 2,73, 38,9, fasulyede sırasıyla, 70,5, 2,37, 16,0 ve kırmızı mercimekte renk değerleri sırasıyla, 70,9, 18,2, 32,6 olarak bulunmuştur (Bourré, Dyck, ve diğ, 2019).

Çalışmamızda, kırmızı mercimek ununda a^* değerinin (kırmızı) en yüksek, yeşil mercimek ununda b^* değerinin (sarı) en yüksek ve fasulye ununun buğday unundan sonra en yüksek L^* değerine (beyaz) sahip olması, fasulye ununun geleneksel ekmek rengi algısına yakınlığı ispatlanmıştır.

Baklagil unlarının karışımı ile glutensiz bisküvi denemelerinin yapıldığı çalışmada, baklagil unlarının renk değerleri ölçüldüğünde parlaklık değeri (L^*) en düşük sonuç (0,70) nohut ununda tespit edilmiştir (Unemi, 2020).

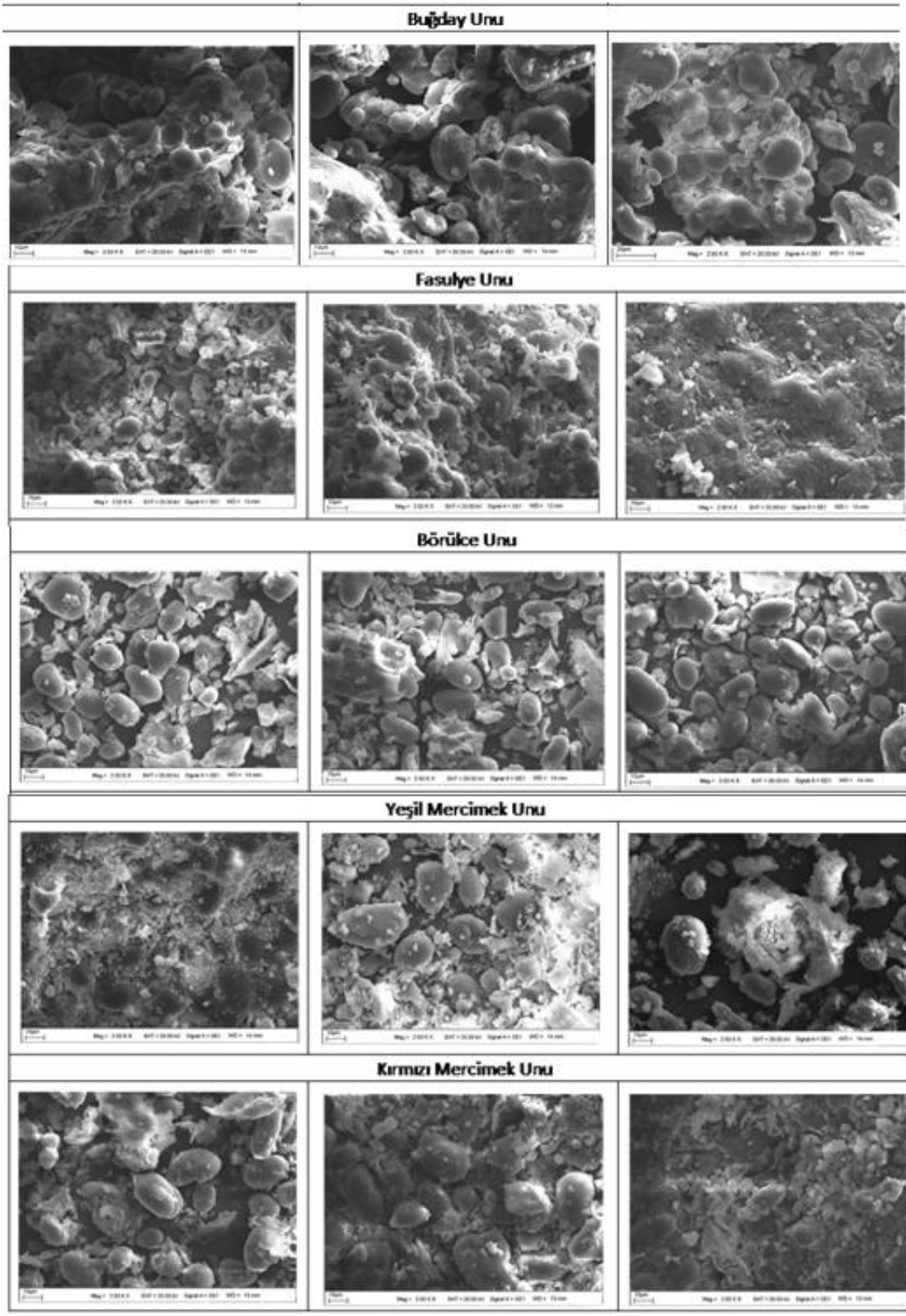
Bazı baklagillerin fenolik bileşimi, antioksidan kapasitesi ve renk değerlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, sarı bezelye çeşitleri arasında $+ b^*$ (sarılık) değerleri önemli farklılıklar ($P < 0.05$) oluşturmuş; bazı yeşil bezelye çeşitleri arasında $-a^*$ (yeşillik); mercimek çeşitleri arasında (kırmızılık ve yeşillik) anlamlı fark oluşturmuştur (Qualities, 2005).

4.1.3 Baklagil unlarının SEM görüntüleri

Baklagil unları ve buğday ununa ait SEM görüntüleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekiller incelendiğinde, buğday ununun yapısının baklagil unlarına göre daha düzenli ve sıkı olduğu görülmüştür. Bu sonuç baklagil unlarının tanecik boyutunun daha büyük olması ve lifli yapı içeriğinin yüksek olması gibi nedenlere bağlanmıştır. Boyutları sırasıyla 13–14 mm olarak ölçülmüştür. Dış kısmı kompakt bir yapı gösterirken, orta kısımda hücreler arası geniş boşluklarla gevşek bir şekilde paketlenmiş görüntüler gözlemlenmiştir.

Farklı baklagillerden elde edilen nişasta granüllerinin şekli yuvarlak veya küresel, oval veya düzensizdir. Granül şekillerinde çeşitlilik görülmektedir. Granüllerin boyutundaki değişiklik genetik kaynaklı olabileceği gibi mekanik küçültme işlemlerinin derecesindeki farklılıklardan da kaynaklanabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, garbanzo fasulyesinin kaba un fraksiyonundaki nişasta granüllerinin, protein matrisine gömüldüğü belirtilmiştir. Kotiledonun orta kısmından gelen un parçacıkları genellikle kaba un fraksiyonunununkinden çok daha küçüktür ve birçok serbest nişasta granülü içermektedir. Nişasta granüllerindeki derin çatlaklar, nişasta granülleri ile protein matrisi arasındaki güçlü ilişkinin göstergesidir. SEM görüntüleri küçük ve kırık granüllerin yanı sıra düzensiz şekilli çözünmeyen protein matrisi ve hücre duvarı materyallerini gösterir. Bozulmamış büyük nişasta granüllerinden daha düşük yoğunluğa sahip olan küçük ve kırık nişasta granülleri, fraksiyonlama işlemi sırasında lifli hücre duvarı malzemeleri ve protein kalıntıları ile birlikte tutulmaktadır (Otto ve diğ., 1997).



Şekil 4.1 : Buğday ve baklagil unlarının SEM görüntüleri.

Farklı baklagillerden elde edilen nişasta granüllerinin morfolojisi taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak belirlenmiş ve önemli farklılıklar ortaya çıkarmıştır. Yüzeyinde granülez, pürüzsüz ve pürüzlü alanlar tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, karakteristik olarak, bazı baklagil nişasta granüllerinin yivlere veya girintilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Granüllerin uzunluğu ve genişliği sırasıyla 6,0–60,0 mm ve 6,0–45,6 mm aralığında gösterilmiştir. Mercimek, bakla ve barbunyada nohut ve bakla ile karşılaştırıldığında daha küçük boyutlu nişasta granülleri rapor edilmiştir. (Wani ve diğ., 2016).

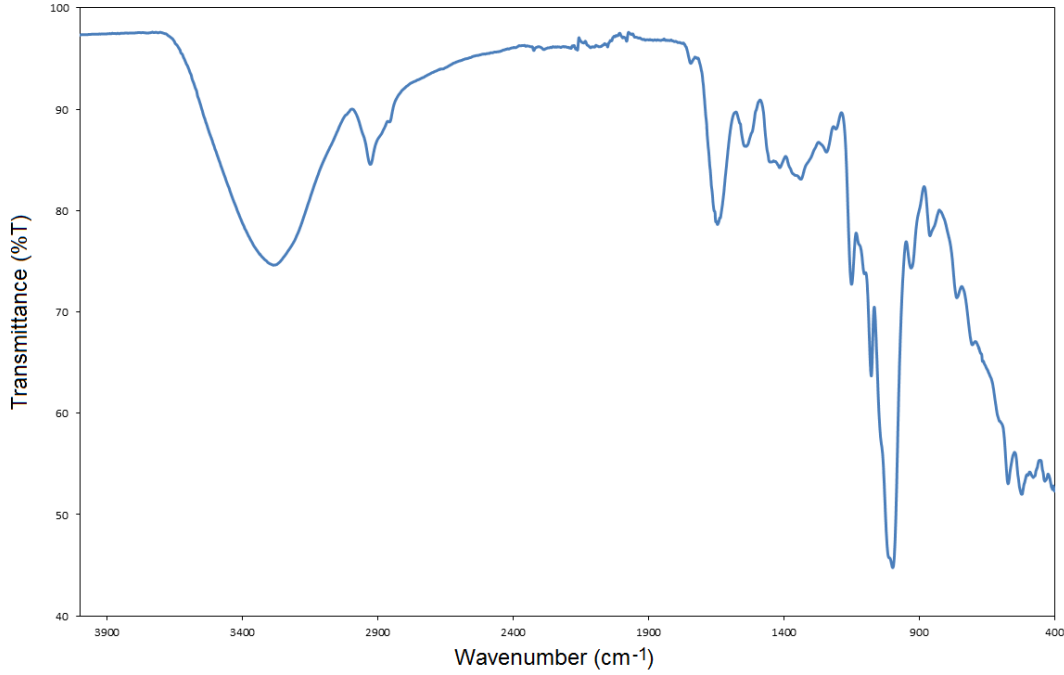
Bir çalışmaya göre doğal börülce nişastasının şekli oval, küresel granül şeklinde olduğunu ve önceki raporlarla tutarlı olarak pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Modifiye nişastanın mikro yapısı, blok şeklinde, kompakt, düzensiz, pürüzlü ve muntazam olmayan bir yapıya sahip olma eğilimindedir. Mikroskop ölçeğiyle ölçülen parçacık boyutu, doğal ve modifiye börülce nişastalarında sırasıyla 7,0-8,5 mm ve 10-130 mm aralığında olup. otoklavlama-soğutma, modifiye börülce nişastasının partikül boyutunu artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, amilozun nişastadan süzülmesine, ısıtma sırasında amilopektin kristal bölgesinin kaybına ve nişasta zincirlerinin granüller içinde yeniden birleşmesine atfedilmektedir (Ratnaningsih ve diğ., 2020).

Çalışmada, baklagil unları ile buğday ununun görüntüleri incelendiğinde, baklagil unlarının, buğday ununa göre daha pürüzlü, büyük granüllü olduğu, ek olarak yapısındaki ince uzun görüntülerin lif oranının fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Elde edilen sonuçlar, SEM'den elde edilen diğer çalışmaların sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

4.1.4 Baklagil unlarının FTIR analiz sonuçları

FTIR hızlı ve duyarlı ölçüm yapabilen önemli bir araç olduğu için belirli bir kritere göre buğday çeşitlerinin ve buğday yapısal bileşenlerinin tanımlanmasında rahatlıkla kullanılabilir. Çalışma kapsamında, un yapısının kimyasal yapı analizi FTIR spektroskopisi ile $400 - 4000 \text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında gerçekleştirilmiş olup, un yapısında bulunan protein, karbonhidrat ve lipit yapılarına ait pikler yorumlanmıştır. Şekil 4.2.'de buğday ununa ait FTIR spektrumu görülmektedir. Fonksiyonel grup olarak H ve OH bazında su için pikler 1640 cm^{-1} ve 3300 cm^{-1} aralığında gözlenmiştir. Protein yapılarından kaynaklı olarak, sırasıyla bağ amidi I ve amid II bazında 1600 cm^{-1} ile 1700 cm^{-1} ve 1550 cm^{-1} ile 1570 cm^{-1} aralığında tespit edilmiştir. Yağ da bu aralıklar içinde ancak C-H bağı temelinde

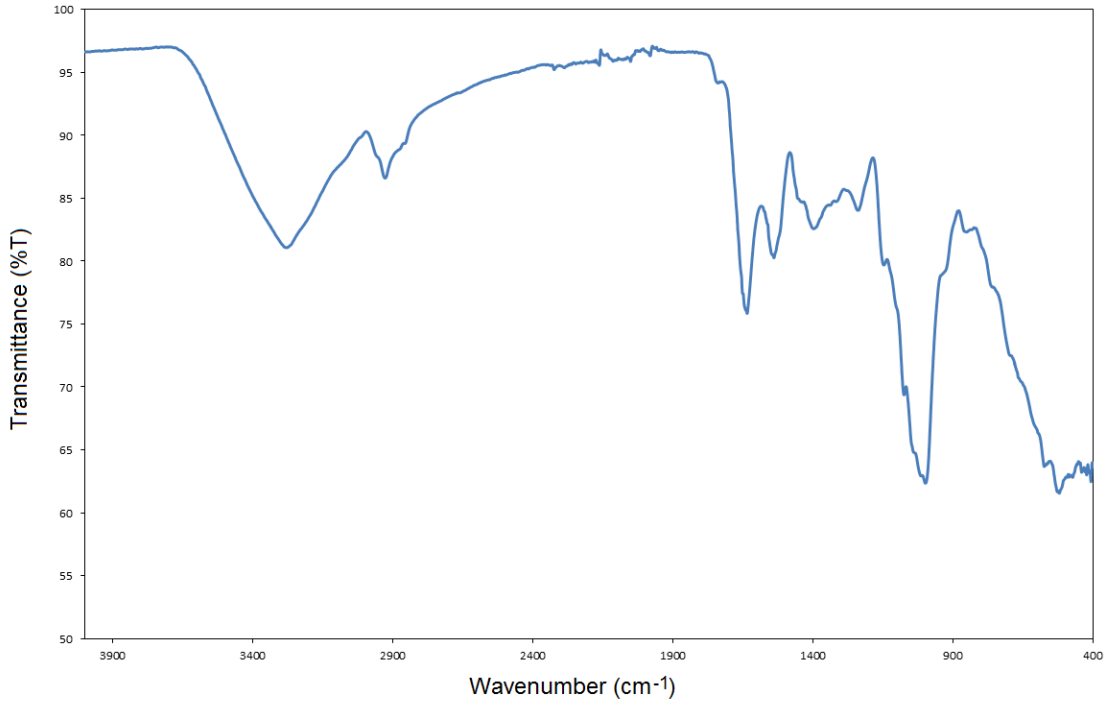
gözlenmiştir. Özellikle 620 cm^{-1} 'de C-H gruplarından kaynaklı piki ve 580 cm^{-1} 'deki C-H düzlem içi gerilme pikleri görülmektedir. Ayrıca nişasta 2800 cm^{-1} ve 3000 cm^{-1} (C-H gerilme bölgesi) ve 3000 cm^{-1} ve 3600 cm^{-1} (O-H gerilme bölgesi) aralığında belirlenmiştir. Yaklaşık 1810 cm^{-1} deki esterik C=O pik yapısı lipitlerden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.2 : Buğday unu FTIR spektrumu.

Fasulye unu örneklerine ait FTIR spektrumu şekil 4.3'de verilmiştir. Bu spektrumlarda 1670 cm^{-1} 'de un yapısındaki proteinlere ait amit I piki ve yine bu protein yapısındaki peptit bağlarından kaynaklanan 1570 cm^{-1} 'de amid II carbonil piki görülmektedir. Protein yapısındaki peptit bağlarındaki C-N bağına ait gerilme titreşimi 1450 cm^{-1} 'de görülmektedir. Fasulye unu yapısındaki proteinlerin N-H gruplarından kaynaklanan hidrojen bağı gerilme titreşimi $3000 - 3300\text{ cm}^{-1}$ 'de zayıf bir bant piki vermektedir. Fasulye unu yapısındaki karbonhidratlardan kaynaklı olarak $1000 - 1100\text{ cm}^{-1}$ aralığında C-O gerilme titreşimi görülmektedir. Ayrıca bu pik yapısı üzerinde yer alan ve 1112 cm^{-1} 'de C-O-C keskin piki görülmektedir. Yaklaşık 550 cm^{-1} 'de alifatik C-H düzlem içi gerilme piki un yapısındaki karbon hidrat ve protein üzerindeki CH_2 ve CH gruplarından kaynaklanmaktadır. Benzer grupların gerilme titreşimi ise $2850 - 2920\text{ cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilme titreşim piki olarak görülmektedir.

Tüm bu FTIR spektrum yapısı fasulye unu yapısının büyük oranda klasik buğday ununa benzediği ancak protein oranının buğday ununa göre fazla olduğunu göstermektedir.

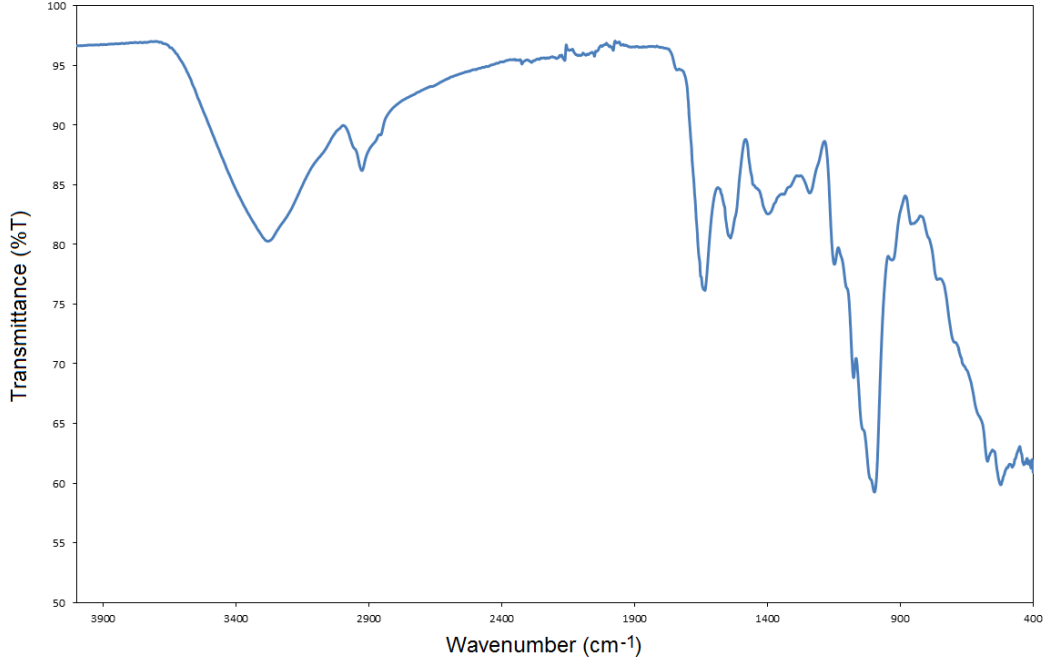


Şekil 4.3 : Fasulye unu FTIR spektrumu.

Börülce unu örneklerine ait FTIR spektrumu Şekil 4.4'de verilmiştir. Bu spektrumda yoğun olarak protein yapılarına ait pikler görülmektedir. Özellikle 1680 cm^{-1} ve 1570 cm^{-1} dalga sayısı değerlerinde amit yapısına ait amit I ve amit II pikleri görülmektedir. 1440 cm^{-1} 'de C-N gerilme titreşimi görülmektedir. $3300\text{-}3630\text{ cm}^{-1}$ 'de -OH gruplarına ait hidrojen bağı gerilme bant piki ve $3000\text{-}3300\text{ cm}^{-1}$ aralığında N-H gruplarına ait H bağı gerilme bandı görülmektedir. Bu bant görünümündeki pikler yapıdaki serbest nemden kaynaklı olarak klasik un piklerine göre daha geniş olarak görülmektedir. 1550 cm^{-1} 'de C-C gerilme piki görülmektedir. Börülce un yapısındaki karbohidrat gruplarından kaynaklı eterik gerilme piki ve C-O piki sırası ile 1100 cm^{-1} ve 980 cm^{-1} 'de belirgin olarak görülmektedir.

$2830\text{-}2970\text{ cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilme titreşim piki hem protein yapılarından hem de karbohidrat yapılarından kaynaklı olarak görülmektedir. Her iki yapıdan kaynaklanan bir diğer pik ise 580 cm^{-1} 'deki alifatik C-H düzlem içi gerilme pikidir. 1810 cm^{-1} 'de esterik C=O pik yapısı lipitlerden kaynaklanmaktadır. Tüm bu FTIR yapısı börülce unu yapısının büyük oranda

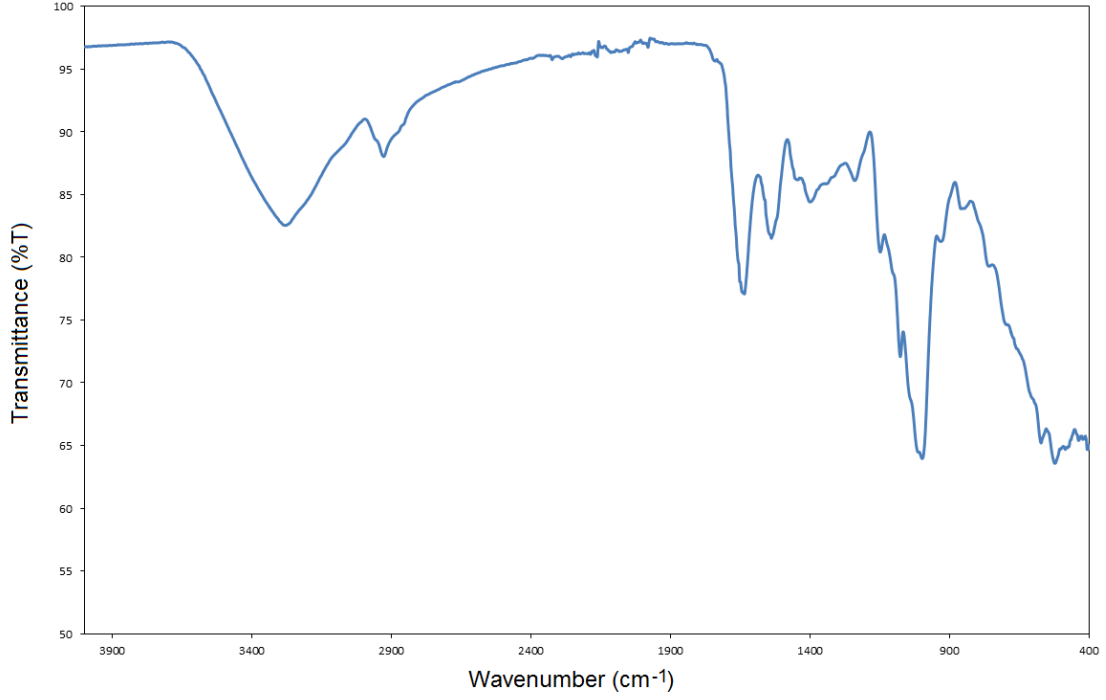
protein kaynaklı olduğunu ancak yapıda belirgin miktarda karbonhidrat bulunduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4 : Börülce unu FTIR spektrumu.

