

**T.C**  
**HİTİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**PSEUDO TAHİL UNU İLAVESİNİN EKMEĞİN**  
**TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE**  
**ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hatice GÜL**

**Çorum 2020**



**PSEUDO TAHIL UNU İLAVESİNİN EKMEĞİN TEKSTÜREL VE  
DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**Hatice GÜL**

**Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**TEZ DANIŞMANI  
Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY**

**Çorum 2020**

Hatice GÜL tarafından hazırlanan “Pseudo Tahıl Unu İlavesinin Ekmeğin Tekstürel Ve Duyusal Özellikleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması 28/08/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Özge Şakıyan DEMİRKOL .....

Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY .....

Dr. Öğr. Üyesi Nihal GÜZEL .....

Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile Hatice GÜL’ün Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Emin ERDİN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V

## **TEZ BEYANI**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı beyan ederim.

Hatice GÜL

# PSEUDO TAHIL UNU İLAVESİNİN EKMEĞİN TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Hatice GÜL

HİTİT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2020

## ÖZET

Tez çalışması kapsamında pseudo-tahıl unu (karabuğday unu) ile çeşitli nişastalar veya bunların kombinasyonları ile buğdaydaki glutenin işlevini üstlenebilecek hidrokolloidler, besinsel lif bileşikleri ve çeşitli bileşenler katılarak mümkün olan en üstün kalitede ekmek formülü geliştirilmeye çalışılmıştır. Farklı bileşen kombinasyonlarının optimizasyonu için yanıt yüzey metodu full faktöriyel deneme deseni kullanılmış olup bağımsız değişkenler karabuğday (%5, %15, %25), elma lifi (%1, %2, %3) ve su miktarı (%65, %70, %75) olarak 3 farklı alt seviye ile belirlenmiş ve toplam 27 adet ekmek denemesi yapılmıştır. Ekmek bileşiminde kullanılan un örneklerinin bazı fizikokimyasal (yaş gluten, gluten indeks ve zeleny sedimentasyon) ve kimyasal (rutubet, kül ve protein) özellikleri ile hamur ve ekmek örneklerinin tekstürel (sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik) ve duyuşsal özellikleri belirlenmiştir.

Glutensiz ekmek ve hamur örneklerinde tekstürel analizler sonucu, karabuğday unu ilave edilmesinin hamurun sertlik değerlerinde stabil bir artış veya azalmaya neden olmadığı görülmektedir. Ekmek örneklerine ait veriler incelendiğinde farklı karabuğday-elma lifi-su kombinasyonları ile hazırlanan hamurlardan elde edilen

ekmeklerde sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin değişkenlik gösterdiği, buna karşın diğer parametrelerin oldukça stabil kaldığı gözlemlenmiştir.

Duyusal değerlendirmede verileri incelendiğinde genel kabul edilebilirlik özelliği bakımından en yüksek puanların %5BW-1%AF-%75W ve %15BW-1%AF-%65W deneme desenlerinden hazırlanan ekmeklerden elde edildiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karabuğday unu, Glutensiz ekmek, Yanıt yüzey yöntemi, Optimizasyon

**DETERMINATION OF THE EFFECTS OF PSEUDO CEREAL FLOUR  
ADDITION ON THE TEXTURAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF  
BREADS**

Hatice GÜL

HITIT UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2020

**ABSTRACT**

Within the scope of the study, the highest quality bread formulation has been tried to develop via adding various ingredients to pseudo cereal flour (buckwheat flour) such as starches from different sources or their combinations, hydrocolloids that can mimic the gluten function, dietary fiber components etc. Response surface methodology (full factorial design) was used to optimize the bread formulation primarily based on buckwheat flour and three levels of each variable (buckwheat flour (5%, 15%, 25%), apple fiber (1%, 2%, 3%) and water (65%, 70% and 75%)) were chosen with analysis of 27 combinations of these variables being performed. Physicochemical (wet gluten, gluten index and Zeleny sedimentation) and chemical (moisture, ash and protein contents) properties of flour samples used in bread formulation as well as textural (hardness, adhesiveness, chewiness) and sensorial properties of dough and bread samples were determined.

Buckwheat flour addition did not affect the hardness value of dough samples significantly ( $p>0.005$ ). However, the hardness, adhesiveness and chewiness parameters were the factors that varied the most with the addition of different amounts of buckwheat-apple fiber-water combination. The two different



combinations of buckwheat-apple fiber-water (5%-1%-75% and 15%-1%-65%) had the highest scores in the sensorial evaluation.

**Keywords:** Buckwheat flour, Gluten-free bread, Response surface method, Optimization

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlanması sırasında yardımlarını, desteğini, ilgisini ve fikirlerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY'a, tezimin istatistik analizlerinin yapılması ve yorumlanmasında desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Özge ŞAKIYAN DEMİRKOL'a, tekstür analizlerinin yapılmasını sağlayan sayın Öğr. Gör. Çağla KAYIŞOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarının yürütülmesinde yardımcı olan yüksek lisans çalışma arkadaşım Merve UZUN'a, manevi desteğini hep yanımda hissettiğim arkadaşım Melike Büşra ADAK'a ve bugünlere gelmemi sağlayan, sevgileri ve hoşgörülerıyla her zaman yanımda olan başta babam Zabit GÜL olmak üzere aileme tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına, “Çölyak hastaları için özel gıda formülasyonu araştırma geliştirme projesi” kapsamında vermiş oldukları destekten dolayı, Çorum Belediyesi ve Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
RESİMLER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Pseudo-Tahıllar tanımı ve bileşimi .....	3
2.2. Karabuğday .....	4
2.2.1. Botaniksel özellikleri .....	4
2.2.2. Besinsel bileşimi .....	6
2.2.3. Karabuğday ve besin alerjisi .....	11
2.2.4. Karabuğdayın kullanım alanları .....	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	28
3.1. Materyal .....	28
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Ekmek formülasyonunun hazırlanması .....	28
3.2.2. Ekmek örneklerinin hazırlanması ve pişirilmesi.....	30
3.2.3. Hamur ve ekmek analizleri .....	31

3.2.4. Duyusal değerlendirme .....	33
3.2.5. İstatistiksel analiz .....	33
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....	34
4.1. Un örneklerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri .....	36
4.2. Hamur ve ekmek örneklerinin tekstürel özellikleri.....	36
4.3. Ekmek örneklerinin duyusal özelliklerinin değerlendirilmesi .....	40
4.4. Optimizasyon verilerinin değerlendirilmesi.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	52
KAYNAKLAR .....	53
EKLER.....	62
EK-1 .....	63
EK-2 .....	64
ÖZGEÇMİŐ .....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Karabuğday tanelerinin genel bileşimi .....	6
Çizelge 2.2. Karabuğday esansiyel amino asitlerinin diğer tahıllarla karşılaştırılması (protein yüzdesi olarak) .....	10
Çizelge 3.1. Pseudo-tahıl ilaveli ekmek karışım formülasyon deseni .....	29
Çizelge 3.2. Pseudo-tahıl ilaveli ekmek bileşimine ait kodlanmış bağımsız değişkenleri içeren deney tasarımı .....	29
Çizelge 3.3. Pseudo-tahıl ilaveli ekmek karışım formülasyonu.....	30
Çizelge 4.1. Karabuğday unu örneklerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri.....	34
Çizelge 4.2. Hamur örneklerine ait tekstür analiz sonuçları .....	37
Çizelge 4.3. Ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları .....	38
Çizelge 4.4. Glutensiz ekmek örneklerinde duyusal analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.5. Farklı bileşen kombinasyonlarının hamurda yapışkanlık (adhesiveness) özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analiz tablosu .....	45
Çizelge 4.6. Farklı bileşen kombinasyonlarının ekmekte sertlik (hardness) özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analiz tablosu .....	45
Çizelge 4.7. Farklı bileşen kombinasyonlarının ekmeklerin duyusal analizlerinde genel ortalama özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analiz tablosu.....	46
Çizelge 4.8. Optimize edilmiş kombinasyona göre hazırlanan hamur ve ekmek örneklerinde analiz sonuçları .....	48
Çizelge 4.9. İkinci optimizasyon kombinasyonuna göre hazırlanan hamur ve ekmek örneklerinde analiz sonuçları .....	50

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 4.1.</b> Ekmek örneklerinin genel kabul edilebilirlik özelliği bakımından değerlendirilmesi.....	40
<b>Şekil 4.2.</b> Yanıt yüzey yöntemi optimizasyon verileri.....	46
<b>Şekil 4.3.</b> Yanıt yüzey yöntemi ile elde edilen optimizasyon verileri .....	49

**RESİMLER DİZİNİ**

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 2.1.</b> Karabuğday bitkisi.....	5
<b>Resim 2.2.</b> Karabuğday tohumu ve yapısı .....	5
<b>Resim 3.1.</b> Penetrasyon testi için hamur hazırlama seti .....	31
<b>Resim 3.2.</b> SMS/CHEN-HOSENEY donanım .....	32



**SİMGELER VE KISALTMALAR****Simgeler**

a	(+) kırmızı,(-) yeşil renk değeri
b	(+) sarı,(-) mavi renk değeri
L	Parlaklık renk değeri
cm	Santimetre
g	Gram
mg	Miligram
mm	Milimetre
ml	Mililitre
µm	Mikron
kDa	Kilodalton
Al	Aliminyum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
P	Fosfor