Çalışma kapsamında yeşil ve kırmızı mercimek uygun boyutlarda öğütülerek un formuna getirilmiştir. Bu un yapılarından kırmızı mercimek yapısına ait olan FTIR spektrumu Şekil 4.5 'de verilmiştir. Bu spektrum üzerinde buğday unu yapısında bulunan serbest –OH gruplarına ait pikler, protein yapısı amit I ve amit II karbonil pikleri ve eterik gerilme pikleri görülmektedir. Bu pik yapılarından Serbest hidroksil grupları 3650 ve 3284 cm^{-1} arasında hidrojen bağı piki vermektedir. Protein yapılarının N-H grupları nedeni ile oluşan hidrojen bağları ise 3250 - 3000 cm^{-1} 'de bir omuz piki olarak görülmektedir. İkinci ve üçüncü belirgin pikler 2800 ve 2950 cm^{-1} arasındadır ve bu pikler alifatik C-H gerilme pikleridir. Önemli bir diğer pik yapısında ise yaklaşık 1680 cm^{-1} 'deki amit karbonili (amit I) pikidir. Diğer amit piki 1580 cm^{-1} dedir. bu pik sıklıkla amid II protein gruplarıyla özdeşmiş olan amit karbonil (C=O) pikidir. Şekil 4.4'deki 1300 ve 1430 cm^{-1} arasında görünen bantlar, C=O açısız deformasyonlarından kaynaklanmaktadır.

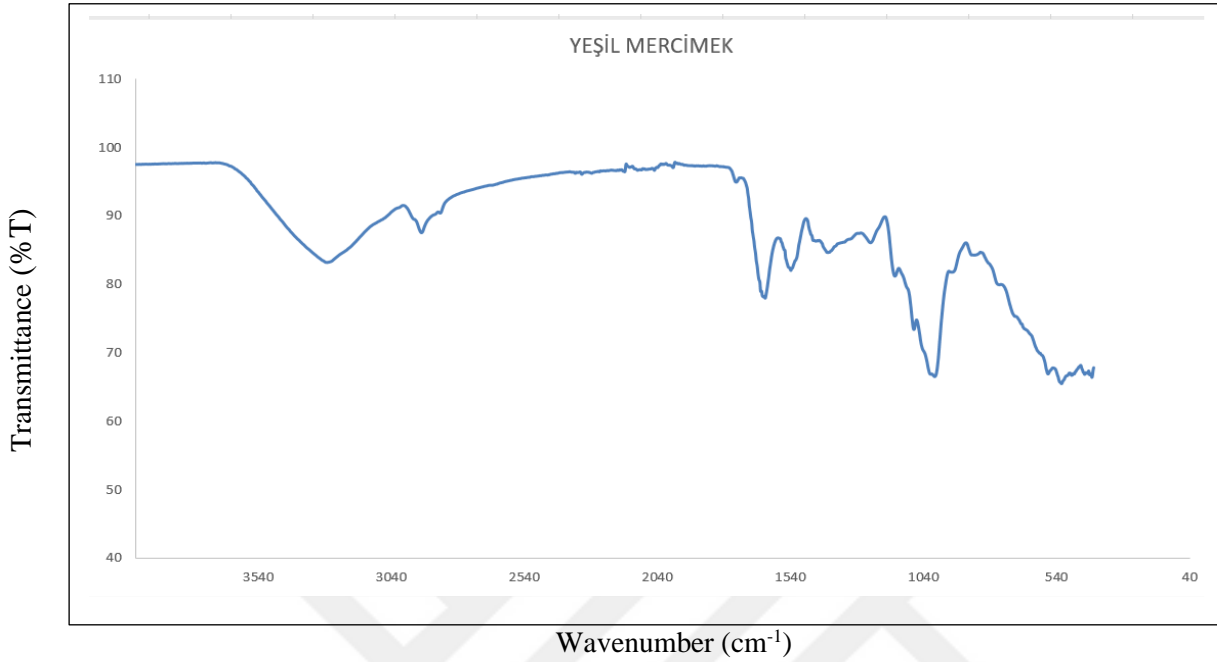
1456 cm^{-1} 'de tanımlanan bant ise amit bağı C-N pikidir. Özellikle, 925 cm^{-1} 'de gözlemlenen bantlar, nişasta yapısındaki içindeki glikosidik bağlara atfedilmiştir. 670 cm^{-1} civarındaki bant ise alifatik C-H pikinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.5 : Kırmızı mercimek unu FTIR spektrumu.

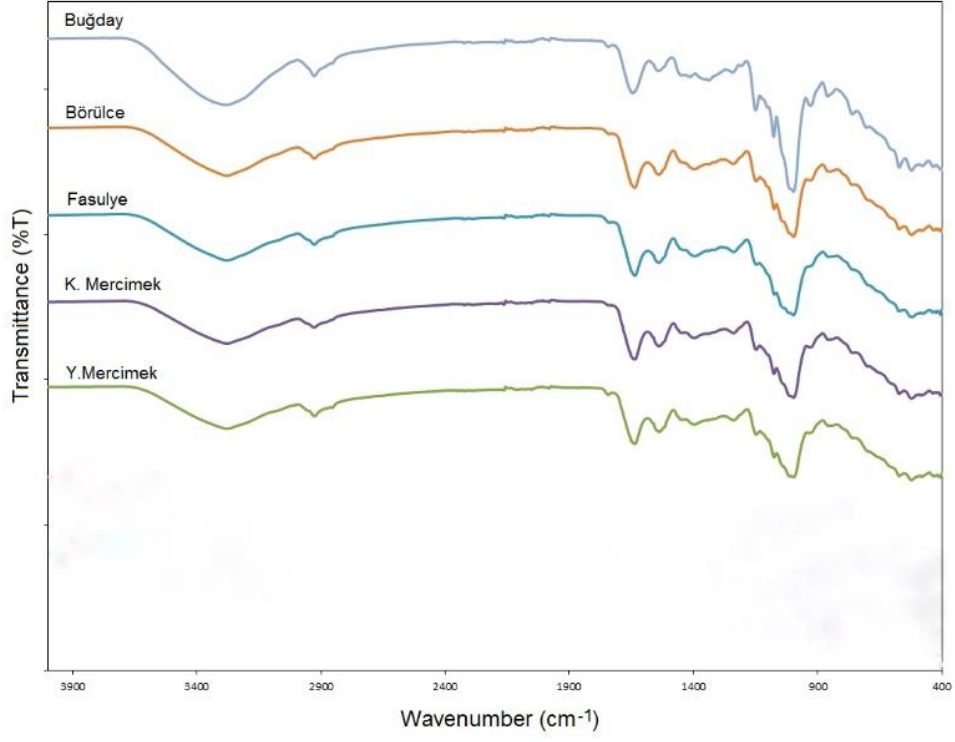
Şekil 4.6'de yeşil mercimek yapısından elde edilen un örneklerinden elde edilen FTIR spektrumu görülmektedir. Yeşil mercimek unu örneklerine ait FTIR spektrumunda özellikle yapıda bulunan nişasta ve proteinlere ait pikler görülmektedir. Bu piklerden 3300-3600 cm^{-1} 'de görülen serbest -OH gruplarına ait hidrojen bağı gerilme piki protein ve karbonhidrat yapılarından kaynaklanmaktadır. Bu pik yapısı karbonhidrat yapılarındaki hegzoz üniteleri üzerinde yer alan -OH gruplarından ve proteinlerdeki trozin, serin glutamik asit gibi amino asitlerden kaynaklanmaktadır. 2850-2950 cm^{-1} ' arasındaki piklerde alifatik C-H gerilme pikidir. Ayrıca nişasta yapısındaki ünitelerin bağlanma noktasındaki C-O-C eterik gerilme piki şiddetli bir pik olarak 1110 cm^{-1} 'de görülmektedir. C-O pik yapısı ise geniş ve şiddetli bir pik olarak 1000-1100 cm^{-1} 'de tespit edilmiştir. 1470 cm^{-1} 'de C-OH piki, 1440 cm^{-1} 'de amit bağı C-N piki ve 570 cm^{-1} 'de alifatik C-H düzlem içi gerilme piki görülmektedir. Yaklaşık 1560 cm^{-1} 'de C-C gerilme piki görülmektedir. 1815 cm^{-1} deki düşük şiddetli esterik karbonil pik yapısı lipidlerden kaynaklanmaktadır. Tüm bu FTIR pik yapısı yeşil mercimek unu yapısının büyük

oranda kırmızı mercimek un yapısına benzediğini göstermektedir. Mercimek unu yapısının büyük oranda karbonhidrat yapısında olduğu ve protein oranının kırmızı mercimekte ve yeşil mercimek ununda karbonhidrat yapısına göre oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 : Yeşil mercimek unu FTIR spektrumu.

Genel olarak bir değerlendirme yapılacak olursa tüm un numunelerinin FTIR spektrumlarında benzer pik yapıları göze çarpmaktadır. Özellikle 3300-3600, ~2900, ~1150 ve 1000-1100 civarında absorpsiyon bandının varlığı nişasta ve karbonhidrat yapılarından kaynaklanmaktadır ve bu pikler numunelerin -OH, C-H, C-O-C ve C-O fonksiyonel grubuna sahip olduğunu göstermektedir. Bu yapılar ek olarak protein grupları genellikle 1680 cm⁻¹, 1570 cm⁻¹ ve 1440 cm⁻¹'de pikler vermiştir. Bu pikler un numunelerinin amit I, amit II karbonil grupları ve C-N bağları içerdiğini göstermektedir. Ek olarak, nişasta üzerindeki karakteristik C-O-C halka titreşimi, 700-900 cm⁻¹ civarında bir absorpsiyon zirvesine yol açmaktadır. OH grubuyla ilişkili C-O bükülmesi, 1648 cm⁻¹ civarında bir absorpsiyon zirvesine neden olmuştur. Ayrıca, 1415 cm⁻¹'deki absorpsiyon zirvesi, CH₂OH parçasının C-H simetrik makaslama hareketinin varlığını göstermektedir. Bu ölçüm sonuçlarına göre buğday unu yapısındaki karbonhidrat miktarı protein miktarına göre oldukça fazladır. Fasulye, mercimek, börülce yapılarında ise protein miktarı artmaktadır. Bir oranlama yapılırsa, bu numunelerde yaklaşık %20 protein ve %70 civarında karbonhidrat bulunmaktadır. Buğday ununda bu oran %10 protein ve yaklaşık %75 karbonhidrat olarak görülmüştür.



Şekil 4.7 : Buğday, börülce, fasulye, kırmızı mercimek ve yeşil mercimek unlarına ait FTIR spektrumları.

Çizelge 4.3’de çalışmada kullanılan baklagil unları ile buğday ununun pik değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 : Baklagil unları ve buğday ununun pik değerleri.

Spektrum Çeşidi	Buğday	Fasulye	Börülce	Yeşil mercimek	Kırmızı mercimek
O-H gerilmesi	3000-3600	3000-3530	3000-3500	3000-3500	3000-3550
Alifatik C-H gerilimi	2850-2950	650	2850-2930	2800-2950	2900
Amide I (C=O gerilme) titreşimi	1650	1650	1650	1650	1656
Amide II (C-N ve N-H gerilme) titreşimi	1548	1545	1545	1550	1580
Eterik C-O-C gerilme titreşimi	1000-1100	950-1050	900-1100	1000-1100	1000-1100
C-O gerilme titreşimleri	1200	1210	1200	1200	1212
C-C gerilme titreşimi	1380	1385	1385	1390	1380
C- N gerilme titreşimi	1440	1444	1442	1440	1440
Düzlem dışı C-H bükülme gerilimi	860	855	858	856	850
Esterik C=O gerilme titreşimi	1750	1747	1749	1750	1750

Buğday ununda, 3 temel pik yapısı net olarak görülmektedir.

- 3000-3600 cm^{-1} aralığında serbest OH gruplarına ait, hem yapısal nemden hem de yüzey hidroksillerinden kaynaklı olan pikler
- Ana protein yapısını gösteren pikler Amid I ve Amid II pikler
- Yapıdaki karbonhidratları gösteren pikler

Protein yapısındaki pikler; 1650 cm^{-1} amid I piki, özellikle amid yapılarındaki karbonil gerilme titreşimleri, 1548 cm^{-1} civarında Amid II piki görülmektedir.

Karbonhidrat yapılarından kaynaklı olarak yaklaşık 1000-1100 cm^{-1} aralığında görülen geniş ve şiddetli bir pik, eterik gerilme titreşiminden kaynaklanmaktadır. Diğer pikler ise ana yapıda bulunan küçük moleküler gruplardan kaynaklanmaktadır. Örneğin 2850 - 2950 cm^{-1} aralığında alifatik CH gerilme titreşimleri görülmektedir. 1380 cm^{-1} de C-C gerilme titreşimleri, 1440 cm^{-1} de C-N gerilme titreşimleri tespit edilmiştir. C-O gerilme titreşimler 1200 cm^{-1} ince bir pik olarak göze çarpmaktadır. Özellikle 860 cm^{-1} de alifatik düzlem dışı C-H bükülme titreşimleri net bir şekilde görülmektedir.

Fasulye protein izolatlarının konformasyonel değişiklikleri FTIR analizi ile araştırıldığında, FTIR'deki amid I bandının (1600–1700 cm^{-1}) spektrumları protein sekonder yapılarındaki değişikliklere duyarlı olduğu, 1610–1638 cm^{-1} , β -sarmalına ait olduğu, 1638–1648 cm^{-1} , serbest sarmala ait olduğu, 1649–1660 cm^{-1} , α -sarmalına ait olduğunu tespit etmişlerdir (He vd., 2020).

Fasulye ununda yapıdaki alifatik düzlem dışı C-H bükülme titreşimi 855 cm^{-1} civarındadır. Yapıdaki C-O-C eterik gerilme 950-1050 cm^{-1} civarında titreşimleri geniş bir bant halinde görülmektedir. C-O gerilme titreşimi 1210 cm^{-1} de, C-C gerilme titreşimi 1385 cm^{-1} de belirlenmiştir. Yapıdaki protein grupları Amid I piki, 1650 cm^{-1} ve Amid II pikleri 1545 cm^{-1} de net bir şekilde göze çarpmaktadır. Alifatik gerilme titreşimi 2850-2930 cm^{-1} de zayıf bir pik olarak tespit edilmiştir. Fasulye unu yapısındaki serbest OH grupları nem piki olarak, yaklaşık 3000-3530 cm^{-1} civarı olarak belirlenmiştir. Yapısal olarak börülce ununa oldukça benzemektedir.

Börülce ununda yaklaşık 900-1100 cm^{-1} aralığında yapıdaki karbonhidrat gruplarından kaynaklı eterik gerilme titreşimi tespit edilmiştir. 1200 cm^{-1} civarında küçük bir omuz piki halinde C-O piki mevcuttur. 1385 cm^{-1} civarında C-C gerilme titreşimleri belirlenmiştir. Yapıdaki proteinlerden kaynaklı olarak Amid I ve Amid II pikleri 1650-1545 cm^{-1} civarındadır. Alifatik C-H gerilme titreşimleri 2850-2930 cm^{-1} civarında belirlenmiştir. Yapıdaki nemden kaynaklı gerilme titreşimi özellikle OH gerilme titreşimleri 3000-3500 cm^{-1} de geniş bir bant halinde tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, çalışmamıza benzer olarak, börülce nişastasının O-H gerilmesini, 3338 ile 3436 arasında, $-\text{CH}_2$ gerilimini 2360 ile 2933 arasında, C-O ve C-O-C gerilmelerini 927 olarak tespit edilmiştir (Ratnaningsih ve diğ, 2020).

Yeşil mercimek, kırmızı mercimek ve börülce yapılarında protein pikleri çok daha belirgin ve şiddetli olarak tespit edilmiştir. 1650 cm^{-1} de Amid I, 1550 cm^{-1} civarında Amid II piki ve 1440 cm^{-1} de C-N gerilme titreşimleri çok belirgin olarak görülmektedir. Her un numunesinde belirgin olarak C-O-C gerilme titreşimleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler tüm yapıdaki belirgin karbonhidrat yapısını doğrulamaktadır.

Yapısal olarak buğday unu çok daha nemli, serbest OH pikleri çok daha belirgin olarak tespit edilmiştir. Özellikle börülce, fasulye ve yeşil mercimekte serbest OH piklerinin çok daha zayıf olduğu, yeşil mercimekte 1748 cm^{-1} de esterik C=O pikleri de çok zayıf da olsa belirgin olduğu gözlenmiştir.

Yeşil mercimek ununda, kırmızı mercimeğe benzer bir spektrum sergilenmekte olduğu tespit edilmiştir. 1550 cm^{-1} de Amid II piki, 1650 cm^{-1} Amid I piki ve yapıdaki proteinler görülmektedir. Karbonhidrat yapısından kaynaklı olarak $1000-1100\text{ cm}^{-1}$ de geniş bir eterik gerilme titreşimleri belirlenmiştir. 1200 cm^{-1} C-O gerilme titreşimi görülmektedir. 1440 cm^{-1} de C-N piki, 1390 cm^{-1} C-C gerilme titreşimi, Alifatik C-H gerilme titreşimi $2800-2950\text{ cm}^{-1}$ görülmektedir.

Kırmızı mercimek ununda, yapıdaki proteinler $1650-1580\text{ cm}^{-1}$ deki karbonil gerilme titreşimleri görülmektedir. Bunlar 1380 cm^{-1} de C-C gerilme titreşimi, ve 1440 cm^{-1} C-N gerilme titreşimleri halindedir. Alifatik C-H gerilme titreşimleri 2900 cm^{-1} civarında, zayıf bir pik olarak göze çarpmaktadır. Simetrik C-H gerilme piki 1530 cm^{-1} de tespit edilmiştir. Yapıdaki nemden kaynaklı serbest OH grupları ise $3000-3550\text{ cm}^{-1}$ de belirlenmiştir.

Farklı işleme tekniklerine tabi tutulan mercimek tohumlarından izole edilen dirençli nişastanın yapısal karakterizasyonunun araştırıldığı bir çalışmada, FTIR spektrumundaki dört bölgenin karakteristik bantları, $800-1500\text{ cm}^{-1}$ (parmak izi bölgesi), $2800-3000\text{ cm}^{-1}$ (C-H gerilme bölgeleri) ve $3000-3600\text{ cm}^{-1}$ (O-H gerilme bölgesi). C-C, C-OH ve C-H gerilme titreşimini yansıtan 800 cm^{-1} 'den 1200 cm^{-1} 'e absorpsiyon yoğunluğu tespit edilmiştir. Ayrıca 2930 cm^{-1} 'de (C-H₂ gerilmesi) absorpsiyon yoğunluğu ve 3288 cm^{-1} 'deki geniş tepe noktasının yoğunluğu (komşu gruplar arasındaki hidroksil gruplarının titreşimsel gerilmeleri) tespit edilmiştir (Ma ve diğ, 2018).

Carbonaro ve diğ. (2008), bileşenler hakkında tutarlı bilgi elde etmek için amid I bandının farklı sistemlerde ölçülen tüm spektrumları aynı prosedürle analiz etmiştir. Sonuca göre, 1000–1750 cm^{-1} spektral bölgedeki globulinin spektrumunu göstermektedir. Ana spektral özellikler, 1100, 1420, 1520 ve 1660 cm^{-1} civarında ortalanmış dört yoğun banttandır oluşmaktadır ve 1100 cm^{-1} civarındaki yoğun absorpsiyon bandı belirtilmiştir. 1100 cm^{-1} civarındaki yoğun absorpsiyon bandı, C–O ve C–C gerilmesine, ayrıca CCH, HCO deformasyon titreşimlerine ve COH'ye atfedilebilir. 1420 cm^{-1} absorpsiyon gösteren bant (B bandı), C–H bükülme bölgesine düşmektedir ve CH_2 işlevsel gruplarının deformasyonel titreşimlerinden kaynaklanır.

Son olarak, 1520 ve 1660 cm^{-1} civarındaki bantlar sırasıyla N–H bükülmesine (amid II) ve C–O gerilmesine (amid I) bağlıdır. 1240 cm^{-1} civarında tespit edilen düşük yoğunluklu bant, zıt fazlı N–H bükülmesine (amid III) bağlanabilir (Carbonaro ve diğ, 2008).

4.1.5 Baklagil unlarının element analiz sonuçları

Çalışmada baklagil unlarında tespit edilen elementler ve element değerleri çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Baklagillerin element değerleri.

Un	%C	%H	%N	%S
Buğday	39.34	7.284	1.736	0.109
Fasulye	38.91	5.995	3.675	0.178
Börülce	40.81	6.661	3.595	0.160
Yeşil mercimek	40.58	6.536	3.721	0.143
Kırmızı mercimek	40.93	6.515	4.279	0.161

Baklagil unlarındaki element analizi sonuçlarına göre, azot oranı baklagillerde (börülce, fasulye, yeşil ve kırmızı mercimekte) buğday unundan fazla miktarda tespit edilmiştir. Atmosferde bol miktarda bulunan azot elementinin amonyum formlarına indirgenerek yararlı hale geçmesine azot fiksasyonu denir. *Rhizobium spp.* bakterileri konak seçici olup, *Leguminosae* (Baklagiller) familyasındaki bitkilerle birlikte bulunur ve bu bitkilerin köklerinde nodüller oluşturarak azot fiksasyonunu gerçekleştirmektedirler. Proteinlerin yapısına katılması sebebi ile baklagillerde azot oranı oldukça fazladır (Ardley ve Sprent, 2021).

Diğer bitkilerde olduğu gibi baklagillerde de kükürt noksanlığı bitki büyümesini, fotosentezi ve verimi düşürmektedir. Nodül içeren baklagillerin kükürte daha fazla ihtiyacı vardır. Yüksek kükürt ihtiyacına sahip baklagiller daha yüksek N₂ fiksasyonu oranları gösterir ve bunun tersine, kükürtten fakir topraklarda yetişen baklagiller daha düşük nitrojenaz aktivitesine sahiptir ve verimi, nitrojen içeriğini artırarak kükürtlü gübrelerden almaktadır (Becana ve diğ., 2018). Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında, börülce yaprakları (hava kısımları), tam tahıl ve pişmemiş tohumlar çok miktarda potasyum, kalsiyum, magnezyum ve fosfor sağlar. Az miktarda demir, sodyum, çinko ve selenyum bulunur (Abebe & Alemayehu, 2022). Genel olarak, tüm baklagil depolama proteinleri, kükürt içeren amino asitler (metiyonin, sistein) ve triptofan açısından nispeten düşüktür, ancak lizin, lösin, aspartik asit, glutamik asit ve arginin açısından yüksektir. Tahılların, kükürt içeren amino asitler ve triptofan açısından zengin diğer yiyeceklerle birlikte tüketilmesi tavsiye edilmektedir (Foschia ve diğ., 2017).

Tüm canlıların yapısında, sudan sonra en çok bulunan temel yapı maddeleri proteinlerdir. Proteinlerin yapıları karbon, hidrojen, oksijen elementlerinin yanı sıra azot elementinden oluşur. Proteinlerde ayrıca kükürt, fosfor gibi elementler de bulunabilir. Baklagillerin ham protein içeriği genellikle %20'den fazladır ve çeşide göre değişmektedir (Ertaş ve diğ., 2014). Fasulyenin yapısında bulunan proteinler birçok protein karışımından oluşmuştur ve protein oranı yetiştirme koşulları ve genotipe bağlı olarak değişiklikler göstermektedir. Tanenin yapısındaki fosfor, potasyum, kalsiyum, kükürt, demir, çinko ve magnezyum oranları da genotipe bağlı olarak değişmektedir. Çeşitleri farklı fasulyelerdeki kükürt oranını 0,128 ile 0,171 arasında tespit etmiştir (Ülker, 2009).

Fizyolojik faaliyetlerin devamı için gerekli olan elementlerden karbon, hidrojen, oksijen, azot, fosfor, kalsiyum, magnezyum, kükürt, potasyum makro elementler; demir, bakır, çinko, bor, mangan ve molibden ise mikro elementler olarak bilinmektedir. Ancak bu bileşimleri özellikle bu ürünlerin yetiştirildiği bölgelerdeki toprakların yapısına, iklime ve gübreleme, sulama gibi tarımsal faaliyetlere göre değişkenlik göstermektedir.

4.1.6 Yaş gluten miktarı analizi ve sedimentasyon analizi sonuçları

Yaş gluten analizinde, baklagil unları ile çalışırken, içerisinde gluten barındırmadıkları için, hamurlar tuzlu su çözeltisiyle yıkanırken dağılmıştır ve ölçüm alınamamıştır.

Çizelge 4.5 : Baklagil unlarının gluten ve sedimentasyon değerleri

Un çeşidi	Gluten değeri	Sedimentasyon değeri
Buğday unu	%29	%33
Fasulye unu	%0	%5
Börülce unu	%0	%2
Yeşil mercimek unu	%0	%2
Kırmızı mercimek unu	%0	%2

Baklagiller gluten içermemektedir. Baklagiller başlıca protein, lif, vitamin ve mineral kaynağını temsil etmektedirler ve glutensiz ürünlere ilave edilerek, besin kalitelerini arttırmaktadır (Nasereddine ve diğ., 2017).