Zn Çinko

### **Kısaltmalar**

TMO	Toprak mahsulleri ofisi
MTI	Yoğurma tolerans sayısı
RSM	Response Surface Method
SSL	Sodyum stearyl 2-laktilat
TS	Türk standardı
TG	Transglutaminaz
AACC	Approved Methods of American Association of Cereal Chemists
ICC	International association of cereal chemistry
TPA	Tekstür profil analizi
KBU	Karabuğday unu
KBK	Karabuğday kepeği
KÖÜ	Karabuğday öğütme ürünleri
KBTU	Karabuğday tam unu
KBF	Karabuğday filizi unu
KBBU	Karabuğday beyaz unu

## 1. GİRİŞ

Günümüz yaşam koşullarında değişen gıda tüketim alışkanlıkları ile buna bağlı olarak çeşitlenerek artan sağlık problemleri sağlık harcamalarının önemli oranda büyümesine neden olmaktadır. Bu durum sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan gıda ürünlerine olan tüketici taleplerinin artmasına yol açmaktadır. Tüketiciler sağlık üzerindeki farkındalıklarının artmasına bağlı olarak; bağışıklık sistemlerini güçlendirici, hastalık riskini azaltıcı ve sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan gıdalara giderek artan bir ilgi göstermektedirler. Bu yönde yapılan piyasa araştırmaları da tüketici sağlığını olumlu yönde destekleyen gıda ürünlerinin gıda piyasası üzerinde katma değer yaratmak amacıyla büyük bir potansiyelleri olduğunu işaret etmektedir (Bernat ve ark., 2014a). Son yıllarda bu alanda yapılan bilimsel araştırma çalışmalarının odak noktası, gıdaların birincil rolleri olan enerji ve besin kaynağı olma özelliklerinden, bileşimlerindeki biyolojik aktif komponentlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin daha detaylı incelenmesi üzerine taşınmıştır (Sarma ve ark., 2015).

Ülkemizdeki üretim olanakları ve tüketim alışkanlıklarına bağlı olarak, başta ekmek olmak üzere çeşitli tahıllardan elde edilen ürünlere olan ilgi giderek artmaktadır. Bunda tahılların ekonomik olarak ucuz ve kolay temin edilebilmeleri ile doyurucu özellikte olmaları, iyi birer enerji kaynağı teşkil etmeleri ve ayrıca nötr bir tat ve aromaya sahip olmalarına bağlı olarak her gıda ile birlikte tüketilebilmelerinin etkisi de oldukça büyüktür (Karaoğlu ve Kotancılar, 2011).

Ülkemiz günlük ekmek tüketim verileri dikkate alındığında en son 2018 yılı ekmek israf raporu verilerine göre ülkemizde günlük kişi başı (~333 g); yılda ise kişi başı (~121 kg) ekmek tükettiği belirtilmektedir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre ülkemiz dünyada en fazla ekmek tüketen ülkeler arasında yer almaktadır. O nedenle ekmeğin kalitesini ve besin değerini etkileyen tüm faktörler toplum sağlığını da yakından ilgilendirmektedir (TMO, 2018).

Ekmek (rafine undan üretilen) günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında yeterli bir kaynak oluşturabilmekle birlikte, esansiyel aminoasitler ile vitamin ve mineraller için önemli bir kaynak teşkil edememektedir. Bu nedenle, buğdayın una öğütülmesi esnasında meydana gelen kayıpların azaltılması, ekmeğin besin değerinin yükseltilmesi ve bunların yanı sıra ekmeğin görünüşünün ve yapısının düzeltilmesi, bayatlamının geciktirilerek kalitenin artırılması için çeşitli katkıları kullanılmakta ve ekmekte zenginleştirme yoluna gidilmektedir (Özkaya, 1986; Göçmen, 1993; Kotancılar ve ark., 1995).

Tahıllardan farklı olarak *Graminae* familyasının üyesi olmayan ancak tahıllarda olduğu gibi yenilebilir nişastalı tohumları için yetiştirilen ve genel kompozisyonları itibarıyla tahıllara benzerlik gösteren pseudo-tahıllar (karabuğday, amarant ve kinoa) son yıllarda yeni ve alternatif gıdaların formülasyonlarında sıklıkla kullanılmakta ve bu alanda yapılan bilimsel çalışmalar giderek artmaktadır. Günümüzde alternatif ürünlerin planlanması, sağlıklı gıda üretimi ve özel amaçlı diyet kullanımı için pseudo-tahıllara olan ilgi giderek artmaktadır (Valcárcel-Yamani ve Silva Lannes, 2012). Pseudo-tahıllar özellikle glutensiz gıdaların üretimi için mükemmel bir besin profili sunmakta ve protein, besinsel lif ve doymamış yağ asitleri bakımından dengeli bir kompozisyon sağlamaktadır. Yüksek nişasta içeriklerinin bir sonucu olarak önemli bir enerji kaynağı durumunda olan pseudo-tahıllar, vitaminler ve mineraller ile saponinler, fitosteroller, squalen, fagopritoller ve polifenoller gibi diğer biyoaktif bileşikleri de önemli miktarlarda içermektedirler. Besinsel kompozisyonları ile özellikle yaşlılar, çocuklar, yüksek performanslı sporcular, diyabetliler, çölyak hastaları ve laktoz intoleranslı tüketici grupları için oluşturulacak gıdalar adına yüksek potansiyelleri bulunmaktadır (Valcárcel-Yamani ve Silva Lannes, 2012).

Bu çalışmada çeşitli nişastalar veya bunların kombinasyonlarına farklı oranlarda karabuğday unu ilave edilerek son ürün olan ekmeğin tekstürel, fonksiyonel ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmaktadır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Pseudo-Tahıllar: Tanımı ve Bileşimi

Pseudo-tahıllar birbirleriyle ya da monokotiledon gerçek tahıllarla yakından ilgisi olmayan dikotiledon türleridir. Kökeni Güney Amerika olan amaranth , kinoa (quinoa) ve Çin'de ortaya çıktığı düşünülen karabuğday (buckwheat) olmak üzere başlıca üç üyeden oluşur. Amaranth, karabuğday, kinoanın yanısıra; sorgum, millet, fonio ve teff gibi tahıl taneleri de pseudo-tahıllar grubuna dahil edilmektedir. Pseudo-tahıllar bileşimlerinde yüksek oranda protein, mineral madde ve besinsel lif içermelerinin yanı sıra protein kalitesi açısından da diğer tahıllara göre dengeli bir kompozisyona sahiptir. Bileşimlerinde gluten proteinini içermemeleri nedeniyle glutensiz tahıl ürünlerinin üretiminde önemli bir bileşen olarak yer almaktadırlar. Son zamanlarda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, tahıla dayalı glutensiz ürünlerin besleyici kalitesinde gelişmeye ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır (Saturni, L., Ferretti, G., And Bacchetti, T., 2010).

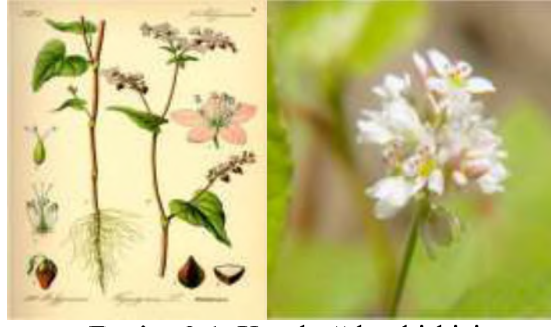
Başlangıçta sağlık üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı kullanılmaya başlanan pseudo-tahılların, yakın tarihte prosese olan uygunlukları ve üretim kolaylıkları da dikkate alınarak sanayi odaklı üretimlerinin artırılmasına yönelik uygulamalar giderek artmaktadır (Alvarez et al.,2010). Özellikler günlük beslenme düzeni içerisinde sıklıkla tüketilen ekmek, makarna tahıl ürünlerinin bileşiminde pseudo-tahılların yer almasına yönelik çalışmalar ilgi odağı haline gelmiştir. Pseudo-tahıllar ile üretilen ürünler özellikle çölyak hastaları için yeterli ve dengeli beslenme planına uygun gıda üretimi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır (Saturni, L., Ferretti, G., And Bacchetti, T., 2010). Buğday yerine kullanılan bu alternatif tahılların beslenme ve teknolojik özellikleri günümüzde farklı teknik ve teknolojiler kullanılarak araştırılmakta ve araştırmaların sonunda bu bileşenlerin hem ayrıcalıklı gruplar hem de sağlıklı beslenmeyi tercih eden bireyler açısından önemli bir kaynak olarak kullanılabilecekleri önerilmektedir (FHIS, 2011; Mezaize ve ark., 2009).