Buğday çeşitlerinin bazı kalite özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, farklı buğday çeşitlerinde gluten miktarları sırası ile %19,56 ile %36,17 arasında tespit edilirken, sedimentasyon değerlerinin %11,0 ile %40,00 arasında değiştiği belirlenmiştir (Sciences, 2020). Gluten miktarı un kalitesini belirlemede en önemli özelliklerden birisi olarak kabul edilmektedir. Hamurun yoğrulması sırasında ağ yapısı oluşturan gluten proteinleri, maya tarafından oluşturulan karbondioksitin tutulmasını ve hamurun kabarmasını sağlamaktadır. Yüksek gluten değeri gösteren buğdaylarda bu oranın %35'ten yukarı, iyi özellik gösteren buğdaylarda %28 - %35 arasında, orta derece olan buğdaylarda %20 - %27 arasında, düşük derece gluten bulunduran buğdaylarda ise % 20'den az olduğu belirtilmektedir (Sciences, 2020).

Baklagil unları, gluten içermeyen ürünlerin besin kalitesini artırmada kullanılan birer seçenektir. Tüm baklagiller proteinler, kompleks karbonhidratlar, lifler, mikro besinler ve antioksidan bileşikler bakımından zengindirler (Melini ve diğ., 2017).

Glutensiz ürünler genellikle besinsel (düşük protein ve lif ve yüksek yağ içeriği) ve fitokimyasal açıdan yetersiz olarak kabul edilmektedir. Beyaz pirincin (*Oryza sativa* L.) ekstrüde ürünlerin geliştirilmesi için kullanılabilecek alternatif bir kaynak olduğu bildirilmiştir (Arribas, Pereira, ve diğ., 2019). Baklagiller, besinsel açıdan zayıf olduğu bilinen pirince önemli bir alternatif sunarak, sağlıklı beslenmeyi desteklemektedir Dilrukshi ve diğ. (2022),

sağlıklı ve glutensiz ekstrüde ürün geliştirmek amacıyla farklı oranlarda pirinç ve börülce içeren atıştırılabilirler için farklı formülasyonlar geliştirmiştir (Dilrukshi ve diğ., 2022).

Globulinler (tuzlu su çözeltilerinde çözünür), baklagillerdeki toplam proteinin yaklaşık % 70 'ini temsil etmekte albuminler (suda çözünür) %10 - 20'sini oluşturmaktadır. Bakliyalarda bulunan diğer küçük proteinler arasında glutelinler (seyreltik asit veya alkali deterjanlarda çözünür) ve prolaminler (etanol-su çözeltilerinde çözünür) bulunmaktadır. Gluten tarafından geliştirilen özel ağ yapısı, gluteninler ve gliadinlerden oluşan prolaminlerin varlığından kaynaklanmaktadır. Özellikle gliadinler, hamur viskozitesine ve uzayabilirliğine katkıda bulunur. Gluteninler, hamurun yapışkanlığını ve elastikiyetini sağlamaktadır (Foschia ve diğ., 2017).

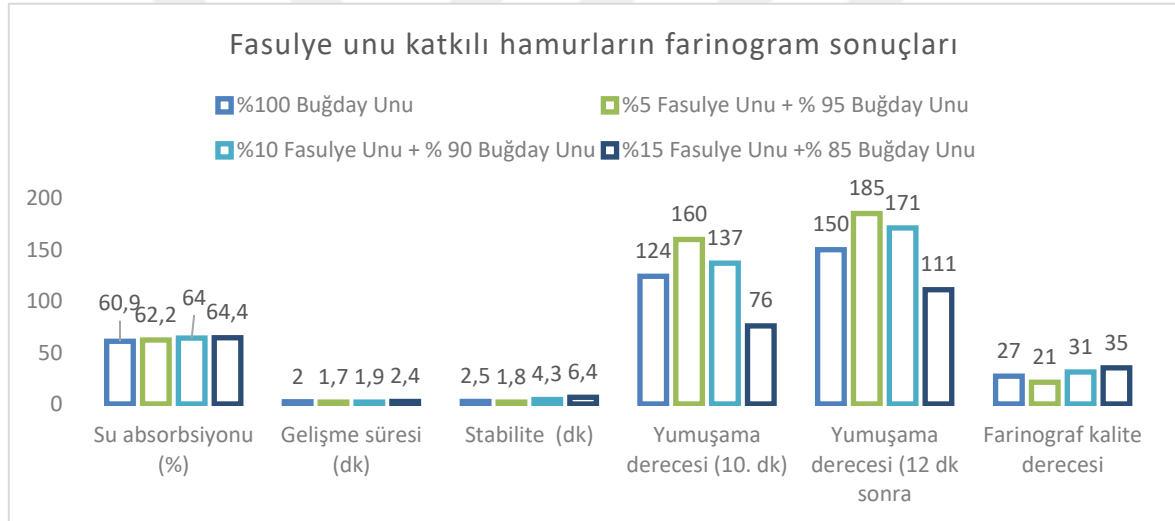
Çalışmada tespit edilen değerler, baklagil unlarının gluten içermediğini göstermektedir. Baklagil unları ile hazırlanan ekmekler, hamurun yoğrulması sırasında ağ yapısını oluşturan gluten proteinlerini içermediği ve gliadinin tek başına ağ yapısını oluşturmada yeterli olmadığı için, ekmeklerin yeterli hacimde olmayacağı düşünülmektedir.

4.2 Baklagil Unları ile Hazırlanan Hamurların Farinograf ve Ekstensograf Özellikleri

4.2.1 Farinograf özellikleri

Farklı baklagil unlarının buğday ununa farklı oranlarda karıştırılması ile elde edilen hamurlar Brabender farinograf (Brabender, Duisburg, Almanya) ile ICC yöntemi 115/1.27'nin sabit un ağırlığı prosedürüne göre incelenmiştir. Su absorpsiyonu, 500 farinograf ünitelik standart bir hamur geliştirmek için gereken su miktarı olarak belirtilmiştir. Maksimum tutarlılık, geliştirme zamanında ve eğri bükülme genişliğinin ortasında ölçülen tutarlılık (FU cinsinden) olarak tanımlanmıştır. Hamur gelişim süresi, kıvamdaki ilk düşüş belirtisinden hemen önceki eğri noktasına kadar geçen süre olarak tanımlanırken, hamur stabilitesi, hamur gelişim süresinden sonraki ilk 2 dk boyunca eğrinin azalması olarak tanımlanmaktadır.. Yumuşama derecesi, kıvam çizgisi ile geliştirme süresinden 12 dk sonra tork eğrisinin orta çizgisi arasındaki fark (FU) olarak tanımlanır. Bu değer, hamurun stabilitesi hakkında bilgi sağlamaktadır. Son olarak, eğrinin maksimumdan sonra (diyagramın orta çizgisine göre) 30 FU azaldığı eğrinin noktası, farinograf kalite numarası (F.q.n) olarak karakterize edilmektedir. Bu değer unun kalitesi için bir ölçü olarak bildirilmektedir (Sabanis ve diğ., 2006).

Çalışmada 300 g un numunesi 150 mL su ile karıştırılmıştır. Su ilavesinden sonra eğrinin zirveye ulaşması için gereken süre (dk) hamur geliştirme süresi olarak tanımlanmaktadır. Hamurun maksimum kıvamını koruduğu süre hamur stabilitesi ve maksimum değerden sonra hamur kıvamında azalma hamur zayıflaması olarak tanımlanmaktadır (BU). Çalışmada farklı baklagil unu katkıli hamurların farinogram değerleri belirlenmiştir. Fasulye unu katkıli hamurların farinogram sonuçları Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Hamura fasulye unu ilavesi arttıkça, su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerinin arttığı görülmüştür. Yumuşama derecesi (10. dk ve 12 dk) değerleri ise fasulye unu katkısı arttıkça azalım göstermiştir. Yumuşama derecesi ne kadar düşük hamur gelişme süresi ve stabilite ne kadar yüksek ise hamur o kadar kuvvetlidir tanımı yapılmaktadır. Buna göre hamur kuvveti en fazla %15 fasulye katkıli hamurlarda tespit edilmiştir.

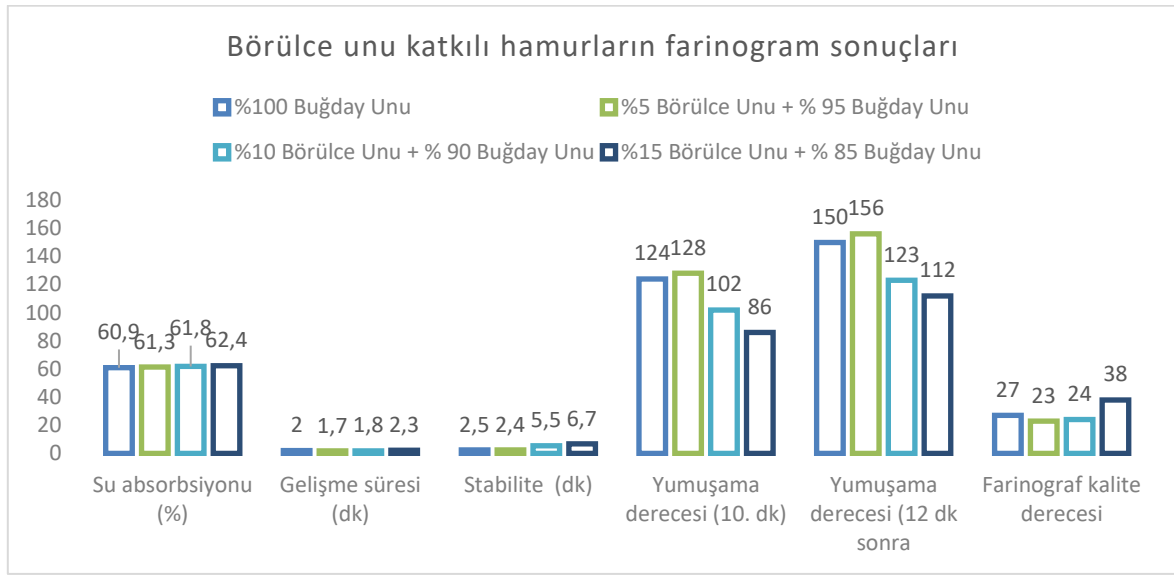


Şekil 4.8 : Fasulye unu katkıli hamurların farinogram sonuçları.

Şekil 4.9 ’da börülce unu katkıli hamurların farinogram sonuçları gösterilmiştir. Hamurda artan börülce unu ilavesinin su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerini de arttırdığı tespit edilmiştir. Bu değerlerin artmasının nedeni, baklagil un oranı arttıkça, lif oranının da doğru orantılı olarak artması ve hamura daha fazla su absorblama yeteneği kazandırmasıdır. Lif oranı arttıkça hamur daha sert kıvamlı olduğu için, stabilite değeri de artış göstermiştir. En fazla su absorpsiyonu (%), gelişme süresi (dk) ve stabilite (dk) değerleri %15 börülce unu katkısı yapılan hamur örneklerinde tespit edilmiştir.

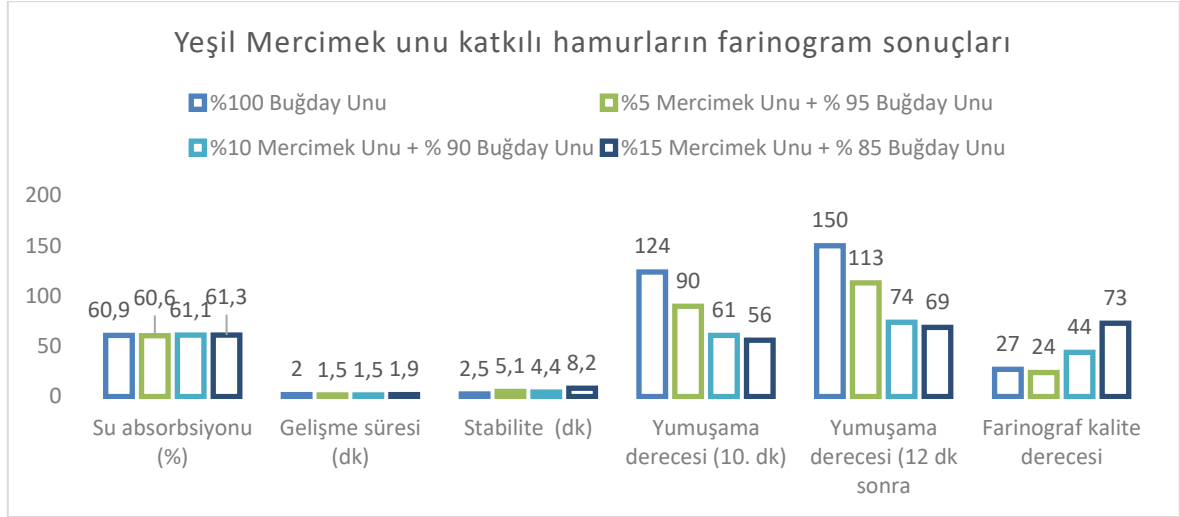
Hamur stabilitesi %15 oranında katkılamada en yüksek seviyede, artan değerlere bağlı olarak stabilite artmış ve kontrol değerleri düşük olarak belirlenmiştir.

Yumuşama derecesinin en yüksek %5 börülce unu katkılı hamurlarda, en düşük değerlerin ise %15 börülce unu katkılı hamurlarda saptandığı görülmektedir. Baklagil un katkısı arttıkça, hamurların yumuşama derecesi düşmüştür.



Şekil 4.9 : Börülce unu katkılı hamurların farinogram sonuçları.

Çalışmada yeşil mercimek unu katkılı hamurların farinogram sonuçları Şekil 4.10 de gösterilmiştir. Yeşil mercimek unu katkısı arttıkça, su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerinin arttığı görülmüştür. En yüksek su absorpsiyon değeri %15 yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda tespit edilmiştir. Yumuşama derecesinin en yüksek değeri %5 yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda olduğu, katkı oranının arttıkça, yumuşama derecesinin azaldığı saptanmıştır. Yumuşama derecesi ne kadar düşük ise hamur o kadar kuvvetlidir tanımı yapılmaktadır. Buna göre hamur kuvveti en fazla %15 yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda tespit edilmiştir.



Şekil 4.10 : Yeşil mercimek unu katkılı hamurların farinogram sonuçları.

Çalışmamızda, unun su emme kapasitesi, daha düşük nem içeriği, daha yüksek kepek içeriği, daha yüksek protein ve lif içeriği daha fazla hasar görmüş nişasta ve daha yüksek enzimatik aktiviteye bağlanmıştır. Tüm bu nedenlerle unun su absorbe etme kapasitesinde artış gözlemlenebilmektedir. Buğday-fasulye kompozit un karışımlarının buğday unundan daha fazla su emme kapasitesine sahip olduğu gösterilmiştir. Gelişme süresi ve hamur stabilitesinin de arttığını gözlemlenmiş ve baklagil unlarının hamurda yavaş bir şekilde çözünmesiyle optimum bir gluten ağının oluşması için daha uzun süreye ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

Baklagiller genellikle tahıllardan daha fazla protein içerdiğinden, buğday ununa fasulye unu ilavesinin karışımların protein içeriğini artırması beklenir. Bu nedenle, kompozit unların daha fazla su emmesi bu etkiye neden olabilir. Kuru fasulye proteinlerinin yaklaşık %70 – %90 'ı suda çözünürken, toplam buğday unu proteinlerinin yaklaşık % 80 – 90 'ını oluşturan ana fraksiyonlar olan glutenin suda çözünmediği bildirilmektedir (Hallén ve diğ., 2004).

Buğday ununa farklı oranlarda nohut unu ilave edilerek (%10, %20 ve %30) elde edilen hamurların reolojisi ile ekmek kalitesinin incelendiği bir çalışmada artan nohut unu miktarına bağlı olarak hamurun su absorpsiyon değerlerinde bir artış gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, %10 ve %20 oranlarında nohut unu ilave edilerek hazırlanan ekmeklerin kabul edilebilir düzeyde oldukları ve ayrıca yeni fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi bakımından nohut unu ilavesinin iyi bir bileşen olduğu ifade edilmektedir (Mohammed ve diğ., 2012).

Buğday ununa soya fasulyesi ve arpa unu ilave edilerek (%5, %10, %15 ve %20) hazırlanan ekmeklerin organoleptik ve besleyici özelliklerinin değerlendirildiği bir araştırma sonucunda, artan katma oranlarına bağlı olarak son ürünün çeşitli besinsel özellikler bakımından zenginleştiği (protein, yağ, toplam lizin, mineral madde) ifade edilmiştir. %10 ve %15 oranlarında soya ve arpa unu ilave edilerek hazırlanan ekmeklerin organoleptik özellikler bakımından kabul edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir (Dhingra ve Jood, 2001).

Nohut ve mercimek unununun makarna hamuruna eklendiği bir çalışmada 500 Brabender birim (BU) hattında farinogram eğrisine ulaşmak için gereken su emme kapasitesi, karışımlardaki nohut ve mercimek unu oranının artmasıyla %59,71'den %69,01 değerine önemli ölçüde artış göstermiştir. Nohut veya mercimek unu ekledikten sonra yüksek lif içeriği de dahil olmak üzere, buğday unu yerine %15 ile %25 arasında değişen oranlarda baklagil unları ile seyreltik hamurun gluten içeriği; nohut ve mercimek unlarının yüksek protein içeriği, karışımın su emme yeteneğinde artışa neden olmuştur. Faktörler arasında hamurdaki gluten proteini ile etkileşime giren globulinler gibi nohut ve mercimek protein fraksiyonları da etkili olduğu bildirilmektedir (Bayomy ve Alamri, 2022).

Karışımlarda su emilimini etkileyebilecek diğer faktörler, lif içeriğindeki artış ve ezilme sonucu oluşabilecek hasarlı nişasta miktarıdır. Buğday-acıbakla ve buğday-nohut gibi diğer bileşik unlar için de benzer sonuçlar bulunmuştur. Çözünür proteinler ve gluten arasındaki su için rekabet ve olası proteolitik aktivitenin protein ağıının kısmen tahrip olmasına da neden olabileceği belirtilmektedir (Giménez ve diğ., 2012).

Yapılan bir çalışmada, nohut veya mercimek unlu %15 ile %25 un karışımları arasındaki varış süresi, hamur geliştirme süresi ve stabilite süresi farklılıklarının sırasıyla 1,7 ile 2,1 dk, 4,8 ile 5,9 dk ve 2,8 ile 4,8 dk arasında değiştiği bildirilmiştir. Nohut ve mercimekte bulunan proteinlerin, gluten seyreltmesi nedeniyle hamurun stabilitesini azalttığı ve gelişme süresini de artırdığı rapor edilmiştir (Bayomy ve Alamri, 2022).

Soya unu ile buğday unununun karışımı ile çalışan Arnulphi ve diğ. (2005), suya eklenen gluten ve baklagil proteinleri arasında rekabet olabileceğini ve hidrasyon sürecini geciktirebileceğini rapor etmişlerdir.

Piteira ve diğ. (2015), bezelye, yulaf ve portakal lifinin belirli oranlarda katıldığı hamurlarda yaptıkları çalışmada, lif eklenmiş hamurların sertlik değerlerinin kontrole göre yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmada baklagil unu katkısı ile hazırlanan hamurlarda, suyu absorbe etme kapasitesinin, baklagil katkısı arttıkça doğru orantılı olarak artması, baklagil unlarının yapısındaki protein ve lif miktarının artışına bağlı olduğu düşünülmektedir.

4.2.2 Ekstensograf özellikleri

Çalışmada farinograf ölçümlerinden elde edilen hamurlar, her biri 150 g'lık olmak üzere iki eşit parçaya bölünmüş ve bir Brabender kalıplama ünitesinden geçirilmiştir. Fermantasyon kabininde 45 dk dinlendirildikten sonra hamur direnci belirlenmiştir. Bu ilk testten sonra, işlemler tekrarlanmış ve hamurlar 45 dakikalık bir dinlenme süresinden sonra tekrar test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar hamurun gerilmesi için uygulanan iş olarak tanımlanan ve un kalitesinin ölçüsü olan enerji (E) olarak ifade edilmiş ve değeri cm^2 olarak belirtilmiştir. Uzamaya karşı direnç (R_{50}), 50 mm gerildikten sonra hamurun sabit bir deformasyonunda ekstansogramın yüksekliği olarak tanımlanmaktadır. Sonuçlar, 5 BU hassasiyetle Brabender Ünitelerinde (BU) verilmiştir. Genişletilebilirlik (Ex), kancanın test parçasına temas ettiği andan test parçasının kopmasına kadar geçen süre ve aralarındaki oran (R_{50}/Ex) olarak tanımlanır. Hamur uzayabilirliği ve hamur mukavemeti (uzamaya karşı gösterilen direnç) ekmeklik unların kaliteleri arasındaki farklılığı belirlemede ve uygun hammadde seçiminde yaygın olarak kullanılan reolojik özelliklerdir. Uzayabilirlik ve hamur mukavemeti (direnç) buğdayların farklı ürünlere işlenebilirliğini belirlemede kullanılmaktadır. Uzayabilirlik değeri, pişme performansı ve son ürün kalitesi hakkında önemli bilgiler sağlamakta ve uzayabilirlik testi ile fermantasyon sırasında hamurda meydana gelen değişimler belirlenip, proses hakkında önemli bilgiler edinilmektedir (Anderssen ve diğ., 2004; Dogan ve diğ., 1996). Yapılan çalışmada ekstensograf sonuçları, baklagillere ait un oranı arttıkça, hamur direncinin kademeli olarak azaldığını göstermiştir. Çizelge 4.6'da un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı olarak, hamurların mukavemet (BU) ve uzayabilirlik (mm) değerleri gösterilmiştir. Her bir baklagil un örneği için, buğday unlarına ilave oranlarının artışı, hamur direncinde azalmaya neden olmuştur. Hamur mukavemeti ve uzayabilirlik değerleri, buğday ununa %5, %10 ve %15 oranlarında baklagil unu ilave edilerek hazırlanan hamurlarda, artan orana bağlı olarak azalmıştır. Hamur mukavemetleri 45. dakikada 175-228 BU, 90. dakikada 170-276 BU, ve 135. dakikada 168-286 BU arasında belirlenmiştir. En yüksek hamur mukavemeti gösteren örneklerin fasulye unu ilaveli örnekler olduğu tespit edilmiştir. Fasulye ununu, börülce ve mercimek unu ilaveli hamur örnekleri takip etmektedir.

Yapılan bir çalışmada, nohut unu oranını % 25 'e ve mercimek unu oranını % 20 'ye kadar arttırmak, hamurlarda uzayabilirliğin azaldığını göstermiştir (Bayomy ve Alamri, 2022).

Çizelge 4.6 : Un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı, hamurların mukavemet (BU) ve uzayabilirlik (mm) değerleri.

Un Çeşitleri ve Katkı Oranları	Hamur Mukavemeti (BU)			Uzayabilirlik (mm)			Ortalama Hamur Mukavemeti (BU) değerleri	Ortalama Uzayabilirlik (mm) değerleri
	45 dk	90 dk	135 dk	45 dk	90 dk	135 dk		
	%100 Buğday Unu	224	280	295	168	159	160	266
%5 Fasulye Unu + Buğday Unu	243	275	256	156	153	145	258	151
%10 Fasulye Unu + Buğday Unu	234	228	234	146	145	142	232	144
%15 Fasulye Unu + Buğday Unu	220	227	215	147	135	140	221	141
%5 Börülce Unu + Buğday Unu	228	276	286	158	165	146	263	156
%10 Börülce Unu + Buğday Unu	220	268	272	152	146	142	253	147
%15 Börülce Unu + Buğday Unu	218	244	226	144	136	130	229	137
%5 Yeşil Mercimek Unu + Buğday Unu	223	268	266	164	163	153	252	160
%10 Yeşil Mercimek Unu + Buğday Unu	190	192	212	159	160	152	198	157
%15 Yeşil Mercimek Unu + Buğday Unu	175	170	168	146	148	147	171	147

Çizelge 4 7 Un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı hamurların maksimum direnç değerleri ve enerji değerleri.