## 2.2.Karabuğday

### 2.2.1 Botaniksel özellikleri

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench), geçmişi çok eskilere dayanan bir bitki olup Orta Asya kökenlidir. İlk olarak Çin ve Japonya'da yetiştirilmeye başlanan bu bitki daha sonra Rusya ve Avrupa'ya yayılmış ve oradan da 17. yüzyıl başlarında Amerika'ya ulaşmıştır (Tomar O, Kumlay AM, Çağlar A. 2008, Oplinger ES, Oelke EA, Brinkman MA, Kelling KA. 1989 , Hatcher DW, Lagasse S, Dexter JE, Rossnagel B, Izydorczyk M., 2005). Karabuğday'ın kökenine ait en yaygın kaynak Çin'de bulunan Yunnan'da yetiştirildiği yönündedir. Bu bitki ilerleyen zamanlarda doğu ve batıya, daha soğuk iklim bölgelerine yayılmıştır. Karabuğdayın besin öğelerince zengin olması ve fakir topraklarda yetiştirilebilme özelliği, bu buğday türünün nadasa bırakılan tahıl ürünleri arasında tercih edilmesinde önemli rol oynamıştır (Mazza G., 1988; Tsuneo N., 2004). Bu bitkinin büyümesinin ve gelişmesinin hızlı olması, olumsuz iklim şartlarına dayanıklı olması, soğuk iklimlerde yetişebilmesi ve zor koşullara bile uyum sağlayabilme özelliği yayılmasında etken olan en önemli etmenlerden başlıcalarıdır (Yashimoto Y, Egashira T, Hanashiro I, Ohinata H, Takase Y, Takeda Y. 2004., Mazza G. 1986 , Tomar O, Kumlay AM, Çağlar A., 2008).

Tarlada hızla büyüyen, geniş yapraklı ve tek yıllık bir bitki olan karabuğday, Mart-Nisan aylarında ekimi yapılan ve tohumları Eylül-Ekim aylarında hasat edilen, bitki boyu yetiştirme koşullarına göre 60-120 cm arasında değişen bir tarla bitkisidir. Bitkiler tek köke sahip olup üzerinde daha küçük dallar bulunur. Yapraklar düz olmayan üçgen şeklinde bir görünüme sahiptir. Çiçekler ise beyaz, pembe veya kırmızıdır (Resim 2.1). Çiçekleri kokuludur ve bal arılarının nektar toplaması için çok caziptir. Karabuğdaydan üretilen bal koyu renkli olup oldukça güçlü bir tat ihtiva eder (Anonim, 2008).

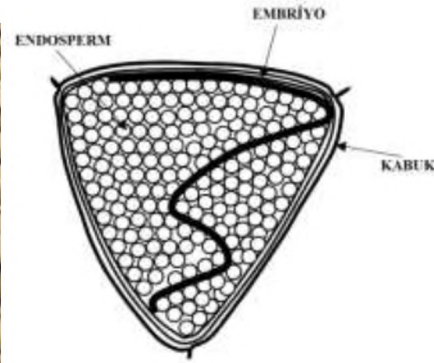


**Resim 2.1.** Karabuğday bitkisi

Buğday, pirinç ve arpa gibi ziraati fazla yapılan tahıllardan farklı bir bitki olan karabuğday, tahıllarla hem benzerlik hem de farklılıklar gösteren pseudo-tahıllar grubuna dahildir. Tohum kabukları parlak, mat kahverengi, siyah veya gri olabilir (Resim 2.2). Kavuzu alınmış tanelere “groat= karabuğday tanesi” denir (Mazza G., 1986, Mazza G., 1988). Groat’ın ilk tabakası “testa”dır ve açık yeşil renktedir. Testanın altında tek hücreli “aleuron” tabakası nişasta içeren endospermi kuşatır. En içteki kısım spermaderm ve endospermden oluşur. Karabuğdayda embriyo tahıllardan farklı olarak endospermin tam merkezinde yer alır ve çift çeneklidir (Wijngaard HH, Arendt EK., 2006).



(a) Karabuğday tohumu



(b) Karabuğday tane yapısı

**Resim 2.2.** Karabuğday tohumu ve yapısı (Anonim, 2020)

Karabuğdayın en önemli kalite kriterleri; rengi ve lezzetidir. Yeni hasat edilmiş karabuğday tohumları açık yeşil renkli iken eski tohumlarda renk kırmızımsı kahverengidir. Tadı iştah açıcı olup yeni hasat edilmiş olan tanelerdeki tipik karabuğday aroması, eski tanelerde acımsı bir tat haline dönüşür (Mazza G., 1988, Mazza G., 1986).

### 2.2.2. Besinsel bileşimi

Karabuğday bir gıda bileşeni olarak özellikle de fonksiyonel gıda endüstrisi için yüksek bir potansiyele sahiptir (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006, Wei C, Wei-Jun C, Zhi-Rong S, Ya-Ping Y., 2008). Karabuğday genel bileşim bakımından kaliteli aminoasitlerce zengin protein miktarı (özellikle lizin, treonin, triptofan), zengin besinsel lif bileşenleri ve önemli vitamin (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve E vitaminleri) ve mineral maddeleri içermektedir (Tang CH., 2007).