Un Çeşitleri ve Katkı Oranları	Maksimum Direnç (BU)			Enerji (cm ²)			Ortalama Maksimum Direnç (BU) değerleri	Ortalama Enerji (cm ²) değerleri	Oran (BU/mm)
	45 dk	90 dk	135 dk	45 dk	90 dk	135 dk			
%100 Buğday Unu	330	423	455	73	86	90	403	83	2.5
%5 Fasulye Unu+Buğday Unu	305	393	346	66	78	66	348	70	2.3
%10 Fasulye Unu+Buğday Unu	288	284	279	59	57	56	284	57	2.0
%15 Fasulye Unu+Buğday Unu	245	248	232	54	50	49	242	51	1.7
%5 Börülce Unu+Buğday Unu	300	391	379	64	84	69	357	72	2.3
%10 Börülce Unu+Buğday Unu	287	348	343	61	70	68	326	66	2.2
%15 Börülce Unu+Buğday Unu	255	280	250	53	54	47	262	51	1.9
%5 Yeşil Mercimek Unu+Buğday Unu	311	393	365	67	82	70	356	73	2.2
%10 Yeşil Mercimek Unu+Buğday Unu	238	245	268	55	56	57	250	56	1.6
%15 Yeşil Mercimek Unu+Buğday Unu	198	196	190	42	42	42	195	42	1.3

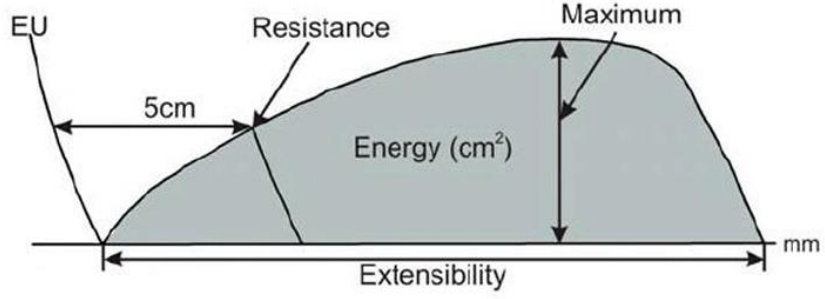
Hamurun uzamaya gösterdiği maksimum direnç (R_m), diyagramın yüksekliğidir. Brabender ünitesi (BU) olarak ifade edilir. Hamurun sabit deformasyondaki direnci (R_5), diyagramın başlangıcından 50 mm sonraki yüksekliğidir. Brabender ünitesi (BU) olarak ifade edilir. Uzama kabiliyeti (E): Kurvenin taban uzunluğudur, mm olarak belirtilir. Enerji (A), kurvenin planimetrik alanıdır, cm² olarak belirtilir. Şekil 4.11’de ekstensograf kurvesi gösterilmiştir. Hamurun uzamaya gösterdiği maksimum direnç (R_m), hamurun sabit deformasyondaki direnci (R_5), uzama kabiliyeti ve enerji ne kadar yüksekse un o kadar kuvvetlidir. Çizelge 4.7’de un çeşitleri ve katkı oranlarına bağlı olarak, maksimum direnç değerleri ve enerji değerleri gösterilmiştir. Baklagil unu katkısı arttıkça, maksimum direnç değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Katkı oranının artışı, baklagil unu katkılı hamurların direncini azaltmıştır. En fazla direnç gösteren hamurların, fasulye unu katkılı hamurlar olduğu görülmektedir.

Çalışmada ekstensograf enerji değeri aralığı; 45. dakikada 42-73 cm² , 90. dakikada 42-86 cm² ve 135. dakikada ise 42-90 cm² arasında değişmiş, en yüksek değerler buğday hamuru örneğinden sonra, mercimek un örneklerinde tespit edilmiştir. Enerji değeri baklagil unları arasında en yüksekten düşüğe sırasıyla mercimek, fasulye, börülce unu olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, baklagil örneklerinin katkı oranlarının arttıkça, enerji değerlerinin düştüğü görülmüştür. Katkı oranının artması, unun kuvvetini azaltmıştır.

Hamurun maksimum direnci, uzayabilirlik değerleri ile oranlandığında, en kuvvetli ve ekmek yapımına uygun olan hamur kontrol hamurundan sonra (2,5 BU / mm), %5 fasulye unu katkılı hamur (2,3 BU / mm) ve %5 börülce unu katkılı hamur (2,3 BU / mm) olmuştur. %5 mercimek unu katkılı hamur (2,2 BU / mm) ve %10 börülce unu katkılı hamur (2,2 BU / mm) bu değerleri takip etmektedir. Kontrol hamuruna en yakın değer %5 fasulye unu katkılı ekmek olarak tespit edilirken, kontrol hamuruna en uzak ve en düşük değer %15 mercimek unu katkılı hamur (1,3 BU / mm) olmuştur.

Ekmeklik kalitesi iyi olan hamurlarda uzama kabiliyeti ile hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç arasında uygun bir orantı vardır. Enerji değeri ne kadar büyük olursa hamurun gaz tutma kapasitesi ve fermentasyon toleransı da genelde o kadar fazla olur. Bu gibi hamurlar daha hacimli ekmek verirler (Sabanis ve diğ., 2006). Yapılan bir çalışmada, ikame seviyesi % 0'dan %25 w/w'ye yükseldikçe, standart yöntemle göre 135 dk sonra hamurun mukavemetini kırmak için gereken enerji olan eğrinin altındaki alanda hafif bir artış gözlemlenmiştir (Bayomy ve Alamri, 2022).

Çalışmamızda, buğday unu referans alınarak analizler yorumlanmıştır. Tamamen buğday unu ile hazırlanan hamur (kontrol) ile baklagil unu katkılı ekmek hamurları kıyaslandığında, baklagil unu ilavesi artışının hamur mukavemeti ve uzayabilirlik oranlarında azalma ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde baklagil un ilave oranı arttıkça, maksimum direnç ve enerji oranında da düşüş meydana gelmiştir.













Şekil 4.11 : Ekstensograf kurvesi (Dapcevic ve diğ., 2011)

4.3 Ekmek Analizleri

Çalışmada, çeşitli baklagil unları ilave edilerek hazırlanan hamurların pişirilmesi ile elde edilen ekmekler, piştikten en az 6 saat sonra keskin bir bıçakla ortasından enine kesilerek içi muayene edilmiştir. İyi bir ekmekte gözenekler iyi teşekkül etmiş, küçük, oval, muntazam ve gözenek cidarları ince olmalıdır. Ekmek içi elastiki olmalı ve kuru bir durum göstermemelidir. Dilimleme sırasında ufalanmamalı veya bıçağa yapışmamalıdır. Ekmek bayatladıkça içi sertleşmektedir.

Ekmek örnekleri tam ortasından enine ikiye bölünerek gözenek durumu tespit edilmiştir. İyi bir ekmekte gözenekler küçük, homojen, kenarları ince ve aynı kalınlıkta olmalıdır. Baklagil unlarından yapılan ekmeklerin görüntüsü Şekil 4.12’de verilmiştir.

Oranlar	Fasulye	Börülce	Mercimek	Buğday Ekmeği (Kontrol) %100 buğday
%5				
%10				
%15				

Şekil 4.12 : Baklagil unları ile yapılan ekmekler.

4.3.1 Ekmeklerin fizikokimyasal değerleri

Fasulye, brlce, mercimek gibi baklagiller iyi bir protein, nişasta ve diyet lifi kaynağıdır. Baklagillerin, özellikle protein içeriklerinin yüksek olması, bu ürünleri ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanılmaları için çekici hale getirmektedir. Çizelge 4.8‘de ekmeklerin fizikokimyasal değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.8 : Ekmeklerin fizikokimyasal değerleri.

	Su Aktivitesi (aw)%	Protein (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nem (%)	TDF (%)
Kontrol	0,92 ± 0,00 ^a	7,24 ± 0,19 ^a	0,19 ± 0,02 ^d	1,03±0,05 ^a	42,11±1,54 ^a	5,96±0,45 ^a
%5f	0,93± 0,00 ^{a,b}	22,07 ± 0,14 ^c	0,28 ± 0,07 ^e	1,27±0,01 ^{a,b}	57,02±0,39 ^b	15,61±0,06 ^d
%10f	0,94 ± 0,00 ^{c,d}	23,28 ± 0,65 ^{c,d}	0,30 ± 0,09 ^f	1,33±0,06 ^{a,b}	49,35±0,21 ^{a,b}	15,96±0,06 ^d
%15f	0,93 ± 0,00 ^{b,c}	27,30 ± 0,15 ^e	0,34 ± 0,10 ^h	1,60±0,00 ^b	57,27±0,15 ^b	26,23±0,33 ^f
%5b	0,94 ± 0,00 ^{c,d}	23,00 ± 0,01 ^b	0,17 ± 0,02 ^a	1,24±0,07 ^{a,b}	56,61±0,26 ^b	12,55±0,07 ^b
%10b	0,93 ± 0,00 ^c	23,04 ± 0,17 ^c	0,18 ± 0,06 ^b	1,43±0,24 ^{a,b}	56,48±0,31 ^b	14,08±0,07 ^c
%15b	0,94 ± 0,00 ^{c,d}	23,28 ± 0,13 ^d	0,20 ± 0,05 ^c	1,57±0,31 ^b	55,90±0,06 ^b	20,52±0,05 ^e
%5 ym	0,93 ± 0,00 ^{b,c}	22,10 ± 0,14 ^c	0,22 ± 0,07 ^d	1,29±0,18 ^{a,b}	56,68±0,29 ^b	12,37±0,71 ^b
%10 ym	0,94 ± 0,00 ^d	23,28 ± 0,65 ^{c,d}	0,31 ± 0,05 ^e	1,37±0,29 ^{a,b}	56,84±1,21 ^b	12,64±0,02 ^b
%15 ym	0,93 ± 0,00 ^a	26,30 ± 0,15 ^e	0,33 ± 0,09 ^h	1,38±0,23 ^{a,b}	57,67±0,29 ^b	14,48±0,06 ^c

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$).

f: fasulye unu katkılı ekme

b: brlce unu katkılı ekme

ym: yeşil mercimek unu katkılı ekme

Çalışmada baklagil unu katkılı ekmeklerdeki nem oranının, kontrol ekmeğine kıyasla anlamlı bir şekilde artış gösterdiği belirlenmiştir. Yüksek protein içerikli unların daha fazla su absorbe ettiği rapor edilmektedir (Olojede ve diğ., 2020).

En yüksek nem miktarı; %15 yeşil mercimek unu katkılı ekmekte %57,67, en düşük nem içeriği baklagil unu içermeyen katkısız ekmekte %42,11 belirlenmiştir.

Su aktivitesi ve pişme kaybı, ekme kalitesiyle ilgili önemli parametrelerdir, çünkü nişasta bazlı sistemlerde biçimlendirme-şekillendirme süreciyle yüksek oranda ilişkilidirler.

Abdel-Kader bakla unu yüzdesi (%5, %10, %15 ve %20) arttıkça ekmeklerin nem içeriğinin (%32,38, %32,49, %33,50 ve %33,64) arttığını gözlemlemiştir (Abdel, 2000).

Protein oranları, baklagil unlarının oranları arttıkça kontrol ekmeğine göre anlamlı bir şekilde artmıştır. Bu sonuç, baklagil ilavesinin tahıl bazlı geleneksel gıdaların karbonhidrat içeriğini azalttığını göstermiştir. Baklagil unlarının yağ oranı, buğday unundan fazla olduğu için, dolayısı ile baklagil unu katkılı ekmeklerin yağ oranı kontrol ekmeğine göre fazla çıkmıştır. Kül miktarı ise en fazla %15 fasulye unu katkılı ekmekte gözlemlenmiştir. Diyet lifi oranı ise en fazla %15 börülce %20,52 ve %15 fasulye unu katkılı %26,23 ekmekte belirlenmiştir. Buğday ununa farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) soya unu eklenerek ekmek üretilen bir çalışmada, soya unu miktarı arttıkça ekmek örneklerinin protein, yağ ve kül değerlerinin kontrol ekmeğine göre artış gösterdiği belirlenmiştir (Islam ve diğ., 2007).

Pasqualone ve diğ. (2004), kül, yağ ve protein değerlerini beyaz ekmek için sırasıyla % 0,82, % 1,49 ve % 12,2, nohut ekmeği için sırasıyla % 2,10, % 4,02 ve % 21,0 ve çavdar ekmeği için sırasıyla % 1,48, % 1,75 ve % 10,8 olarak tespit etmişlerdir

Börülce unlarının belirli oranda katıldığı ekmeklerin yapıldığı bir çalışmada protein içeriğinin kontrol ekmeğine oranla daha yüksek olduğu ifade edilmiştir (Oladunmoye ve diğ., 2010).

Romano ve diğ., (2021), burger ekmeğinin pişmiş mercimek püresi ile ikamesinin, lif, folat, manganez ve selenyum içeriğinin yanı sıra besin yoğunluğunu artırdığını bildirmektedir.. Mercimek unu ile yeniden formüle edilmiş burgerdeki besleyici olmayan bileşenlerin (yağ, trans yağ, doymuş yağ ve kolesterol) miktarları, normal sığır eti burgerinden %17 daha azdı. Sürdürülebilirlik konularıyla ilgili olarak, ikame, yaşam döngüsü çevresel ayak izini %33 ve üretim maliyetini %26 azaltmıştır.

Dhingra ve Jood (2002), yaptıkları çalışmada buğday ununa soya fasulyesi ve arpa unu ilave ederek (%5, %10, %15 ve %20) hazırlanan ekmeklerin organoleptik ve besleyici özelliklerini değerlendirmişler, artan katkı oranlarına bağlı olarak son ürünün çeşitli besinsel özellikler bakımından zenginleştiğini (protein, yağ, toplam lizin, mineral madde, besinsel lif, β -glukan) belirtmişlerdir.

4.3.2 Hamur pH ve ekmek spesifik hacim değerleri

Farklı oranlarda baklagil unu katılması ile üretilen ekmek hamurlarının pH ve spesifik hacim değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 : Hamur pH ve spesifik hacim değerleri.

	Hamur pH (%)	Ekmek Spesifik Hacim (cm³/g)
Kontrol	7,86±0,02 ^a	4,51±0,01 ^b
%5f	8,00±0,08 ^{c,d}	4,95±0,01 ^h
%10f	8,03±0,02 ^{d,e}	4,71±0,02 ^{f, g}
%15f	8,02±0,02 ^d	4,66±0,01 ^e
%5b	7,94±0,01 ^{b,c}	4,70±0,01 ^f
%10b	7,94±0,01 ^{b,c}	4,72±0,01 ^g
%15b	7,93±0,01 ^{b,c}	4,65±0,00 ^e
%5 ym	7,91±0,01 ^{a,b}	4,46±0,00 ^a
%10 ym	8,09±0,03 ^{e,f}	4,56±0,01 ^d
%15 ym	8,10±0,03 ^f	4,53±0,01 ^c

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$).

f: fasulye unu katkı ekmek

b: börölce unu katkı ekmek

ym: yeşil mercik unu katkı ekmek

Sonuçlara göre, kontrol ekmeğine oranla, baklagil ekmeklerindeki spesifik hacim daha fazla çıkmıştır ve anlamlı fark oluşturmuştur. Üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri 4,51-4,95 cm³/g arasında değişiklik göstermektedir. Ortalama olarak 4,64 cm³/g olarak belirlenmiştir. Benzer bir çalışmada, baklagil katkı ekmeğın hacmi ve özgül hacmi kontrole göre önemli ölçüde artarken, sorghum unu ve nohut unu en yüksek değerlere sahiptir (Olojede ve diğ., 2020). Bu durum hamur elastikiyetinin artmasına bağlı olabilir.

Ekmeğin besleyici niteliklerini geliştirmek amacıyla, nohut, soya, barbunya, mercimek, keçiyoynuzu ve bezelye unlarının %20 oranında kullanıldığı çalışmada; ekmeğin yüksekliğinin ilave edilen unların tümünde azaldığı kaydedilmiştir. Bu durum, diğer unların ilavesiyle glutenin oransal olarak seyrelmesine bağlı olarak hamurun fermentasyon sırasında oluşan gazı tutamaması ile ilişkilendirilmiştir (Dirim ve diğ., 2014).

Yapılan bir çalışmada, nohut unu, bezelye unu ve soya ununun spesifik hacim değerleri sırasıyla 3,26 cm³/g, 2,77 cm³/g, 2,76 cm³/g olarak belirtilmiştir (Miñarro ve diğ., 2012).

Farklı baklagil unları ile hazırlanan ekmeğin, kek ve bisküvilerin tekstürlerinin incelendiği bir çalışmada spesifik hacim değerlerinde azalma tespit edilirken sertlik değerlerinde artış olduğu ve baklagil un oranları arttıkça gözenek çaplarında büyüme tespit edilmiştir (Monnet ve diğ., 2019).

Miñarro ve diğ. (2012), yaptıkları çalışmada nohut ekmeğinin en yüksek özgül hacim değerlerini almasına rağmen, tüketiciler ekmeğin iç gözenek yapısının soya ve bezelye ilaveli ekmeğin örneklerinden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir.

Gallo ve diğ. (2022)'ye göre, hamurun karıştırıldıktan sonraki pH değerleri mayalanma süresi ile ilişkilidir. Maya aktivitesi fazla olan hamurların pH'ı diğer hamurlardan önemli ölçüde daha yüksekti ($P < 0.05$). Maya hücreleri tarafından üretilen organik asitlerin ortaya çıkışı söz konusu olmaktadır.

Gularte ve diğ. (2012), yaptıkları bir çalışmada, nohut, mercimek ve fasulye unlarından hazırlanan hamurlarda anlamlı pH değişimleri gözlemlenmemişlerdir.

Baklagil unlarının buğday ekmeğine ilave edilmesi hamur yapısını zayıflattığı için ekmeğin hacmi ve ekmeğin içi elastikiyetini düşürmekte ve ekmeğin sertliğini artırmaktadır. Yapılan çalışmalarda optimum tüketim kalitesine sahip ekmeğin üretimi için baklagil unlarının genel olarak %10 (w/w) seviyesinde ekmeğin üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir (Indrani ve Sakhare, 2015; Rizzello ve diğ., 2017).

4.3.3 Ekmek renk değerleri

Baklagil unu oranları arttıkça, kontrol ekmeği ile renk farklılığı anlamlı ölçüde artmıştır ($P < 0.05$). Çizelge 4.10 da ekmeklerin renk değerleri gösterilmiştir. Genel olarak üretilen ekmek özellikleri incelendiğinde, iç ve dış renkte L^* değerinin artan katkı oranlarına bağlı olarak arttığı, ürünün daha koyu bir renk aldığı, a^* ve b^* değerlerinin de yükseldiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.10 : Ekmeklerin renk değerleri.

	L^*	a^*	b^*
Kontrol	55,81±0,62 ^{d,e}	0,21±0,01 ^b	11,34±0,64 ^{b,c}
%5 f	54,63±1,30 ^{d,e}	0,50±0,01 ^c	10,75±0,43 ^{a,b}
%10 f	56,58±1,31 ^{c,d}	0,45±0,01 ^c	11,77±0,06 ^{b,c}
%15 f	61,63±1,80 ^e	0,79±0,00 ^d	14,18±0,16 ^d
%5 b	52,43±0,04 ^{c,d}	0,80±0,08 ^d	12,22±0,71 ^c
%10 b	43,18±0,87 ^a	1,73±0,07 ^e	11,64±0,26 ^{b,c}
%15 b	49,09±1,35 ^a	1,98±0,25 ^f	11,20±0,01 ^{a,b}
%5 ym	44,11±1,75 ^{a,b}	0,27±0,12 ^a	10,16±0,28 ^a
%10 ym	49,15±1,80 ^{b,c}	0,49±0,11 ^c	14,06±0,95 ^d
%15 ym	50,65±0,39 ^{d,e}	0,54±0,08 ^c	14,01±0,25 ^d

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$).

f: fasulye unu katkılı ekmek

b: börölce unu katkılı ekmek

ym: yeşil mercimek unu katkılı ekmek

L^* : siyahtan (0) beyaza (100) değişmektedir.

a^* : yeşilden (-) kırmızıya (+) değişmektedir.

b^* : maviden (-) sarıya (+) değişmektedir

Sonuçlara göre, renk değerleri kontrol örneğine göre istatistiksel olarak anlamlı fark oluşturmuştur ($P < 0.05$). Baklagil katkılı ekmeklerdeki en önemli renk değişimi fasulye ununun kullanıldığı örneklerde görülmüş, L^* , a^* ve b^* değerlerinde artış gözlenmiştir. Börülce ve yeşil mercimek unu katkılı ekmeklerde L^* değerleri kontrol ekmeklerinden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Tüm örneklerdeki a^* değeri kontrol örneğinden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu farklılık istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur.

b^* değeri fasulye ve yeşil mercimek unundan yapılan ekmek örneklerinde artan ikame oranlarına bağlı olarak artarken, börülce katkılı ekmek örneklerinde azalmıştır. En düşük b^* değeri % 5 yeşil mercimek unu katkılı ekmekte 10,16 olarak, en yüksek değer ise % 10 yeşil mercimek unu katkılı ekmekte 14,06 olarak bulunmuştur.

Teterycz ve Sobota (2020), baklagil ununu, makarnada doğal bir renklendirici bileşen olarak kullandıkları çalışmada, çığ ve pişmiş makarnanın renk parametrelerinin (L^* , a^* , b^*) baklagil unlarının eklenmesiyle önemli ölçüde değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada makarnanın tüm çığ ve pişmiş örneklerinin renk parlaklığının (L^* değeri), baklagil bileşenleri arttıkça azaldığını ifade etmişlerdir. Baklagil takviyeli makarnanın daha koyu renk daha yüksek kül içerik değerlerinin, baklagil ununun spesifik rengine bağlanabileceği sonucuna varmışlardır.

Choi ve diğ. (2011), buğday ununa %10, %20, %30 oranlarında arpa unu ilave ederek ekmek üretmiş, arpa unu miktarı yükseldikçe ekmek için L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Rizzello ve diğ. (2014), tarafından, buğday ununa %30 oranında baklagil unu (mercimek, bezelye ve bakla) ilave edilerek ekmek üretilmiş, baklagil ilavesinin ekmek örneklerinde kontrole göre L^* ve b^* değerlerini düşürdüğü, a^* değerini yükselttiği bulunmuştur. Yapılan farklı bir çalışmada ise ekmek daha yüksek seviyelerde börülce unu içerdiğinden, kabuğun rengi ve kırıntının rengi giderek daha koyulaşmıştır. Ayrıca börülce unundan kırıntı daha koyu, kahverengimsi bir renk almıştır. Börülce içeren ekmeğin bu koyulaşması, börülcelerin yüksek lizin içeriğinden dolayı, somunların pişirilmesi sırasında meydana gelen maillard reaksiyonunun artmasına bağlanabilir. Maillard reaksiyonunda indirgeyici karbonhidratlar, proteinlerin serbest amino asit yan zincirleriyle, özellikle lizinle reaksiyona girer ve amino asit şeker reaksiyon ürünlerine (polimerize protein ve kahverengi pigmentler) yol açmaktadır (Hallén ve diğ., 2004).

Buğday ($L^*= 95,06$ $a^*=0,10$ $b^*= 8,70$) unundan daha koyu renge sahip olan barbunya ununun ($L^*= 80,70$ $a^*=3,25$ $b^*= 13,41$) ekmeğe ilavesiyle barbunya unu katkılı ekmeklerde meydana gelen renk koyulaşması beklenen bir sonuç olmakla birlikte yapılan duyu analizi sonuçlarına göre tüketicilerin beğenisini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir (Dirim ve diğ., 2014).

Portman ve diğ. (2019), mercimek unu içeren kurabiyeler üzerinde yaptıkları bir çalışmada mercimek unu oranı arttıkça kurabiye renkleri önemli ölçüde daha koyu hale gelmiştir.

4.3.4 Ekmek SEM görüntüleri

Çalışmada, %5, %10 ve %15 oranlarında baklagil katkılı ekmeklere ait SEM görüntüleri Şekil 4.13, 4.14 ve 4.15’de gösterilmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, %5 fasulye katkılı undan yapılan ekmeğin görünümü kontrole göre daha ince ve homojen olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgular SEM morfolojik görüntüleri ile uyum içerisindedir. Fasulye unu ilaveli ekmeklerin gözenek dağılımı daha homojen olarak görünmektedir. Aksine, yeşil mercimek unu ile yapılan ekmeklerde büyük ve düzensiz gözenekler oluşturmuştur.