Nişasta ve besinsel lif içeriği tahıllar ile hemen hemen aynı miktarda olan karabuğday, yüksek oranda linoleik asit gibi temel çoklu doymamış yağ asitlerini içerir. Diğer taraftan tanenler, fitik asit ve proteaz inhibitörlerinden dolayı düşük bir sindirilebilirlik kaydedilmiştir (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006., Wei C, Wei-Jun C, Zhi-Rong S, Ya-Ping Y., 2008; Bilgiçli N., 2008). Rutin ve quercetin karabuğdayın başlıca antioksidanlarıdır. Tokoferol ve fenolik bileşenler gibi diğer antioksidanlar ile birlikte, flavanoller ve bunların türevlerini içeren karabuğdayca zengin diyetin kalın bağırsakta Bifidobakteria ve Laktobasillerin aktivitesini ve gelişmesini teşvik ettiği bulunmuştur (Fessas D, Signorelli M, Pagani A, Mariotti M, Iametti S, Schiraldi A., 2008). Genel karabuğday tanesinin ortalama kimyasal kompozisyonu Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Karabuğday tanelerinin genel bileşimi

<b>Bileşen</b>	<b>Miktar (%)</b>
<b>Nem</b>	9,6-13,8
<b>Nişasta</b>	55-75
<b>Protein</b>	10,0-12,5
<b>Lif</b>	7,0-10,7
<b>Lipid</b>	1,4-4,7
<b>Kül</b>	1,3-2,3
<b>Diğer Bileşenler*</b>	15-20

\*Organik asitler, fenolik bileşenler, tanenler, fosforlu şeker, nükleotidler, nükleik asitler, bilinmeyen bileşenler.



### Karbonhidrat bileşimi

Karabuğday tanesi, ~% 68-70 oranında toplam karbonhidrat içeriğine sahiptir. Nişasta, karabuğdayın temel karbonhidrat bileşeni olup toplam karbonhidratın %54,5'ünü oluşturmaktadır (Li ve Zhang, 2001; Steadman ve ark., 2001a). Karabuğday nişastasının kimyasal yapısı tahıl nişastasından farklı olmakla birlikte literatürde, karabuğday öğütme ürünleri içindeki nişasta oranının, %10,2 ile %75,5 arasında değiştiği ve öğütme randımanına bağlı olarak nişasta içeriğinin büyük farklılık gösterdiği rapor edilmektedir (Steadman ve ark., 2001a). Karabuğday nişastası 4 ile 15 µm çapında (Marshall ve Pomeranz, 1982) yuvarlak yada poligonal nişasta granüllerinden oluşmaktadır (Wijngaard ve Arendt, 2006).

Karabuğday nişastasının su bağlama kapasitesi %109,9 olup bu değer buğday ve mısır nişastasından çok daha yüksektir (Qian ve ark., 1998). Ayrıca karabuğday nişasta taneciği boyutunun küçük ve yüzeyinin porlu olmasından dolayı, alfa amilaz hassasiyeti buğday ve mısır nişastasındakinden yüksek olup, çok hızlı bir şekilde düşük moleküllü şekerlere parçalanabilmektedir (Marshall ve Pomeranz, 1982; Qian ve ark., 1998). Karabuğday aynı zamanda %0,65 ile 0,76 indirgen seker, %0,79 ile 1,16 oligosakkarit, %0,1 ile 0,2 nişasta olamayan polisakkarit içerir (Mazza, 1993). Bunlara ek olarak karabuğday önemli besinsel lif içeriği ve dirençli nişasta tipine sahip olup, vücutta daha yavaş sindirilmekte ve karabuğdayla üretilen ürünler düşük glisemik indekse sahip olmaktadır. Beyaz buğday unu ile üretilen ekmeğin glisemik indeksi 100 kabul edildiğinde, %50 karabuğday rafine unu ikamesiyle hazırlanan ekmeklerde glisemik indeks değeri 66,2'ye düşmektedir (Skrabanja ve ark., 2001). Ham karabuğday bitkisinde bulunan nişastanın yaklaşık yarısını (%45'ini) dirençli nişasta oluşturur (Skrabanja V, Kreft I., 1998). Karabuğdayda önemli düzeyde bulunan dirençli nişasta miktarı, sağlık ve beslenme açısından oldukça önemlidir. Bu anlamda, karabuğdayda yüksek düzeyde bulunan dirençli nişasta miktarı; sindirilebilirlik ekseninde beslenme, kan şekerini kontrol altında tutma ekseninde sağlık açısından önemli bir misyon üstlenir (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006., Skrabanja V, Kreft I., 1998).

Karabuğdaya uygulanan işlemler dirençli nişasta miktarını etkiler. Örneğin, otoklav (kurutma) işleminin karabuğdaydaki dirençli nişasta miktarını %33,5'den %7,5'e düşürdüğü belirlenmiştir (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006, Skrabanja V, Kreft I. 1998, Skrabanja V, Elmstahl HGML, Kreft I, Björck IME., 2001). Yapılan bir çalışmada, işlem görmemiş (ham) karabuğday tüketen farelerin dışkısında hemen hemen hiç nişasta bulunmazken, hidrotermal işleme tabi tutulmuş karabuğday nişastasının fare dışkısında %1 ile %1,6 oranlarında bulunduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı farelerin ve muhtemelen insanların işlem görmemiş doğal karabuğday nişastasını tamamen sindirebildikleri, ancak hidrotermal işlem görmüş karabuğday nişastasını sindiremedikleri belirtilmektedir (Skrabanja V, Laerke HN, Kreft I., 1998). Bu nedenle, karabuğdayın düşük glisemik indeksine sahip gıdalarla birlikte kullanılması önerilmektedir. Düşük glisemik indeksine sahip olan gıdalar, diyabet kontrolünü sağlamada ve kan şekerini yükseltme potansiyelini düzenlemede önemli işlev üstlenirler. Yüksek düzeyde dirençli nişasta içeren gıdalar genellikle düşük glisemik indeksine sahiptir ve bu durum genel olarak sağlıklı yetişkin bireyler için avantajlıdır (Wijngaard HH, Arendt EK., 2006).

Karabuğday öğütme ürünlerinden karabuğday beyaz unu, karabuğday tam unu ve karabuğday kepeğinin toplam besinsel lif, çözümler ve çözünmez lif içerikleri çeşitli araştırmalara konu olmuş ve bu öğütme ürünlerinin toplam besinsel lif miktarı sırasıyla, 1,7-2,9 g/100g, 7,0 g/100g ve 13,4-16,6 g/100g, çözümler besinsel lif içerikleri sırasıyla, 1,4-2,5 g/100g, 4,8 g/100g ve 10,2- 11,2 g/100g, çözünmez lif içerikleri ise sırasıyla, 0,3 g/100g, 2,2 g/100g ve 3,2-5,8 g/100g olarak belirlenmiştir (Steadman ve ark., 2001a).

### Protein bileşimi

Karabuğday tanesi ortalama olarak %10 ile 12,5 oranında protein içermektedir (Li ve Zhang, 2001). Karabuğdayın öğütülmesi ile elde edilen rafine unda protein içeriği %10,3-10,6, kepek kısmında ise %21,6 ile %25,3 arasında değişmektedir (Steadman ve ark., 2001; Bonafaccia ve ark., 2003). Karabuğday rafine unu, tam unu ve kepek kısmı için protein değerlerini sırası ile %4,3-6,5, %12,3 ve %35,5-39,3 değerleri

arasında belirtilmiştir. Protein miktarlarındaki bu değişkenlik, karabuğdayın türü, öğütme çeşidi ve un randımanındaki farklılıklar ile ilişkilidir (Marshall ve Pomeranz, 1982).

Karabuğday, protein miktarı ve kalitesi bakımından en yüksek biyolojik değere sahip kaynaklar arasında yer almaktadır (Marshall ve Pomeranz, 1982). Karabuğday tanesi %64,5 oranında globulin, %12,5 albumin, 8,0 glutelin ve az bir miktarda (%2,9) prolamin içermektedir (Ikeda ve ark., 1991). Buna göre karabuğday proteinleri albumin ve globulin bakımından zengin iken glutelin ve prolamin içeriği bakımından oldukça fakirdir. Bu nedenle karabuğday unu ya da kırması ile hazırlanan hamurlarda öz (gluten) teşekkülü oluşmaz. Buğdayın aksine gluten içermemesinden dolayı çölyak hastalarının diyetleri için alternatif bir hammaddedir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğday, dengeli amino asit kompozisyonu ve yüksek elzem amino asit içeriğinden dolayı gıda diyetlerinde önemli bir yere sahiptir (Süzer, 2007).

Lisin ve arginin bakımından zengin olan aminoasit kompozisyonu sebebiyle karabuğday proteini yüksek biyolojik değere sahiptir (Pomeranz Y, Robbins GS. 1972, Chillo S, Laverse J, Falcone PM, Protopapa A, Del Nobile MA., 2008). Karabuğday proteinlerinin biyolojik değeri %90'ın üzerindedir (Eggum BO, Kreft I, Javornik B., 1981; Anonymous, 2008). Bu değer, örnek protein olarak kabul edilen anne sütü ile yumurta proteinlerinin sahip oldukları %100 biyolojik değerine çok yakındır ve bu yüzden karabuğday proteinleri hemen tüm diğer tohumların proteinlerine göre besleyicilik açısından ve insan sağlığına yararlılık bakımından daha kalitelidir (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006, Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE, Obendorf RL. 2001, Pomeranz Y, Robbins GS. 1972 , Eggum BO, Kreft I, Javornik B., 1981). Karabuğdayın esansiyel amino asit içeriği Çizelge 2.2 de verilmektedir (Hayıt ve Gül, 2015).