Ağırlıkça %5, %10 ve %15 börülce unu katkılı ekmeğe ait SEM görüntüleri incelendiğinde börülce unu ve diğer buğday ununun ayrı fazlar şeklinde olduğu, börülce miktarı arttıkça yüzeyde börülcenin ununa ait yapılar net olarak görülmektedir. Börülceye ait unların ipliksi fiber yapıda olduğu ve yağ dolu kürecikler içerdiği açıkça görülmektedir. Hamurun hazırlanma koşulları ve pişirme sıcaklığı düşünüldüğünde börülce ile hamur moleküllerinin ara yüzeyde bütünlüklü bir yapı oluşturduğu ifade edilebilir. Börülce yağ hücrelerinin bozulmadan kalması börülcenin hücre yapısının sağlamlığı ve soğuk iklime dayanıklılığı ile açıklanabilir. Ancak öğütme süresi, taneciklerin maruz kaldığı basınç ve tane boyutu yağlı dokunun bozulmadan kalması için parametreler olup bu işlemlerin yeterince yapılamaması sonucu da sağlam olarak kalmış olabilir.

Fasulye unu katkılı ekmek için SEM görüntüleri incelendiğinde börülcenin aksine yapının homojen olduğu yani fasulye unu ile buğday ununun benzer yapıda olması ile açıklanabilir. Fasulye ununun yağ içermemesi ekmek yapısının homojen olmasının diğer bir sebebi olabilir. Ancak yüzeyde küçük parlak ayrı birimlerin varlığı tane boyutunun homojen olmaması ve/veya fasulyenin protein yapısının varlığı ile açıklanabilir. Fasulye oranının artması ile yüzeyde pürüzlülüğün artması da bu durum ile açıklanabilir.

Singh ve diğ. (2016), elekten geçirilerek elde edilen fasulye ununun ince fraksiyonlarından daha az yapışkan bir kek hamuru elde etmişlerdir.

Huang ve diğ. (2007), yaptıkları bir çalışmada, bezelye unu kullanarak yaptıkları ekmeğin görünümünün kontrolden daha yumuşak olduğu ve gözenek içermediğini rapor etmişlerdir. Yeşil mercimek unu içeren ekmek örneklerinin gözenek yapısının düzensiz olduğunu belirtmişlerdir. Yeşil mercimek, sarı bezelyenin besin alımını değiştirerek maya metabolizmasını engellediği bilinen saponinler açısından zengin olması ve bunun sonucunda fermantasyon ve gaz hücrelerinin gelişimini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Yeşil mercimeklerden farklı olarak, bezelye besin açısından ekmek mayası olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae* tarafından kullanılan suda çözünür karbonhidratları ve proteini yüksek miktarda içerdiği için saponinlerin olumsuz etkisini ortadan kaldırmaktadır

Baklagillerde, granüller elipsoidal veya küresel şekillerdedir ve yüksek miktarda amiloz (%24 ile %65) içerir. Her bir amiloplastta çok sayıda granül bulunur. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile bazı çatlakların varlığını gözlemlemek mümkündür. Bununla birlikte, gözeneklerin veya kanalların varlığı, hidroliz edici enzimlerin ve diğer moleküllerin iç kısma girmesine izin verir (Aparecida ve diğ., 2019).

Tahılların farklı baklagillerle karıştırılarak elde edilen gıda ürünlerinin tekstürel, yapısal, renk, duyuşal ve beslenme özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada SEM görüntüleri incelendiğinde, protein-nişasta kompleksinin bozulması, hücre duvarlarının kalınlaşması, duvarlarda deliklerin varlığı tespit edilmiştir (Monnet ve diğ., 2019).

Yapılan bir çalışmada, gluten-protein ağında rastgele dağılmış olan lentiküler şekilli büyük granüller ve küresel şekilli küçük granüller olmak üzere iki tip nişasta granülü tespit edilmiştir. Gluten ve nişasta matrisleri arasındaki etkileşim de görüntüler ile ispatlanmıştır (Lap ve diğ., 2019).

Schlangen ve diğ. (2022), çalışmalarında daha küçük, asimetric parçacıkları büyük olasılıkla protein ve lif parçacıkları olarak yorumlamışlardır. Birleşik nişasta granüllerinin ve protein ve/veya lif parçacıklarının daha büyük kümeleri, SEM görüntülerinde net olarak görülmektedir. Sarı bezelye ve nişasta granüllerinin yüzeyine yapışan küçük yuvarlak parçacıkları protein gövdeleri olarak tanımlamışlardır. Maş fasulyesi ununda, daha küçük protein ve/veya lif parçacıkları, nişasta granülleri ile sarı bezelye ve börülce unundan daha fazla ilişkili görünmektedir.

Zhu ve diğ. (2020), tarafından yapılan araştırmaların SEM görüntülerinde maş fasulyesi ununda protein/lif parçacıklarının nişasta granülleriyle güçlü bir ilişkisi olduğu görülmüştür.

Gallo ve diğ. (2022), mercimek unu ile ekmekek yaptıkları bir çalışmada tüm numunelerin ekmekek yapımı sırasında iyi şekilde oluşmuş bir protein ağı ve iyi bir nişasta jelatinleşmesi gösterdiğini belirtmiştir.

Araştırmacılara göre, jelatinleşme olgusunu takip eden retrogradasyon, lif içeriğini artırarak beslenme açısından faydalı olarak kabul edilebilir. Özellikle kolonda bulunan bakteriler tarafından dirençli nişastanın fermantasyonu sırasında üretilen kısa zincirli yağ asitlerinin rolü göz önüne alındığında, gıdaya atfedilen fonksiyonel bir özelliğı kanıtlamaktadır (Aparecida ve diğ., 2019).

Martínez-Preciado (2014), 10-40 µm uzunluğunda ve 10-25 µm genişliğinde düzensiz bir oval şekli ve 10 µm'lik küçük küresel nişastaları gözlemleyerek SEM ile fasulye nişastası granüllerinin morfolojik yapısını tanımlamıştır.

Farklı bir çalışmada doğal börülce nişastasının şekli oval, küresel granül olarak tespit edilmiştir ve önceki raporlarla tutarlı olan pürüzsüz bir yüzeye sahip olduğu belirtilmiştir (Ratnaningsih ve diğ., 2020).

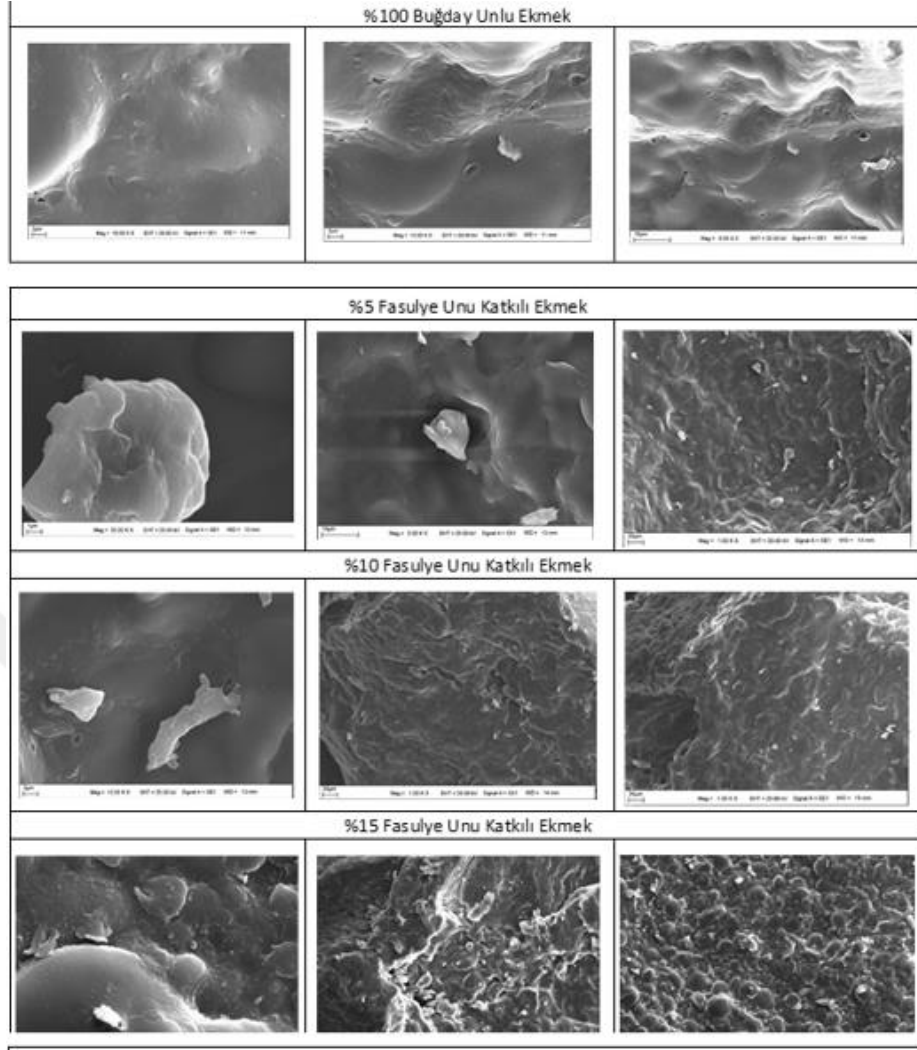
Yeşil mercimek katkılı ekmeğe ait SEM görüntüleri incelendiğinde börülce ve fasulye katkılarının aksine daha homojen bir yapı görülmektedir. Ekmekek yüzeyinde ayrı bir faz bileşeni olmaması yeşil mercimek ununun buğday unu ile bütünleşik bir yapı oluşturduğu ve mercimek ununun daha ince taneli olmaması ile de açıklanabilir.

Mercimek ununun bir gıda maddesi olarak kullanımını, fonksiyonel ve besleyici özelliklerine dayanmaktadır.

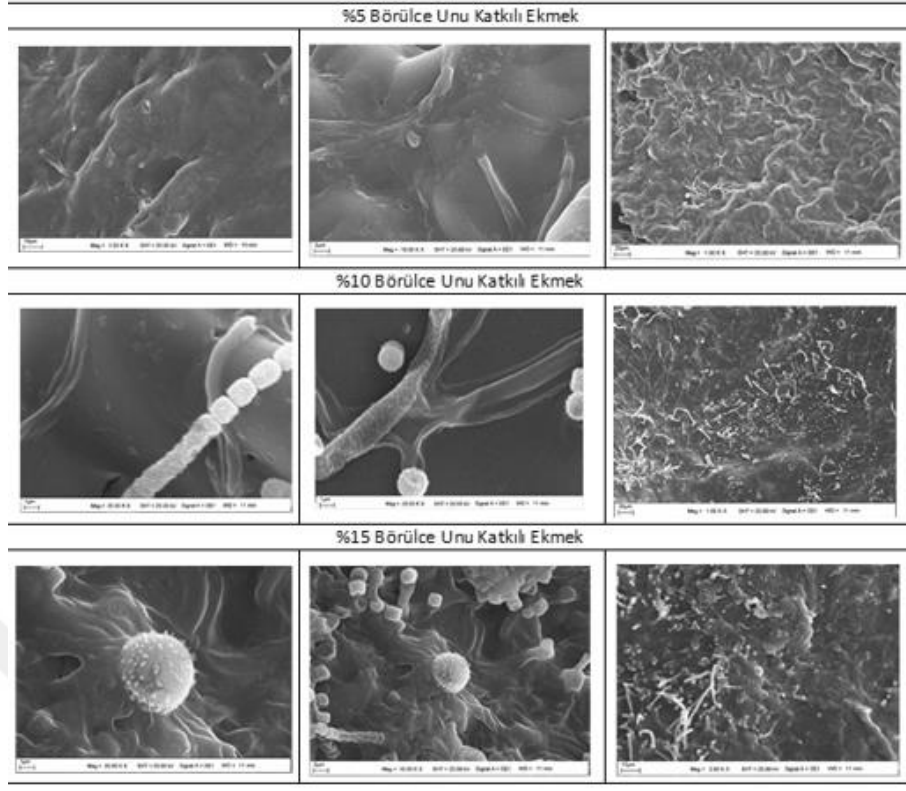
Genel olarak, bu özellikler, unun partikül boyutunun yanı sıra un bileşimi (proteinler, kompleks karbonhidratlar ve lif içeriği) ile yakından ilişkilidir. Şu anda mercimek ununun fırıncılıkta (ekmek, kek, kraker), ekstrüde edilmiş (makarna, atıştırmalıklar) ve diğer ürünlerde (soslar, çorbalar, süt ve et ürünleri) uygulanması dünya çapında araştırmacılar ve tüketiciler arasında popülerlik kazanmıştır (Romano ve diğ., 2021).

Araştırmacılar, kullanılan öğütme yönteminin bir sonucu olarak bakliyat unlarının parçacık boyutunun ekmek ve kurabiyelerin nihai kalitesini önemli ölçüde etkilediğini belirtmektedirler. Bununla birlikte, baklagil unlarının ekmeğe eklenmesinin hacmi azalttığı ve daha sıkı bir doku ile sonuçlandığı bildirilmiştir ve yapılan çalışmada kırmızı mercimek unlarının sarı bezelye ununa kıyasla daha büyük partikül dağılımları tespit edilmiştir (Bourré, Frohlich, ve diğ., 2019).

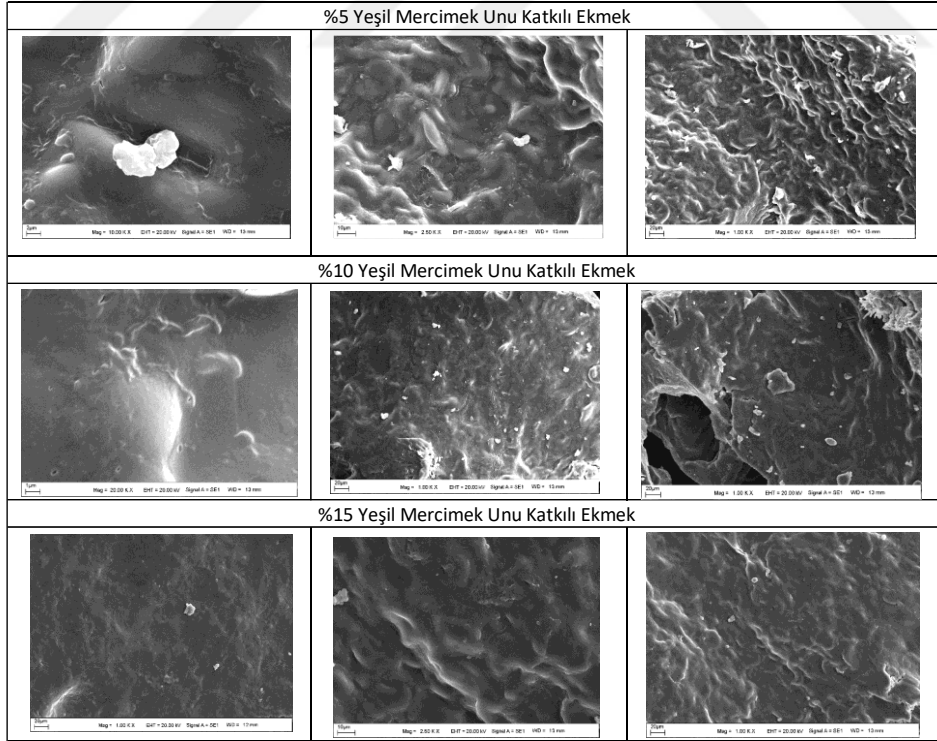




Şekil 4.13 : Fasulye unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.



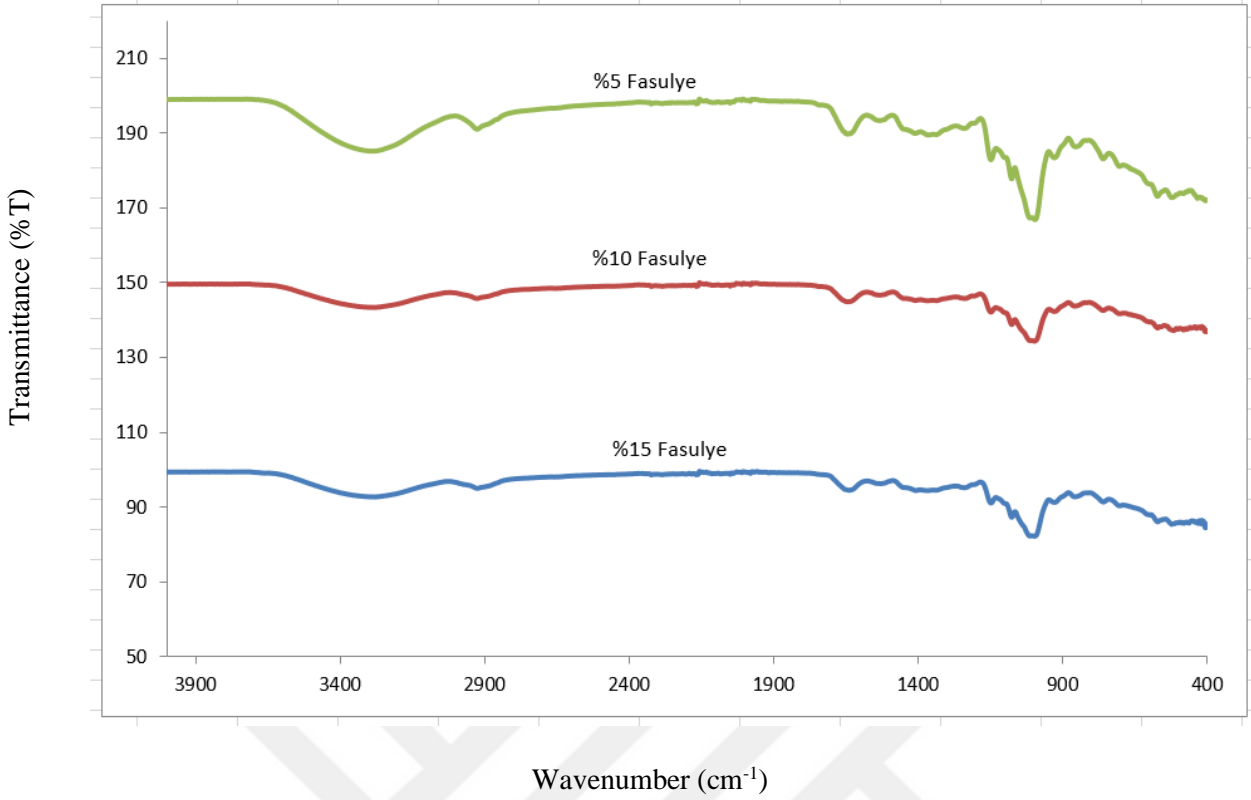
Şekil 4.14 : Börülce unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.



Şekil 4.15 : Mercimek unu ilave edilmiş ekmeklerin SEM görüntüleri.

4.3.5 Ekmek FTIR spektrum değerleri

Farklı oranlarda fasulye unu katkılanması ile üretilmiş ekmek numunelerinin FTIR spektrumları Şekil 4.16 'da gösterilmiştir. FTIR spektrumları, ana karbonhidrat, protein, lipid ve aroma esterleri gibi organik molekül sınıflarıyla ilişkili bantları göstermektedir. 3289 cm⁻¹ 'deki bant, -N-H ve -OH gerilme titreşimlerinin karakteristiğidir. 2923–2853 cm⁻¹ bölgesi, CH₃ ve CH₂ gruplarının simetrik ve asimetrik gerilme titreşimlerine atanabilir. 1815 cm⁻¹ bandı, yağ asitlerinin karakteristiği olan C=O ester karbonil veya karboksilik asit gruplarının gerilmesine karşılık gelmektedir. 1645 cm⁻¹'deki amid I bandı, amid I'deki C=O gerilmesinden kaynaklanırken, 1545 cm⁻¹'deki amidik bant II ve 1460 cm⁻¹'de C-N-H gruplarının bükülme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır 1500 ila 800 cm⁻¹ arasındaki IR bölgesi, yaygın olarak, C-O, C-C, C-H ve C-N bağlarının titreşimlerine karşılık gelen bantları içeren “parmak izi” bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölge bir yandan bilgi açısından çok zengindir, ancak diğer yandan karmaşıklığı nedeniyle analiz edilmesi zordur. Bu alan, numunede bulunan şekerler, alkoller ve organik asitler gibi organik bileşikler hakkında önemli bilgiler sağlar. Her üç tabakta da 1015, 1077 ve 1149 cm⁻¹'de gözlemlenen tepe noktaları nişastanın C-O-C gerilmesi ve CO(-COH) gerilmesi ile ilgilidir. Bu pikler, numunelerde artık nişastanın varlığını yansıtır ve pişirme sırasında proteinler ve nişasta arasındaki artan bağlantı tarafından potansiyel olarak indüklenir. 850 cm⁻¹ 'de bulunan tepe aromatik C-H düzlem dışı deformasyona atanır ve 759 cm⁻¹ 'deki tepe muhtemelen S-N germe moduna karşılık gelir. Temel olarak, FTIR spektroskopisi, Gluten proteinlerinin ikincil yapısındaki değişiklikleri gözlemlenmek için de kullanılabilir. Bu numunelerde fasulye miktarı arttıkça protein pik şiddetleri de kısmi olarak artmıştır.



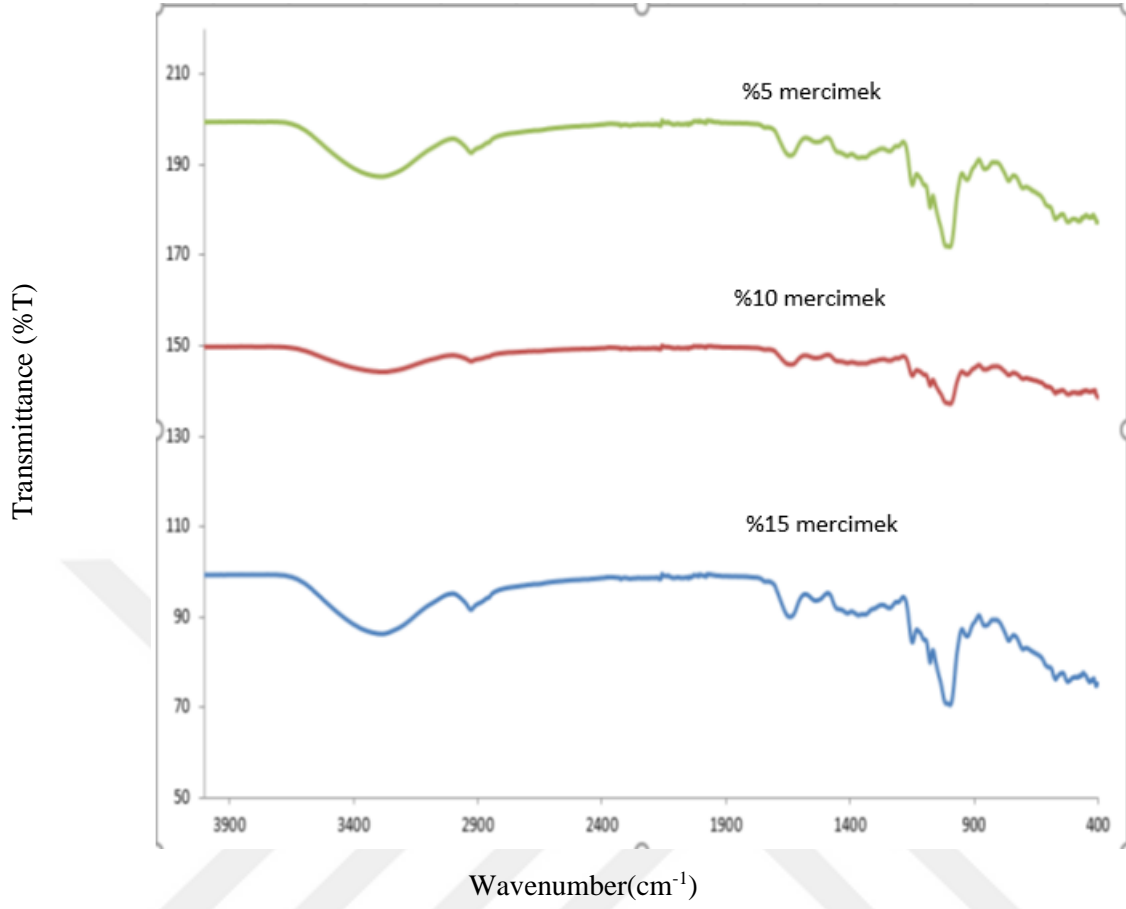
Şekil 4.16 : Fasulye unu ilaveli ekmeklerin FTIR spektrumları.

%5, %10 ve % 15 oranında börülce unu kullanılarak üretilen ekmek numunelerinin FTIR spektrumları Şekil 4.17’de verilmiştir. Börülce unu ilaveli ekmek numunelerinin spektrumunda, Gluten proteini ve nişasta bantları arasında açık bir fark vardır. Amit-I ve amid-II’nin tipik protein absorpsiyon bantları sırasıyla 1651 ve 1541 cm⁻¹ 'de görünür. Nişastanın kızılötesi absorpsiyon bantları 1020, 1080 ve 1150 cm⁻¹ 'dir ve bu, polisakkarit moleküllerinin birleşik C-O, C-O-C ve C-C germe titreşimine atanabilir. Farklı numunelerin amid bantlarının şiddeti eklenen börülce miktarındaki artış ile doğru orantılı olarak büyümektedir. Ancak genel olarak 1000 – 1100 cm⁻¹ arasındaki karbonhidrat piklerinin kısmen sabit kaldığı görülmektedir. Buradan börülce unu kullanılarak elde edilen ekmeğin protein değerinin belirgin oranda arttırıldığı görülmektedir.



Şekil 4.17 : Börülce unu ilaveli ekmeğin FTIR spektrumu.

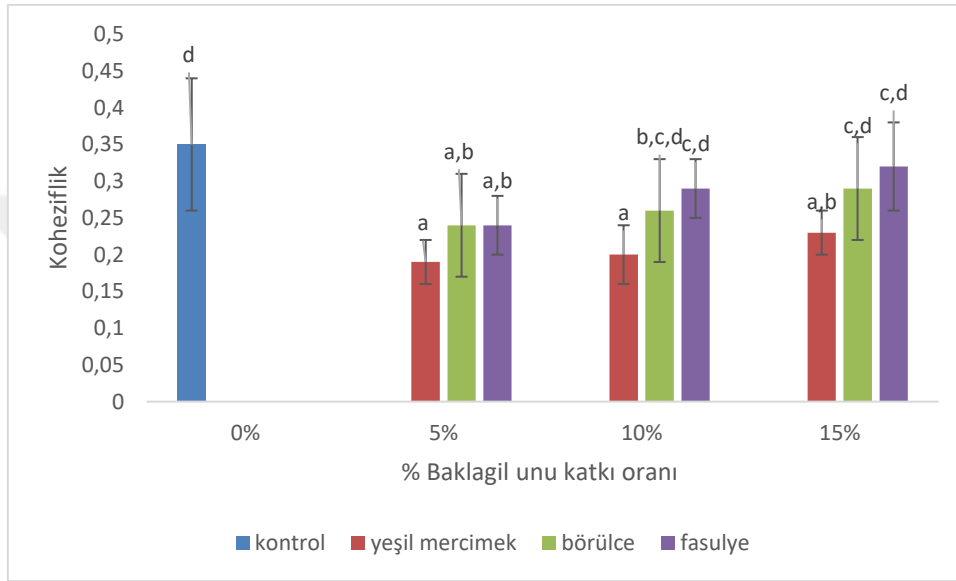
Farklı oranlarda mercimek unu katkılanarak üretilen ekmeğin numunelerinin kimyasal yapısı FTIR spektrumu ile belirlenmiştir. Bu analizlerde elde edilen FTIR spektrumları Şekil 4.18’de verilmiştir. Elde edilen ekmeğin numunelerinin spektrumlarında proteinler, yağlar, karbonhidratlar ve su için karakteristik pikler gözlemlenmiştir. 3600–3200 cm^{-1} aralığındaki yoğun bant, serbest -O-H gruplarının hidrojen bağı gerilme titreşimi ile üretilmiştir. Bu pikin %10 luk numunede düşük şiddette olması kurutma işleminden kaynaklanmaktadır. Piklerin konumu ve menşeyi üç numune için de aynıdır. 2950–2800 cm^{-1} aralığındaki küçük pik, alifatik C-H bağı gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır. 1500 ve 900 cm^{-1} arasındaki spektral bölge, verilen örnek için benzersiz desen özelliğinden dolayı parmak izi bölgesi olarak adlandırılır. Protein için, iki bant varlığı önemlidir: biri literatürde amid bandı I olarak tanımlanan 1683 cm^{-1} ’deki pik ve diğeri 1594 cm^{-1} ’deki amid bandı II pikidir. Diğeri bir önemli protein pik ise yaklaşık 1450 cm^{-1} ’deki C-N pikidir. Lipidler için, sırasıyla 1197–952 cm^{-1} ve 952–886 cm^{-1} spektral aralıklarında yer alan bantların oranı önemlidir. Ayrıca ester yapıları lipidler ve aroma vericilerden kaynaklanan 1820 cm^{-1} ’deki pik belirgindir. Tüm bu pik yapıları yorumlandığında mercimek oranı arttıkça 1820 cm^{-1} ’deki pikin büyüdüğü ancak üç spektrumunda da pik yapılarında karbonhidrat yapılarının baskın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18 : Mercimek unu ilaveli ekmeğ FTIR spektrumu.

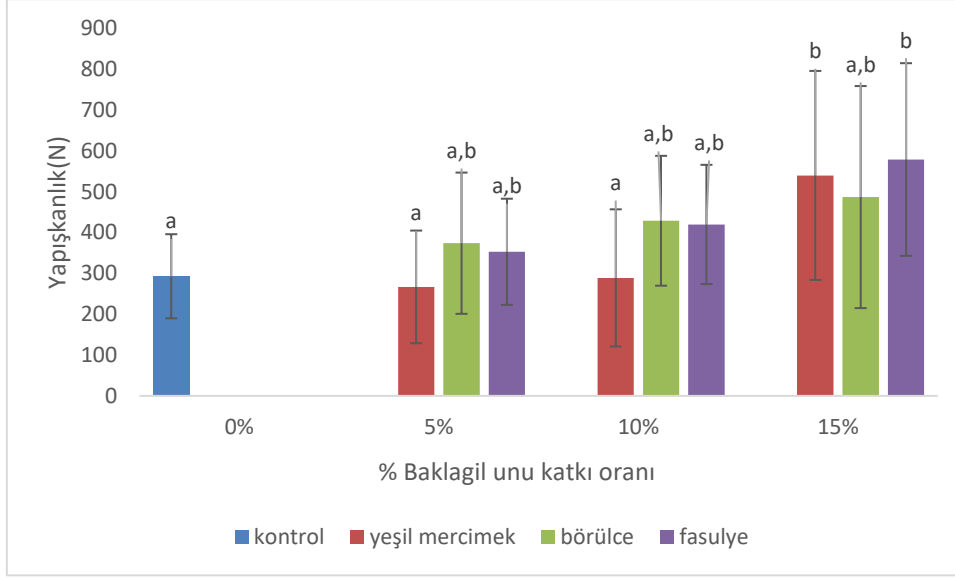
4.3.6 Ekmek tekstür özellikleri

Çalışmada, ekmek örneklerine ilave edilen baklagil unu konsantrasyonu arttıkça kohezyon ve esneklik parametreleri artış göstermiştir. Fakat buğday unundan yapılan kontrol ekmeğinin daha kohezif ve daha esnek yapıda olduğu görülmektedir. İkame oranlarına göre ekmeklerdeki bu parametreler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. ($P<0.05$). İkame oranları arttıkça ekmeklerdeki hacim azaldığı için, sertlik de artarak daha sıkı bir yapı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.19 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin koheziflik değerleri.

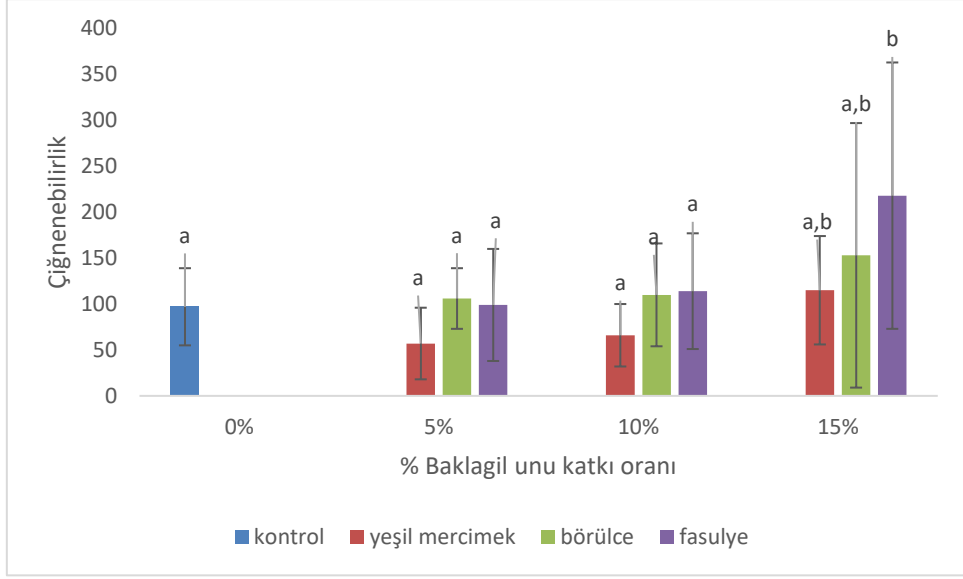
Koheziflik etkisi, buğday ununda yapılan ekmeklerde, baklagil unundan yapılan ekmek örneklerine göre daha yüksek olarak belirlenmiştir. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P<0.05$). Baklagil oranları arttıkça, etkinin arttığı görülmektedir. Belirlenen en fazla etki, fasulye ununda tespit edilmiştir. Şekil 4.19’da baklagil unu katkılı ekmeklerin koheziflik değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.20 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin yapışkanlık değerleri.

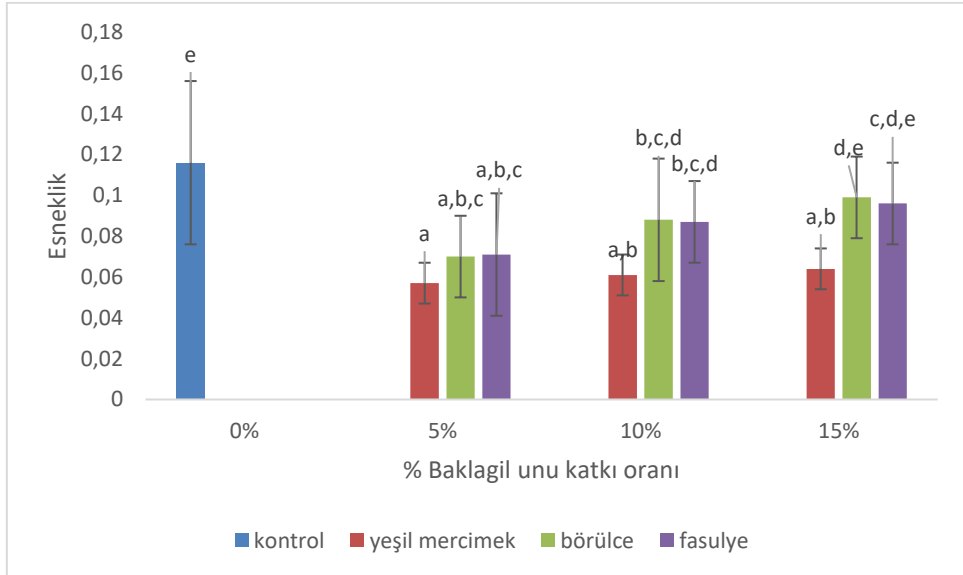
Yapışkanlık, gıdadaki nem dağılımının bir ölçüsüdür. Yapışkanlık özelliklerinin genellikle doku kalitesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Huang ve diğ., 2007). Yaptığımız çalışmalarda baklagil unlarının oranı arttıkça yapışkanlık değerleri artmıştır. Yapışkanlık etkisinin baklagil unlarında kontrol örneğinden yüksek olduğu görülmektedir. En fazla yapışkanlığın fasulye unu ilave edilmiş ekmek örneklerinde olduğu görülmüştür. Şekil 4.20’de baklagil unu katkılı ekmeklerin yapışkanlık değerleri gösterilmiştir.

Çalışmada, yapışkanlık değerindeki artışın, baklagil unlarının içerdiği lif oranına bağlı olduğu düşünülmektedir. Lif oranı arttıkça, yapışkanlık artmaktadır. Gularte ve diğ. (2012), yaptıkları baklagil unu katkılı keklerde, protein içeriğindeki artışın, yapışkanlık değeri ile pozitif korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Makarnalık buğday ve baklagil ununun, özellikle lif ve protein içeriğindeki farklı kimyasal bileşimi, gluten-protein ağı gelişimini etkilemekte ve böylece yapışkanlığını arttırmaktadır (Stefano ve diğ., 2021).



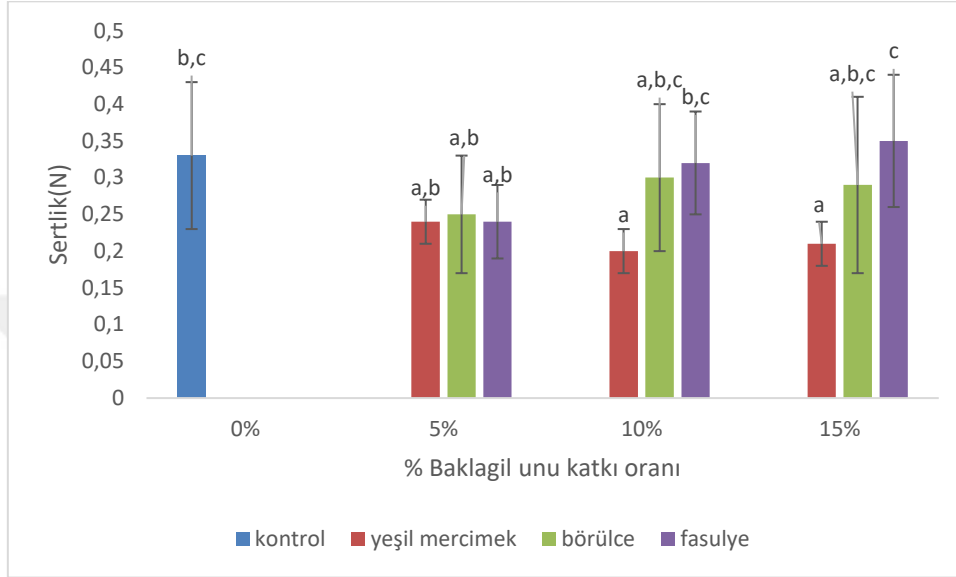
Şekil 4.21 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri.

Baklagil unu oranı arttıkça ekmekteki çiğnenebilirlik oranında da artış gözlemlenmiştir. Şekil 4.21’de baklagil unu katkılı ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri gösterilmiştir. Yapılan bir çalışmada, baklagil unu ilavesi, kontrol kekiyle aynı modeli gösteren mercimek ilavesi hariç, diğer baklagil unlarının ilavesi kekin sertliği ve çiğnenebilirliğinde önemli ($P < 0.05$) artışa neden olmuştur (Gularte ve diğ., 2012).



Şekil 4.22 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin esneklik değerleri.

Ekmeklerin esneklik değerleri ikame oranlarının artmasıyla birlikte artmış, fakat kontrol örneğine göre az olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.22 'de baklagil unu katkılı ekmeklerin esneklik değerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.23 : Baklagil unu katkılı ekmeklerin sertlik değerleri.

Düşük konsantrasyondaki baklagil unu ilavesinde hamur sertliği azalırken, yüksek konsantrasyondaki baklagil unu ilavesinde sertlik kısmen artmıştır. Genel olarak ekmek hacmi ne kadar büyükse sertlik değerinin o kadar düşük olacağı yani ekmeğin daha yumuşak olacağı ifade edilmiştir. Bu çalışmada ekmek hacmi ve sertliğine dair elde edilen sonuçlar daha önceki veriler ile uyumludur. Kesre ve Masatcioglu (2022), ekstrüde ürünler üzerinde çalışmış ve mercimek unu eklenen ürünlerin anlamlı ölçüde daha sert olduğunu tespit etmişlerdir. Stefano ve diğ. (2021), mercimek ununun genel olarak tahıl bazlı una göre daha fazla protein içermesi nedeniyle zenginleştirilmiş makarnada sertliğinin arttığını belirtmişlerdir. Hallén ve diğ. (2004), yaptıkları çalışmalarında %20 'ye kadar börülce unu yerine buğday unu kullanılmasının, kontrol ekmeğine benzer özelliklere sahip ekmek ürettiğini göstermiştir. Fakat börülce unu ile ekmek üretimi işlenmesi zor olup, oldukça yapışkan bir hamur elde edilmesine yol açmıştır.

Çalışmamızda da benzer olarak yapışkan hamurlar elde edilmiştir.Yapılan bir çalışmada, mercimek ununun yüksek protein ve lif içeriğinin, genleşme seviyesi ve ürünün dokusu gibi teknolojik özellikleri olumsuz etkilediği belirtilmektedir (Romano ve diğ., 2021).

Tekstür açısından, buğday ununa baklagil unu dahil etmek her zaman ürünün sertliğini ve sıklılığını arttırmıştır (Monnet ve diğ., 2019). Yapılan bir çalışmada, ekmeklerin TPA'sı, garbanzo nohut ve bezelye için olumlu etkiler göstermiş ve kontrolden önemli ölçüde daha yumuşak ve daha az çiğnenebilir doku ile sonuçlanmıştır. Örneğin, garbanzo nohut ve bezelye için sertlik sırasıyla 2419 g ve 2815 g iken, kontrolün 3981 g olarak belirtilmiştir. Kırıntı dokusunun yumuşaması, baklagil unlarının emülsifiye edici aktivitesi ile ilişkilendirilmiştir. Ekmek kırıntısı, monogliseritlerin diasetil tartarik asit esteri, sodyum stearoil laktilat ve monogliserit için gösterildiği gibi emülgatörlerin yumuşattığı bilinmektedir. Aksine, sarı soya fasulyesi daha sert bir ekmek ortaya çıkarmıştır (4816 g), muhtemelen düşük kuru maddesinin herhangi bir işlevsellik sağlayamadığı, bunun yerine nişasta-protein ağırlığı bozduğu, bu hamurun yapıştırma özellikleri diğerlerinden daha yüksek bozulma ve gerileme gösterdiği, bu nedenle soğutma üzerine daha yüksek oranda nişasta yeniden kristalleşmesi olduğunu gösterdiği belirtilmiştir (Huang ve diğ., 2007). Yapılan farklı bir çalışmada ise çim bezelye ununun % 10-% 20'si ile zenginleştirilmiş makarnalarda ters bir eğilim kaydedilmiştir. Baklagil unu ile zenginleştirilmiş makarna (fava fasulyesi, yeşil ve sarı bezelye, mercimek ve nohut) makarnalık buğday makarnasına göre daha yüksek sertlik ile karakterize edilmiştir. Araştırmacılar, eğilimin ürünlerdeki daha yüksek protein içeriği ile ilişkili olabileceğini öne sürmüşlerdir. Doku parametreleri üzerinde önemli bir etki, pişirme sırasında su emilimi ile sağlanabilir. Yüksek proteinli makarna durumunda kaydedilen daha düşük su emilimi (lupin, protein izolatu ve faba fasulyesi unu gibi baklagil bileşenlerinin eklenmesiyle), ürünlerin daha yüksek sıklılığını ve sertliğini belirleyen bir faktör olabilir denilmiştir. Makarnanın daha uzun pişirme süresi, ürünlerde daha yüksek nem içeriğine katkıda bulunur ve makarna sertliğinde azalmaya neden olabilir. Soya unu ilavesinin makarnanın sıklılığını azalttığı gözlenmiştir (Tetrycz ve Sobota, 2020).

Oladunmoye ve diğ. (2010), buğday, manyok (*Manihot esculenta*), mısır ve börülce (*Vigna unguiculata*) unlarının partikül boyutu, nem içeriği, hacim ağırlığı, renk, su emme kapasitesi, yapışkanlık viskozitesi, yağ ve protein içerik değerlerinin karşılaştırmalı değerlendirilmesini tespit ettikleri çalışmada, unların hem kimyasal hem de fiziksel özelliklerinin unlardan elde edilen ürünlerin kalitesini aynı oranda etkilediğini ifade etmişlerdir.

4.3.7 Ekmek duyuşal analiz değerleri

Üretilen ekmekler panelistlere sunulmuş ve ekmekleri renk, koku, tat, dilim sertliği, gözenek yapısı, tekstür, çığnenebilirlik, lezzet ve genel beğeni özellikleri açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11’de gösterilmiştir. Çalışmada ikame oranları arttıkça ürünlerin renk puanlarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu azalma ekmeklere yapılan %5, %10 ve %15 katkı oranlarında, kontrole göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Katkı oranının artması, ürünlerin renk değerlerinde anlamlı fark oluşturmuştur. Renk farklılıkları panelistler üzerinde duyuşal olarak olumsuz etki oluşturmuştur.

Ekmeklerin koku açısından değerlendirilmesinde, en yüksek puanlar kontrol ekmeğinden sonra %5 börölce unu katkılı ekmek ve %5 fasulye unu katkılı ekmek örneklerinde tespit edilmiştir. Çalışmada ekmeklere ilave edilen ikame baklagil katkı oranlarının arttıkça, duyuşal olarak puanların düştüğü, beğenin azaldığı görülmüştür. Tat ve aroma değerlendirildiğinde ekmeklerdeki baklagil unu oranı arttıkça, baklagillere ait aroma baskın gelmiştir ve panelistlerin damak tadına hitap etmemiştir. Çalışmada renk, koku, aroma gibi duyuşal özelliklerin, özellikle daha düşük %5 baklagil unu katkılı ekmeklerde, %10 ve %15 baklagil unu katkılı ekmeklerden daha fazla beğenildiği görülmüştür. Dilim sertliği baklagil un oranları arttıkça, artış göstermiştir.

Çığnenebilirlik açısından değerlendirildiğinde, onların katkı oranları arttıkça ekmeklerin sertliği de arttığı için puanlar düşüş göstermiştir. Verilen puanlar incelendiğinde ekmeklerin hepsinin yenilebilir olduğu, 3 puandan aşağı puan verilmediği gözlemlenmiştir. Börölcenin ekmek besin profiline katkısı da protein %10 ve lif içeriğinde %2,2 artış sağlaması ve buğday ekmeğine benzer bir enerji değerine sahip olması nedeniyle önem arz etmektedir. Buğday ununun börölce unuyla ikamesi > %15 olduğunda özgül hacim düşmektedir ve pişirme performansı ile duyuşal kabul edilebilirlik olumsuz etkilenmektedir (Melini ve diğ., 2017). Previtali ve diğ. (2014), yaptıkları bir araştırmada, mercimek ununun %25 oranında artmasının ekmek örneğinin tekstürel ve duyuşal kalitesinde azalmaya neden olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, genel beğeni özellikleri incelendiğinde kontrol ekmeği en yüksek puanı almıştır. Kontrol ekmeğinden sonra en yüksek puanı alan ekmek %5 fasulye unu katkılı ekmek olmuştur. %5 fasulye unu katkılı ekmeğin tüketici beğenisi ve lezzet algısına uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.11 : Ekmeklerde yapılan duyu analizi değerleri.

	Renk	Koku	Tat	Dilim sertliği	Gözenek yapısı	Çiğnenebilirlik	Lezzet	Genel beğeni
K	5,00±0,02 ^f	4,91±0,01 ^f	5,00±0,04 ^g	4,95±0,04 ^g	4,89±0,09 ^d	5,00±0,00 ^c	5,00±0,00 ^d	4,96
%5f	5,00±0,02 ^f	4,83±0,01 ^e	5,00±0,04 ^g	4,8±0,04 ^f	5,00±0,09 ^d	5,00±0,00 ^c	4,83±0,01 ^{c,d}	4,92
%10f	4,85±0,02 ^e	4,50±0,02 ^c	4,5±0,01 ^c	4,18±0,07 ^b	4,83±0,41 ^d	4,67±0,52 ^{b,c}	4,33±0,00 ^c	4,6
%15f	3,87±0,07 ^a	4,00±0,05 ^a	3,80±0,03 ^a	3,85±0,03 ^a	3,50±0,55 ^{a,b}	4,00±0,52 ^{a,b}	3,33±0,51 ^a	3,76
%5b	5,00±0,01 ^f	4,83±0,01 ^e	4,70±0,00 ^e	4,6±0,04 ^c	4,70±0,52 ^{c,d}	4,67±0,52 ^{b,c}	4,83±0,41 ^{c,d}	4,76
%10b	4,83±0,01 ^e	4,66±0,01 ^d	4,60±0,04 ^d	4,5±0,04 ^d	3,83±0,41 ^{a,b}	3,83±0,41 ^a	4,70±0,51 ^{c,d}	4,42
%15b	4,17±0,01 ^b	4,34±0,00 ^b	4,40±0,11 ^b	4,43±0,09 ^c	3,33±0,51 ^a	3,33±0,52 ^a	3,50±0,51 ^{a,b}	3,93
%5 ym	4,99±0,07 ^f	4,67±0,03 ^d	4,80±0,01 ^f	4,8±0,04 ^f	4,00±0,60 ^{a,b}	4,67±0,63 ^{c,d}	4,83±0,41 ^{c,d}	4,68
%10 ym	4,67±0,01 ^d	4,51±0,01 ^c	4,60±0,04 ^d	4,51±0,04 ^d	3,40±0,66 ^a	3,83±0,98 ^a	4,70±0,01 ^{c,d}	4,32
%15 ym	4,5±0,01 ^c	4,67±0,01 ^d	4,5±0,04 ^{b,c}	4,48±0,05 ^{c,d}	4,08±0,92 ^{b,c}	3,42±0,66 ^a	3,83±0,41 ^b	4,21

Farklı harflerle gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık vardır ($P < 0.05$).

f: fasulye unu katkı ekmeği

b: börülce unu katkı ekmeği

ym: yeşil mercimek unu katkı ekmeği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Baklagiller, önemli bir protein, karbonhidrat, vitamin ve mineral kaynağı olması, dünya çapında sürdürülebilir ve ucuz et alternatifi olarak değerlendirilmesi dikkate alınarak; çalışmada, bazı baklagil unları (fasulye, börülce, mercimek) ile zenginleştirilmiş ekmeğin üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda; önce fasulye, börülce, kırmızı mercimek ve yeşil mercimek unlarının fizikokimyasal özellikleri belirlenmiş, ardından tüm ekmeğin formülasyonlarına %5, %10 ve %15 oranlarında fasulye, börülce, yeşil mercimek unları ilave edilerek hazırlanan hamur ve ekmeklerin bazı kalite nitelikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada baklagil unlarının protein, kül ve toplam besinsel lif değerleri, tahıllardan (kontrol olarak kullanılan buğday) yüksek bulunmuştur. Baklagil unları içerisinde protein içeriği en yüksek yeşil mercimek unu, toplam besinsel lif ve kül içeriği en yüksek fasulye unu olarak tespit edilmiştir. Baklagil unları, bitki proteini, besinsel lif ve diğer faydalı besin öğeleri dikkate alındığında besleyici bir alternatif kaynak olarak kabul edilebilir.

Tüketici kitlesinin geleneksel ekmeğin rengi algısına en uygun renk olarak, L^* değeri yüksek olan fasulye unu öne çıkmaktadır. Kırmızı mercimek ununda a^* değerinin (kırmızı) en yüksek yeşil mercimek ununda b^* değerinin (sarı) en yüksek ve fasulye ununun buğday unundan sonra en yüksek L^* değerine (beyaz) sahip olması renk ölçüsü hakkında açıklayıcı tespit oluşturmuştur.

Çalışmada, baklagil unları ile buğday ununun morfolojik değerlendirmesinde, baklagil unlarının, buğday ununa göre daha pürüzlü, büyük granüllü olduğu, yapısındaki ince uzun görüntülerin lif oranının fazla olmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak tüm un numunelerinin FTIR spektrumlarında benzer pik yapıları göze çarpmaktadır. Yapısal olarak buğday unu çok daha nemli, serbest OH pikleri çok daha belirgin olarak tespit edilmiştir. Özellikle börülce, fasulye ve yeşil mercimekte serbest OH piklerinin çok daha zayıf olduğu görülmüştür. Buğday unu yapısındaki karbonhidrat miktarı protein miktarına göre oldukça fazladır. Fasulye, mercimek, börülce yapılarında ise protein miktarı artmaktadır. Bir oranlama yapılırsa, bu numunelerde yaklaşık %20 protein ve %70 civarında karbonhidrat bulunmaktadır. Buğday ununda bu oran %10 protein ve yaklaşık %75 karbonhidrat olarak görülmüştür. Element analiz sonuçlarından azot oranının baklagillerde çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

İşlevsel olma özellikleri nedeniyle baklagil unları, tahıl unlarının kısmen veya tamamen ikame edildiği daha sağlıklı fonksiyonel gıdaların üretiminde iyi bir potansiyel göstermektedir.

Farklı baklagil unlarının buğday ununa farklı oranlarda karıştırılması ile elde edilen hamurların farinogram ve ekstensogram değerleri belirlenmiştir.

Farinogram değerleri açısından yapılan değerlendirmede; hamurda fasulye unu ilavesi arttıkça, su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerinin arttığı görülmüştür. Yumuşama derecesi (10. dk ve 12. dk) değerleri ise fasulye unu katkısı arttıkça azalım göstermiştir. Yumuşama derecesi ne kadar düşük, hamur gelişme süresi ve stabilite ne kadar yüksek ise, hamur o kadar kuvvetlidir. Bu bilgiye göre hamur kuvveti en fazla %15 fasulye unu katkılı hamurlarda tespit edilmiştir. Börülce ununun buğday ununa farklı oranlarda ilave edilmesiyle elde edilen hamurların stabilitesi %15 oranında katkılamada en yüksek seviyede tespit edilmiştir. Yumuşama derecesinin en yüksek %5 börülce unu katkılı hamurlarda, en düşük değerlerin ise %15 börülce unu katkılı hamurlarda saptandığı görülmektedir. Baklagil un katkısı arttıkça, hamurların yumuşama derecesi düşmüştür. Yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda, katkı oranı arttıkça, su absorpsiyonu, gelişme süresi ve stabilite değerlerinin arttığı görülmüştür. En yüksek su absorpsiyon değeri %15 yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda tespit edilmiştir. Yumuşama derecesinin en yüksek değeri %5 yeşil mercimek unu katkılı hamurlarda olduğu, katkı oranı arttıkça, yumuşama derecesinin azaldığı saptanmıştır.

Baklagiller genellikle tahıllardan daha fazla protein içerdiğinden, buğday ununa fasulye unu ilavesinin karışımların protein içeriğini artırması beklenir. Bu nedenle, kompozit unların daha fazla su emmesi bu etkiye neden olabilir. Çalışmada baklagil unu katkısı ile hazırlanan hamurlarda, suyu absorbe etme kapasitesinin, baklagil katkısı arttıkça doğru orantılı olarak artması, baklagil unlarının yapısındaki protein ve lif miktarının artışına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Hamurların ekstensograf açısından değerlendirilmesinde; en yüksek hamur mukavemeti gösteren örneklerin fasulye unu ilaveli örnekler olduğu tespit edilmiştir. Fasulye ununu, börülce ve ardından mercimek unu ilaveli hamur örnekleri takip etmektedir. Baklagil unu katkısı arttıkça, maksimum direnç değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Katkı oranının artışı, baklagil unu katkılı hamurların direncini azaltmıştır. En fazla direnç gösteren hamurların, fasulye unu katkılı hamurlar olduğu görülmektedir. Enerji değeri baklagil unları arasında en yüksekten düşüğe sırasıyla mercimek, fasulye, börülce unu olarak tespit edilmiştir. Baklagil örneklerinin katkı oranlarının arttıkça, enerji değerlerinin düştüğü görülmüştür. Katkı oranının artması, unun kuvvetini azaltmıştır.

Çalışmamızda, buğday unu referans alınarak analizler yorumlanmıştır. Tamamen buğday unu ile hazırlanan hamur (kontrol) ile baklagil unu katkılı ekmek hamurları kıyaslandığında, baklagil unu ilavesi artışının hamur mukavemeti ve uzayabilirlik oranlarında azalma ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde baklagil un ilave oranı arttıkça, maksimum direnç ve enerji oranında da düşüş meydana gelmiştir.

Çalışmada baklagil unu katkılı ekmeklerdeki nem oranının, kontrol ekmeğine kıyasla anlamlı bir şekilde artış gösterdiği belirlenmiştir. En yüksek nem miktarı; %15 yeşil mercimek unu katkılı ekmekte %57,67, en düşük nem içeriği baklagil unu içermeyen katkısız ekmekte %42,11 belirlenmiştir. Yüksek protein içerikli unların daha fazla su absorbe ettiği bilinmektedir.

Protein oranları, baklagil unlarının oranları arttıkça kontrol ekmeğine göre anlamlı bir şekilde artmıştır. Bu sonuç, baklagil ilavesinin tahıl bazlı geleneksel gıdaların karbonhidrat içeriğini azalttığını göstermiştir. Baklagil unlarının yağ oranı, buğday unundan fazla olduğu için, dolayısı ile baklagil unu katkılı ekmeklerin yağ oranı kontrol ekmeğine göre fazla çıkmıştır. Kül miktarı ise en fazla %15 fasulye unu katkılı ekmekte gözlemlenmiştir. Diyet lifi oranı ise en fazla %15 fasulye unu katkılı %26,23 ve %15 börülce unu katkılı %20,52 ekmekte belirlenmiştir.

Buğday ununa baklagil ilave ederek (%5, %10, %15) hazırlanan ekmeklerde, artan katkı oranlarına bağlı olarak son ürünün çeşitli besinsel özellikler bakımından zenginleştiği (protein, yağ, mineral madde, besinsel lif) belirlenmiştir.

Farklı oranlarda baklagil unu katılması ile üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri kontrol örneğinden daha fazla çıkmıştır. Baklagil unlarının buğday ekmeğine ilave edilmesinin hamur yapısını zayıflattığı için ekmek hacmi ve ekmek içi elastikiyetini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Baklagil katkılı ekmeklerdeki en önemli renk değişimi fasulye ununun kullanıldığı örneklerde görülmüş, L^* , a^* ve b^* değerlerinde artış gözlenmiştir.

Buğday unu bazlı ekmeklere baklagil ilavesi besinsel, kimyasal, fiziksel ve fonksiyonel özellikleri istatistiksel olarak anlamlı etkilemiştir ($p < 0,05$).

Morfolojik açıdan yapılan değerlendirmede fasulye unu ilaveli ekmeklerin gözenek dağılımının daha homojen olduğu, yeşil mercimek unu ile yapılan ekmeklerde ise büyük ve düzensiz gözenekler olduğu gözlenmiştir.

FTIR spektrumları, ana karbonhidrat, protein, lipid ve aroma esterleri gibi organik molekül sınıflarıyla ilişkili bantları göstermektedir. Fasulye unu katkılı ekmeklerde genel olarak katkı oranı arttıkça protein pik şiddetlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Börülce unu ilaveli ekmek numunelerinin spektrumunda, gluten proteini ve nişasta bantları arasında açık bir fark tespit edilmiştir. Börülce unu kullanılarak elde edilen ekmeğin protein değerinin belirgin oranda arttırıldığı görülmektedir.

Tekstürel özellikler açısından yapılan değerlendirmede, baklagil oranları arttıkça, kohezif etkinin arttığı görülmüş olup, en fazla etki, fasulye ununda tespit edilmiştir. Yapışkanlık özellikleri genellikle doku kalitesi ile ilişkili olup, lif oranı arttıkça artmaktadır. Baklagil unlarının oranı arttıkça yapışkanlık değerleri artmıştır. En fazla yapışkanlığın fasulye unu ilave edilmiş ekmek örneklerinde olduğu görülmüştür.

Ekmeklerin esneklik değerleri ikame oranlarının artmasıyla birlikte artmış, fakat kontrol örneğine göre az olduğu gözlemlenmiştir. Düşük konsantrasyondaki baklagil unu ilavesinde hamur sertliği azalırken, yüksek konsantrasyondaki baklagil unu ilavesinde sertlik kısmen artmıştır. Tekstür açısından, buğday ununa baklagil unu dahil etmek ürünün sertliğini ve sıklığını arttırmıştır.

Çalışmada ekmeklere ilave edilen ikame baklagil katkı oranlarının arttıkça, duyuşal olarak puanların düştüğü, beğenin azaldığı görülmüştür. Çalışmada renk, koku, aroma gibi duyuşal özelliklerin, özellikle daha düşük %5 baklagil unu katkılı ekmeklerde, %10 ve %15 baklagil unu katkılı ekmeklerden daha fazla beğenildiği görülmüştür. Dilim sertliği baklagil un oranları arttıkça, artış göstermiştir. Çiğnenebilirlik açısından baklagil katkı oranları arttıkça ekmeklerin sertliği de arttığı için puanlar düşüş göstermiştir. Tüketici kabul edilebilirliği açısından, baklagil un miktarı arttıkça ekmeğin renginin koyulaşması ve duyuşal olarak istenmeyen tat ve kokunun da anlamlı ölçüde artmasına sebep olmuştur. %5 baklagil unu katkılı ekmekler daha çok beğenilirken, bunların arasından duyuşal olarak en beğenilen ekmek %5 fasulye unu katkılı ekmek olmuştur.

Baklagil unlarının eklenmesiyle ekmeğin protein içeriğinin arttırılması, protein için hayvan türlerine büyük ölçüde bağımlı olmanın getirdiği kalıcı çevresel etkiyi azaltmak için de iyi bir girişim olacaktır. Halihazırda piyasada baklagil katkılı ekmek bulunmamaktadır ve baklagil kullanımının artması, küresel baklagil pazarını yönlendirmeye devam edecektir.

Laboratuvar ölçeğindeki ekmek denemelerinden elde edilen zengin bilgiler, şunu doğrulamaktadır: Baklagil unlarının dahil edilmesi, nihai ekmek yapısını, ekmeğin kalitesini ve duyuşal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yine de, en uygun olanı belirlemek için

daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Kuru protein konsantreleri/izolatları üretimi için yeterli teknolojinin bulunmadığı veya baklagil proteinlerini kullanmak için uygun maliyetli proseslerin bulunmadığı gelişmekte olan ülkelerde kompozit unların kullanılması avantajlı olabilir.

Unların kombinasyonu, duysal ve kalite özelliklerini iyileştirmek ve tüketici kabulünü artırmak için işleme koşullarını optimize etmek nihai pazarlanabilir bir ürün yaratmak ayrıca denemelerin ölçeğini büyütmek, ürünün raf ömrü stabilitesinin araştırılmasını ve uygun aromatik formülasyonunun reçete edilmesini gerektirecektir.



KAYNAKLAR

- Abdel, Z. M.** (2000). Enrichment of Egyptian ‘ Balady ’ bread . Part 1 . Baking studies , physical and sensory evaluation of enrichment with decorticated cracked broadbeans flour (*Vicia faba L.*). *44*(6), 10–13.
- Abebe, B. K., & Alemayehu, M. T.** (2022). A review of the nutritional use of cowpea (*Vigna unguiculata L. Walp*) for human and animal diets. *10*(September).
- Amonsou, E., Sakyi-Dawson, E., & Saalia, F.** (2010). Effects of cowpea flour fractionation on sensory qualities and acceptability of kpejigaou (a griddled cowpea paste food). *Journal of Food Quality*, *33*(SUPPL. 1), 61–78. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00298.x>
- Angeles, J. G. C., Villanueva, J. C., Uy, L. Y. C., Mercado, S. M. Q., Tsuchiya, M. C. L., Lado, J. P., Angelia, M. R. N., Bercansil-clemencia, M. C. M., Estacio, M. A. C., & Torio, M. A. O.** (2021). Applied sciences Legumes as Functional Food for Cardiovascular Disease. 1–39.
- Aparecida, J., Miranda, T. De, Maria, L., Carvalho, J. De, Claudia, A., Vieira, D. M., & Castro, I. M. De.** (2019). Scanning Electron Microscopy and Crystallinity of starches granules from cowpea , black and carioca beans in raw and cooked forms. 2061, 718–724.
- Apostol, L., Popa, M. E., & Mustatea, G.** (2015). Development of some innovative bakery products based on wheat flour enriched in bioactive compounds with functional. November.
- Ardley, J., & Sprent, J.** (2021). Evolution and biogeography of actinorhizal plants and legumes : *A comparison*. *January*, 1098–1121. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13600>
- Arnulphi, A., Le, A. E., & Ribotta, P. D.** (2005). Effect of soybean addition on the rheological properties and breadmaking quality of wheat flour. 1896(July 2004), 1889–1896. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2191>
- Arribas, C., Cabellos, B., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M.** (2019). LWT - Food Science and Technology Extrusion effect on proximate composition , starch and dietary fibre of ready- to-eat products based on rice fortified with carob fruit and bean. *LWT-Food Science and Technology*, *111*(March), 387–393. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.064>

- Arribas, C., Pereira, E., Barros, L., José, M., Calhella, R. C., Guillamón, E., Pedrosa, M. M., & Ferreira, I. C. F. R.** (2019). Healthy novel gluten-free formulations based on beans , carob fruit and rice : Extrusion effect on organic acids , tocopherols , phenolic compounds and bioactivity. *292*(September 2018), 304–313.
- Article, O.** (2014). Physicochemical , morphological and rheological properties of canned bean pastes “ negro Queretaro ” variety (*Phaseolus vulgaris* L .). *51*(September), 1795–1805. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0737-5>
- Bajka, B. H., Pinto, A. M., Ahn-Jarvis, J., Ryden, P., Perez-Moral, N., van der Schoot, A., Stocchi, C., Bland, C., Berry, S. E., Ellis, P. R., & Edwards, C. H.** (2021). The impact of replacing wheat flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food Hydrocolloids*, *114*(October 2020), 106565. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106565>
- Bayomy, H., & Alamri, E.** (2022). Journal of King Saud University – Science Technological and nutritional properties of instant noodles enriched with chickpea or lentil flour. *Journal of King Saud. University - Science*, *34*(3)101833. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.101833>
- Becana, M., Wienkoop, S., & Matamoros, M. A.** (2018). Sulfur Transport and Metabolism in Legume Root Nodules. *9*(October), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01434>
- Berg, T., Singh, J., Hardacre, A., & Boland, M. J.** (2012). The role of cotyledon cell structure during in vitro digestion of starch in navy beans. *Carbohydrate Polymers*, *87*(2), 1678–1688. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.075>
- Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P.** (2019). Trends in Food Science & Technology Pulses and food security : Dietary protein , digestibility , bioactive and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, *93*(228), 53–68. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.08.022>
- Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., & Vittadini, E.** (2019). Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? *Trends in Food Science and Technology*, *88*(June 2018), 416–428. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.007>
- Bourré, L., Fröhlich, P., Young, G., Borsuk, Y., Sopiwnyk, E., Sarkar, A., Nickerson, M. T., Ai, Y., Dyck, A., & Malcolmson, L.** (2019). Influence of particle size on flour and baking properties of yellow pea, navy bean, and red lentil flours. *Cereal Chemistry*, *96*(4), 655–667. <https://doi.org/10.1002/cche.10161>

- Brummer, Y., Kaviani, M., & Tosh, S. M.** (2015). Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. *Food Research International*, 67, 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.009>
- Çakir, Ö., Uçarlı, C., Tarhan, Ç., Pekmez, M., & Turgut-Kara, N.** (2019). Nutritional and health benefits of legumes and their distinctive genomic properties. *Food Science and Technology*, 39(1), 1–12. <https://doi.org/10.1590/fst.42117>
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D.** (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. İçinde *Food Research International* (C. 43, Sayı 2, ss. 461–482). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.004>
- Carbonaro, M., Maselli, P., Dore, P., & Nucara, A.** (2008). Food Chemistry Application of Fourier transform infrared spectroscopy to legume seed flour analysis. *108*, 361–368. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.045>
- Choe, U., Osorno, J. M., Ohm, J., Chen, B., & Rao, J.** (2022). Modification of physicochemical , functional properties , and digestibility of macronutrients in common bean (*Phaseolus vulgaris* L .) flours by different thermally treated whole seeds. *Food Chemistry*, 382(October 2021), 132570. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132570>
- Choi, I., Lee, M. J., Choi, J. S., Hyun, J. N., Park, K. H., & Kim, K. J.** (2011). Bread quality by substituting normal and waxy hull-less barley (*Hordeum Vulgare* L.) flours. *Food Science and Biotechnology*, 20(3), 671–678. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0095-5>
- Chung, H. J., Liu, Q., Hoover, R., Warkentin, T. D., & Vandenberg, B.** (2008). In vitro starch digestibility, expected glycemic index, and thermal and pasting properties of flours from pea, lentil and chickpea cultivars. *Food Chemistry*, 111(2), 316–321. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.062>
- Cristina, M., Vargas, A., & Simsek, S.** (2021). *Clean Label in Bread*.
- Dai, T., Li, T., Li, R., Zhou, H., Liu, C., Chen, J., & McClements, D. J.** (2020). Utilization of plant-based protein-polyphenol complexes to form and stabilize emulsions: Pea proteins and grape seed proanthocyanidins. *Food Chemistry*, 329(March). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127219>
- Dapcevic, T., Pojic, M., Hadnaev, M., & Torbic, A.** (2011). The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control. *Wide Spectra of Quality Control*, July. <https://doi.org/10.5772/24148>

- De Almeida Costa, G. E., Da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M., & De Oliveira, A. C.** (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.020>
- Dhingra, S., & Jood, S.** (2002). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry*, 77(4), 479–488. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00387-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00387-9)
- Dilrukshi, H. N. N., Torrico, D. D., Brennan, M. A., & Brennan, C. S.** (2022). Effects of extrusion processing on the bioactive constituents , in vitro digestibility , amino acid composition , and antioxidant potential of novel gluten-free extruded snacks fortified with cowpea and whey protein concentrate. *Food Chemistry*, 389(August 2021), 133107. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133107>
- Dirim, S. N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp, H., Balkesen, N., Üniversitesi, E., Fakültesi, M., Bölümü, G. M., & Yazar, Y. S.** (2014). Akademik Gıda 12(4) (2014) 27-35 Araştırma Makalesi / Research Paper Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi Effect of Different Flour Types on Bread Quality. *Kabul Tarihi*, 12(4), 27–35. <http://www.academicfoodjournal.com>
- Dominguez-pacheco, C. H. A., Jose, A. C., & Herna, M. S.** (2020). *Lentil sprouts : a nutraceutical alternative for the elaboration of bread*. 57(May), 1817–1829. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04215-5>
- Durazzo, A., Turfani, V., Azzini, E., Maiani, G., & Carcea, M.** (2013). Phenols , lignans and antioxidant properties of legume and sweet chestnut flours. *Food Chemistry*, 140(4), 666–671. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.062>
- Durović, S., Vujanović, M., Radojković, M., Filipović, J., Filipović, V., Gašić, U., Tešić, Ž., Mašković, P., & Zeković, Z.** (2020). The functional food production: Application of stinging nettle leaves and its extracts in the baking of a bread. *Food Chemistry*, 312(September 2019), 126091. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126091>
- Edvar, J., Júnior, M., Fonseca, N., Muniz, H. D., Henrique, F., José, A., Ferreira, A., Silva, A., Oliveira, D., Paiva, C., & Barbosa, T.** (2017). International Journal of Biological Macromolecules Expression in Escherichia coli of cysteine protease inhibitors from cowpea (*Vigna unguiculata*): The crystal structure of a single-domain cystatin gives insights on its thermal and pH stability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.008>

- Ertas, N., Bilgiçli, N., Özcan, S., & Sari.** (2014). Influence of lupin (*Lupinus albus* L.) yoghurt on mineral content and functional properties of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6(4), 395–401. <https://doi.org/10.3920/QAS2013.0244>
- Extensional, A., Piteira, M. F., Maia, J. M., Raymundo, A., & Sousa, I.** (2015). Extensional flow behaviour of natural fibre-filled dough and its relationship with structure and properties. January 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2006.03.008>
- Fontenele, A., Carvalho, U., Mateus, N., Sousa, D., Felipe, D., Clarissa, Lady, Maria, R., Viana, P., Thomaz, S., Saker, S., Barbosa, M., Sousa, D., Pacelli, G., Lima, G. De, Maia, S., Morais, D., Costa, C., Rodrigues, F., & Filho, F.** (2012). Journal of Food Composition and Analysis Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. 26, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.01.005>
- Foschia, M., Horstmann, S. W., Arendt, E. K., & Zannini, E.** (2017). Legumes as Functional Ingredients in Gluten-Free Bakery and Pasta Products. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-030045>
- Fu, J., Zhang, L. Le, Li, W., Zhang, Y., Zhang, Y., Liu, F., & Zou, L.** (2022). Application of metabolomics for revealing the interventional effects of functional foods on metabolic diseases. *Food Chemistry*, 367(April2021), 130697. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130697>
- Gallo, V., Romano, A., Ferranti, P., Auria, G. D., & Masi, P.** (2022). Properties and in vitro digestibility of a bread enriched with lentil flour at different leavening times. *Food Structure*, 33(January), 100284. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2022.100284>
- Ganesan, K., & Xu, B.** (2017). Polyphenol-Rich Dry Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Their Health Benefits. <https://doi.org/10.3390/ijms18112331>
- Giménez, M. A., Drago, S. R., Greef, D. De, Gonzalez, R. J., Lobo, M. O., & Samman, N. C.** (2012). Rheological , functional and nutritional properties of wheat / broad bean (*Vicia faba*) flour blends for pasta formulation. 134, 200–206. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.093>
- Goldstein, N., & Reifen, R.** (2022). Grain & Oil Science and Technology The potential of legume-derived proteins in the food industry. *Grain & Oil Science and Technology*, 5(4), 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2022.06.002>

- Gonçalves, A., Goufo, P., Barros, A., Domínguez-perles, R., Trindade, H., Rosa, E. A. S., & Rodrigues, M.** (2016). Cowpea (*Vigna unguiculata* L . Walp), a renewed multipurpose crop for a more sustainable agri-food system : nutritional advantages and constraints. November 2015. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7644>
- Granito, M., Frias, J., Doblado, R., Guerra, M., Champ, M., & Vidal-Valverde, C.** (2002). Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. *European Food Research and Technology*, 214(3), 226–231. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0450-5>
- Gularte, M. A., Gómez, M., & Rosell, C. M.** (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. 3142–3150. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0642-3>
- Ha, T. J., Lee, M. H., Jeong, Y. N., Lee, J. H., Han, S. I., Park, C. H., Pae, S. B., Hwang, C. D., Baek, I. Y., & Park, K. Y.** (2010). Anthocyanins in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata*]. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 821–826. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0115-x>
- Hallén, E., Ibanoglu, Ş., & Ainsworth, P.** (2004). Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 63(2), 177–184. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00298-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00298-X)
- He, S., Zhao, J., Cao, X., Ye, Y., Wu, Z., & Yue, J.** (2020). Low pH-shifting treatment would improve functional properties of black turtle bean (*Phaseolus vulgaris* L .) protein isolate with immunoreactivity reduction. *Food Chemistry*, 330(May), 127217. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127217>
- Heredia, A., & Andr, A.** (2021). *The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours : A review.* 145(May). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110398>
- Hooper, S. D., Glahn, R. P., & Cichy, K. A.** (2019). Single Varietal Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L .) Pastas : Nutritional Profile and Consumer Acceptability. 342–349.
- Huang, S., Liu, Y., Zhang, W., Dale, K. J., Liu, S., Zhu, J., & Serventi, L.** (2007). Composition of legume soaking water and emulsifying properties in gluten-free bread. <https://doi.org/10.1177/1082013217744903>
- Indrani, D., & Sakhare, S. D.** (2015). Development of protein and fiber enriched breads by supplementation of roller milled fractions of green gram. 52(January), 415–422. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1033-8>

- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Khan, M. S.** (2006). *Food Chemistry*, 97, 331–335. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.011>
- Iriti, M., & Varoni, E. M.** (2017). Pulses, healthy, and sustainable food sources for feeding the planet. İçinde *International Journal of Molecular Sciences* (C. 18, Sayı 2). <https://doi.org/10.3390/ijms18020255>
- Islam, T., Chowdhury, Islam, M., & Islam, M.** (2007). Standardization of Bread Preparation from Soy Flour. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 2(6), 15–20. http://ggfjournals.com/assets/uploads/4.15-20_.pdf
- Joshi, M., Timilsena, Y., & Adhikari, B.** (2017). Global production, processing and utilization of lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2898–2913. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(17\)61793-3](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61793-3)
- Joye, I. J., Lagrain, B., & Delcour, J. A.** (2009). Use of chemical redox agents and exogenous enzymes to modify the protein network during breadmaking – A review. *Journal of Cereal Science*, 50(1), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.04.001>
- Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N.** (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *British Journal of Nutrition*, 108(SUPPL. 1), 1–44. <https://doi.org/10.1017/S0007114512000797>
- Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Ioannou, M., Karathanos, V. T., Hassapidou, M., & Andrikopoulos, N. K.** (2010). Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. *Food Chemistry*, 121(3), 682–690. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.005>
- Kesre, C., & Masatcioglu, M. T.** (2022). Physical characteristics of corn extrudates supplemented with red lentil bran. *LWT*, 153(May 2021), 112530. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112530>
- Lap, B., Dabash, V., & Valenta, T.** (2019). Impact of particle size on wheat dough and bread characteristics. 297(June), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.06.005>
- Lecuona-Villanueva, A., Torruco-Uco, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D.** (2006). Physicochemical characterization of mexican cowpea (*Vigna unguiculata*) tailing starch. *Starch/Staerke*, 58(1), 25–34. <https://doi.org/10.1002/star.200500440>
- Li, L., Lv, Y., Xu, L., & Zheng, Q.** (2015). Quantitative efficacy of soy isoflavones on menopausal hot flashes. İçinde *British Journal of Clinical Pharmacology* (C. 79, Sayı 4, ss. 593–604). <https://doi.org/10.1111/bcp.12533>

- Lidia, L., Guti, J. A., & Serna-sald, S. O.** (2014). Bioactive Peptides and Hydrolysates from Pulses and Their Potential Use as Functional Ingredients. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12365>
- Lima, J. D. De, Rivadavea, W. R., Antonio, S., & Kavalco, F.** (2021). Nutritional characterization of bean genotypes (*Phaseolus vulgaris* L .). 6(July), 932–944. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2021056>
- Liu, S., Ren, Y., Yin, H., Nickerson, M., Pickard, M., & Ai, Y.** (2022). Improvement of the nutritional quality of lentil flours by infrared heating of seeds varying in size. *Food Chemistry*,396(November2021),133649. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133649>
- Ma, Z., Boye, J. I., Simpson, B. K., Prasher, S. O., Monpetit, D., & Malcolmson, L.** (2011). Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44(8), 2534–2544. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.12.017>
- Ma, Z., Yin, X., Hu, X., Li, X., Liu, L., & Boye, J. I.** (2018). Structural characterization of resistant starch isolated from Laird lentils (*Lens culinaris*) seeds subjected to different processing treatments. *Food Chemistry*, 263(November 2017), 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.122>
- Maikhuri, R. K., Dangwal, D., Negi, V. S., & Rawat, L. S.** (2016). Rhizosphere Evaluation of symbiotic nitrogen fixing ability of legume crops in Central Himalaya , India. *Rhizosphere*, 1, 26–28. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2016.06.001>
- Makinde, M. O., Umapathy, E., Akingbemi, B. T., & Mandisodza, K. T.** (1997). Differential Response of Legumes and Creep Feeding on Gut Morphology and Faecal Composition in Weanling Pigs. 118(2), 349–354.
- Man, S., Pop, A., Science, F., Sciences, A., & Medicine, V.** (2015). Effect of the Chickpea (*Cicer arietinum* L .) Flour Addition on Physicochemical Properties of Wheat Bread. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fst>
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., & Ruzzi, M.** (2017). Current and Forward-Looking Approaches to Technological and Nutritional Improvements of Gluten-Free Bread with Legume Flours : A *Critical Review*. 16, 1101–1122. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12279>

- Mikulec, A., Mickowska, B., & Skotnicka, M.** (2022). Wheat bread supplementation with various edible insect flours . Influence of chemical composition on nutritional and technological aspects. *159*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113220>
- Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M.** (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, *56*(2), 476–481. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.012>
- Monnet, A., Laleg, K., Michon, C., & Micard, V.** (2019). Trends in Food Science & Technology Legume enriched cereal products : A generic approach derived from material science to predict their structuring by the process and their final properties. *Trends in Food Science & Technology*, *86*(February 2018), 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.027>
- Multari, S., Stewart, D., & Russell, W. R.** (2015). Potential of Fava Bean as Future Protein Supply to Partially Replace Meat Intake in the Human Diet. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *14*(5), 511–522. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12146>
- Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M.** (2012). Bioactive compounds in legumes: Pronutritive and antinutritive actions. implications for nutrition and health. İçinde *Phytochemistry Reviews* (C. 11, Sayılar 2–3, ss. 227–244). <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9233-9>
- Nasereddine, M., Bouasla, A., & Agnieszka, W.** (2017). *LWT - Food Science and Technology* Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours : Physical properties , texture, sensory attributes and microstructure. *75*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.10.005>
- Nilüfer Erdil, D., & Gedik, S.** (2018). Kırmızı ve Yeşil Mercimekten Elde Edilen Diyet Liflerinin Karakterizasyonu ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda*, *16*(2), 135–147. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.449600>
- Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., Frohlich, P., & House, J. D.** (2018). Effect of processing on the in vitro and in vivo protein quality of red and green lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, *240*(May 2017), 588–593. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.129>
- Oboh, H. A., & Agu, K.** (2010). The Effects Of Various Traditional Processing Methods On The Glycemic Index And Glycemic Load Of Cowpeas (*Vigna Unguiculata*). *Journal of Food Biochemistry*, *34*(6), 1332–1342. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00423.x>

- Oladunmoye, O. O., Akinoso, R., & Olapade, A. A.** (2010). Evaluation of some physical-chemical properties of wheat, cassava, maize and cowpea flours for bread making. *Journal of Food Quality*, 33(6), 693–708. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00351.x>
- Oliete, B., & Rosell, C. M.** (2008). *Studies on cake quality made of wheat e chickpea flour blends*. 41. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.024>
- Olojede, A. O., Sanni, A. I., & Banwo, K.** (2020). LWT - Food Science and Technology Effect of legume addition on the physiochemical and sensorial attributes of sorghum-based sourdough bread. *LWT - Food Science and Technology*, 118(September 2019), 108769. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108769>
- Otto, T., Baik, B., & Czuchajowska, Z.** (1997). Microstructure of Seeds , Flours , and Starches of Legumes. *C*, 445–451. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1997.74.4.445>
- Pasqualone, A., Caponio, F., Summo, C., & Arapi, V.** (2004). Characterisation of traditional Albanian breads derived from different cereals. *European Food Research and Technology*, 219(1), 48–51. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0917-2>
- Pastor-Cavada, E., Juan, R., Pastor, J. E., Alaiz, M., & Vioque, J.** (2014). Protein and amino acid composition of select wild legume species of tribe Fabeae. *Food Chemistry*, 163, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.078>
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., & Micard, V.** (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours : Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International*, 43(2), 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.020>
- Pico, J., Bernal, J., & Gómez, M.** (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust : A review. *FRIN*, 75, 200–215. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.05.051>
- Pina-Pérez, M. C., & Ferrús Pérez, M. A.** (2018). Antimicrobial potential of legume extracts against foodborne pathogens: A review. İçinde *Trends in Food Science and Technology* (C. 72, ss. 114–124). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.007>
- Portman, D., Walker, C., Irvin, H., & Blanchard, C.** (2019). Nutritional and functional properties of cookies made using down - graded lentil – A candidate for novel food production and crop utilization. *October*, 95–103. <https://doi.org/10.1002/cche.10232>
- Previtali, M. A., Mastromatteo, M., Vita, P. De, Bianca, D., Ficco, M., Alessandro, M., & Nobile, D.** (2014). Original article Effect of the lentil flour and hydrocolloids on baking characteristics of wholemeal durum wheat bread. 2382–2390. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12559>

- Qualities, N.** (2005). *Comparative Analyses of Phenolic Composition , Antioxidant Capacity , and Color of Cool Season*. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00261.x>
- Ramzy, R. A., & Putra, A. B. N.** (2019). Evaluation of white bread physical characteristics substituted by red kidney bean flour with different particle sizes and concentrations. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(3), 610–615. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019/20.9.3.610-615>
- Rangel, A., Saraiva, K., Schwengber, P., Narciso, M. S., Domont, G. B., Ferreira, S. T., & Pedrosa, C.** (2004). Biological evaluation of a protein isolate from cowpea (*Vigna unguiculata*) seeds. *Food Chemistry*, 87(4), 491–499. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.12.023>
- Ratnaningsih, N., Harmayani, E., & Marsono, Y.** (2020). International Journal of Biological Macromolecules Physicochemical properties , in vitro starch digestibility , and estimated glycemic index of resistant starch from cowpea (*Vigna unguiculata*) starch by autoclaving-cooling cycles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142, 191–200. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.092>
- Rebello, C. J., Greenway, F. L., & Finley, J. W.** (2014). Whole grains and pulses: A comparison of the nutritional and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29), 7029–7049. <https://doi.org/10.1021/jf500932z>
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., & Gobbetti, M.** (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International Journal of Food Microbiology*, 180, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.04.005>
- Rizzello, C. G., Verni, M., Bordignon, S., Gramaglia, V., & Gobbetti, M.** (2017). Hydrolysate from a mixture of legume flours with antifungal activity as an ingredient for prolonging the shelf-life of wheat bread. *Food Microbiology*, 64, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.12.003>
- Rocchetti, G., Lucini, L., Chiodelli, G., Giuberti, G., Montesano, D., Masoero, F., & Trevisan, M.** (2017). Impact of boiling on free and bound phenolic profile and antioxidant activity of commercial gluten-free pasta. *Food Research International*, 100(August), 69–77. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.031>

- Romano, A., Gallo, V., Ferranti, P., & Masi, P.** (2021). ScienceDirect Lentil flour : nutritional and technological properties , in vitro digestibility and perspectives for use in the food industry. *Current Opinion in Food Science*, 40, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.04.003>
- Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K.** (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. İçinde *Food Research International* (C. 43, Sayı 2, ss. 432–442). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.002>
- Sabanis, D., Makri, E., & Doxastakis, G.** (2006). *Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagne*. 1944(August), 1938–1944. <https://doi.org/10.1002/jsfa>
- Sánchez-Chino, X., Jiménez-Martínez, C., Dávila-Ortiz, G., Álvarez-González, I., & Madrigal-Bujaidar, E.** (2015). Nutrient and nonnutrient components of legumes, and its chemopreventive activity: A review. *Nutrition and Cancer*, 67(3), 401–410. <https://doi.org/10.1080/01635581.2015.1004729>
- Sarioğlu, G., & Velioglu, Y. S.** (2018). Baklagillerin Bileşimi. *Akademik Gıda*, 16(4), 483–496. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.505547>
- Sarmiento, T., Aguilera, Y., & Benitez, V.** (2016). *LWT - Food Science and Technology Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (Phaseolus vulgaris L .) and lentils (Lens culinaris L .)*. 66, 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.025>
- Schlangen, M., Dinani, S. T., Schutyser, M. A. I., & Goot, A. J. Van Der.** (2022). Dry fractionation to produce functional fractions from mung bean , yellow pea and cowpea flour. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 78(April), 103018. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103018>
- Sciences, N.** (2020). *Türkiye ' nin Göller Bölgesi ' nde Yetiştirilen Buğday Çeşitlerinin Bazı Kalite Özellikleri Öz Some Quality Characteristics of Wheat Varieties Grown in Lake District of Turkey Abstract*. 7(3), 586–595.
- Segura-Campos, M., Ruiz-Ruiz, J., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D.** (2013). Antioxidant activity of *Vigna unguiculata* L. walp and hard-to-cook *Phaseolus vulgaris* L. proteinhydrolysates. *CYTA-Journal of Food*, 11(3), 208–215. <https://doi.org/10.1080/19476337.2012.722687>

- Singh, M., Byars, J. A., & Liu, S. X.** (2016). *Navy Bean Flour Particle Size and Protein Content Affect Cake Baking and Batter Quality 1*. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12869>
- Sissons, M.** (2021). *Sissons, M. J. Pasta In Encyclopedia of Grain Science . 2004. January 2004*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00123-6>
- Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., Pratapa, V. M., & Singh, V.** (2012). Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour : Evaluation of their flour functionality. *Food Chemistry, 131*(2), 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.008>
- Stefano, V. Di, Pagliaro, A., Alessandro, M., Nobile, D., Conte, A., & Melilli, M. G.** (2021). *Lentil Fortified Spaghetti : Technological Properties and Nutritional Characterization*.
- Sulieman, A. M. E., Sinada, E. A., & Ali, A. O.** (2013). *Quality Characteristics of Wheat Bread Supplemented with Chickpea (Cicer arietinum) Flour*. 3(69444), 85–90. <https://doi.org/10.5923/j.food.20130305.02>
- Teterycz, D., & Sobota, A.** (2020). Legume flour as a natural colouring component in pasta production. *Journal of Food Science and Technology, 57*(1), 301–309. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04061-5>
- Tontul, İ., Kasimoglu, Z., Asik, S., Atbakan, T., & Topuz, A.** (2018). Functional properties of chickpea protein isolates dried by refractance window drying. *International Journal of Biological Macromolecules, 109*, 1253–1259. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.135>
- Tosh, S. M., & Yada, S.** (2010). Dietary fibres in pulse seeds and fractions: Characterization, functional attributes, and applications. *Food Research International, 43*(2), 450–460. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.005>
- Trehan, I., Benzoni, N. S., Wang, A. Z., Bollinger, L. B., Ngoma, T. N., Chimimba, U. K., Stephenson, K. B., Agapova, S. E., Maleta, K. M., & Manary, M. J.** (2015). Common beans and cowpeas as complementary foods to reduce environmental enteric dysfunction and stunting in Malawian children : study protocol for two randomized controlled trials. *Trials, 1*–12. <https://doi.org/10.1186/s13063-015-1027-0>
- Türksoy, S.** (2018). Tam Tane Baklagil Unlarının Kimyasal, Fonksiyonel ve Reoloji Özelliklerini Belirlenmesi. *Gıda/the Journal of Food, 43*(1), 78–89. <https://doi.org/10.15237/gida.gd17078>

- Ülker, M.** (2009). *Orta anadolu ekolojik şartlarında yetiştirilen fasulye (Phaseolus vulgaris)*. 22(46), 90–97.
- Unemi, R. C.** (2020). *Use of blends of legume flours and manioc starch to elaborate gluten-free sweet biscuits . Uso de mezclas de harina de leguminosas y almidón de yuca en la elaboración de galletas dulces libres de gluten . Resumen*. 13, 59–72.
- Wainaina, I., Grauwet, T., Wafula, E., Sila, D., Loey, A. Van, Hendrickx, M., & Kyomugasho, C.** (2021). *Thermal treatment of common beans (Phaseolus vulgaris L.): Factors determining cooking time and its consequences for sensory and nutritional quality*. December 2020, 3690–3718. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12770>
- Wanders, A. J., van den Borne, J. J. G. C., de Graaf, C., Hulshof, T., Jonathan, M. C., Kristensen, M., Mars, M., Schols, H. A., & Feskens, E. J. M.** (2011). Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: A systematic review of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, 12(9), 724–739. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2011.00895.x>
- Wang, J., Rosell, C. M., & Benedito de Barber, C.** (2002). Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79(2), 221–226. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00135-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00135-8)
- Wang, N.** (2008). Effect of variety and crude protein content on dehulling quality and on the resulting chemical composition of red lentil (*Lens culinaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(5), 885–890.
- Wani, I. A., Sogi, D. S., Hamdani, A. M., Gani, A., & Bhat, N. A.** (2016). *Isolation , composition , and physicochemical properties of starch from legumes : A review*. 834–845. <https://doi.org/10.1002/star.201600007>
- Xu, B., & Chang, S. K. C.** (2012). Comparative study on antiproliferation properties and cellular antioxidant activities of commonly consumed food legumes against nine human cancer cell lines. *Food Chemistry*, 134(3), 1287–1296. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.212>
- Xu, J., Li, Y., Zhao, Y., Wang, D., & Wang, W.** (2021). Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *Journal of Functional Foods*, 80, 104434. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104434>

- Zhao, Y. H., Manthey, F. A., Chang, S. K. C., Hou, H. J., & Yuan, S. H.** (2005). Quality characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours. *Journal of Food Science*, 70(6), s371–s376. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb11458.x>
- Zhu, H., Wang, Y., Cheng, Y., Li, Z., & Tong, L.** (2020). Optimization of the powder state to enhance the enrichment of functional mung bean protein concentrates obtained by dry separation. *PowderTechnology*, 373, 681–688. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.07.023>
- Zielinski, F., Los, F. G. B., Wojcickowski, P., & Nogueira, A.** (2018). *ScienceDirect Beans (Phaseolus vulgaris L.): whole seeds with complex chemical composition.* <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.010>



EKLER

EK.1 Duyusal Analiz Değerlendirme Tablosu

Çizelge 7 1 Duyusal analiz sırasında panelistlerin değerlendirdiği çizelge örneği.

Puan Çizelgesi
1: Çok Kötü
2: Kötü
3: Orta
4: İyi
5: Çok İyi

Sayın Panelist; Size toplam 10 adet ekmek örneği sunulacaktır. Ekmekleri inceleme ve tadım aşamasından sonra puan çizelgesine göre numaralandırınız.								
Ekmek Örnekleri	Renk	Tat	Koku	Dilim Sertliği	Gözenek Yapısı	Çiğnenebilirlik	Lezzet	Genel Beğeni
M01								
M101								
M151								
B01								
B101								
B151								
F01								
F101								
F151								
K01								

M01: %5 mercimek unu katkılı ekmek, M101: %10 Mercimek unu katkılı ekmek, M151: %15 mercimek unu katkılı ekmek, B01: %5 börülce unu katkılı ekmek, B101: %10 börülce unu katkılı ekmek, B151: %15 börülce unu katkılı ekmek, F01: %5 fasulye unu katkılı ekmek, F101: %10 börülce unu katkılı ekmek, F151: %15 fasulye unu katkılı ekmek.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Elif ATALAY

EĞİTİM

Yüksek Lisans:

- İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı (2019-2023)

Lisans:

- Università degli studi di Bari Aldo Moro - Bari (İtalya)
Food Science and Technology-Erasmus + Avrupa Öğrenci Değişim Programı (Şubat 2018-Haziran 2018)
- İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2014-2019)

Yayın Listesi

- **Atalay, E., & Gökbulut, İ.** (2021). Baklagiller: Fonksiyonel Özellikleri, Sağlık Etkileri ve Potansiyel Kullanımı. *Akademik Gıda*, 19, 442-449. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.1050782>
- **Öztürk F. S., Karakaya H., Atalay E., Gökbulut İ., Yılmaztekin M.** (2020). Türkiye'de Yetişen Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Meyvelerinin Toplam Fenolik İçeriği, Antioksidan ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. 2nd International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (EurasianSciEnTech 2020), Gaziantep, Türkiye, 7 - 09 Ekim 2020, ss.779-785.

İŞ DENEYİMLERİ

- **Şok Marketler Tic. A.Ş / Yıldız Holding**
Kalite ve Gıda Güvenliği Uzmanı (Şubat 2022-Devam Ediyor)
- **MalatyaLab Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı**
Analist / Mikrobiyoloji Laboratuvarı Birim Sorumlusu (Şubat 2021-Şubat 2022), 1 yıl
- **Karda Dondurma Fabrikası, MALATYA**
Üretim / Vardiya Mühendisi (Şubat 2020-Eylül 2020), 8 ay

YABANCI DİLLER

- **İngilizce:** İyi
- **İtalyanca:** Başlangıç