**Çizelge 2.2** Karabuğday esansiyel amino asitlerinin diğer tahıllarla karşılaştırılması (protein yüzdesi olarak) (Hayıt ve Gül, 2015)

Tahıl	Lisin	Metiyonin	Triptofan	Lösin
<b>Karabuğday</b>	5,9	3,7	1,4	5,8
<b>Buğday</b>	2,6	3,5	1,2	6,3
<b>Pirinç</b>	3,8	3,0	1,0	8,2
<b>Mısır</b>	1,9	3,2	0,6	13,0

### Lipit bileşimi

Karabuğday tanesi toplam %1,5 ile %6,5 arasında değişen oranlarda lipit içermektedir. Karabuğdayda, lipitler yoğun olarak embriyoda bulunurken, merkezi endospermde miktarları oldukça azalmaktadır (Dorrell, 1971; Steadman ve ark., 2001a). Karabuğday tanesinin embriyosu daha çok doymamış yağ asitleri içerirken, tohum kabuğu ise yüksek miktarda doymuş yağ asidine sahiptir (Dorrell, 1971). Karabuğdayda yenilebilir kısmın, her 100 gramı, lipit olarak 0,46 gr doymuş yağ asidi ve 1,66 gr doymamış yağ asidi içerir (Campbell ve Clayton, 1997). Linoleik asit, karabuğdayda en fazla miktarda bulunan yağ asidi olup daha çok tohum kabuğunda konsantre olmuştur (Chapkin, 2000). Karabuğday yağ asitlerinin yaklaşık %95'i palmitik, oleik, linoleik ve linolenik yağ asitlerinden oluşmaktadır (Belova ve ark. 1971; Lockhart ve Nesheim, 1978). Karabuğday tanesinin yağ asiti içeriği %15,6 palmitik asit, %37,0 oleik asit, %39,0 linoleik asit, %1,0 linolenik asit, %1,8 araşidonik asit, %2,3 ekosenoik asit ve %1,1 behenik asitten oluşur ve doymamış yağ asidi miktarının, doymuş yağ asidi miktarına oranı 3,87 olarak belirtilmiştir (Bonafaccia ve ark., 2003).

### Vitamin ve mineral madde bileşimi

Karabuğday tanesi B grubu vitaminler ve E vitamini açısından önemli bir kaynaktır (Aufhammer, 2000; Gabroska ve ark., 2002; Bonafaccia ve ark., 2003). Karabuğdayın yapısında yüksek oranda bulunan B<sub>1</sub> ve B<sub>2</sub> vitaminleri sinir sistemi ve yağ metabolizmasında önemli bir yer tutar. Günde 100 gr karabuğday tüketimi ile yetişkin bir insanın günlük Vitamin B<sub>1</sub> ihtiyacının % 40'ı karşılanır (Udesky, 1992;

Süzer, 2007). Ayrıca karabuğday tanesi, buğday, arpa, yulaf ve çavdardan daha yüksek oranda E vitamini (tokoferol) miktarına (5,46 mg/100g) sahiptir ve tokoferollerin tüm formlarını ihtiva eder (Wijngaard ve Arendt, 2006).

Karabuğdayın mineral kompozisyonu çeşit ve yetiştirme koşullarına göre farklılık göstermekte olup, genel olarak pirinç, sorgum, mısır, buğday ve diğer tahıllardan daha zengin mineral içeriğine sahiptir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Özellikle Mg, Zn, K, P, Cu, Fe ve Mn miktarı yüksektir (Mazza, 1988). Kavuzu soyulmuş karabuğday tanesinde 565 mg/100g K, 490 mg/100g P, 267 mg/100g Mg, 19,7 mg/100g Ca, 3,03 mg/100g Fe, 2,92 mg/100g Zn, 1,64 mg/100 g Mn bulunur (Steadman ve ark., 2001a).

Mineral maddeler buğdayda olduğu gibi, karabuğdayın da dış tabakalarında lokalize olduğundan karabuğday tam unu ve kepeği yüksek oranda mineral içeriğine sahiptir (Marshall ve Pomeranz, 1982; Wijngaard ve Arendt, 2006). Karabuğdayda kepek zengin mineral bileşiminin yanı sıra, yüksek oranda fitik asit içeriğine sahiptir. Fitik asit mineralleri bağlayarak biyoyararlılıklarını düşüren antibesinsel bir madde olarak tanımlanmasına rağmen, son zamanlarda antioksidan özelliği nedeniyle dikkat çekmektedir (Marshall ve Pomeranz, 1982). Karabuğday rafine unu, tam unu ve kepek kısımlarındaki ortalama fitik asit miktarları %1,94 ile 3,80, %11,70 ve %34,99 ile %38,99 olarak rapor edilmiştir (Steadman ve ark., 2001a).

### **2.2.3. Karabuğday ve besin alerjisi**

Karabuğday taneleri dengeli amino asit bileşimi ile yüksek biyolojik değere sahip protein içermesine rağmen, yeni yapılan araştırmalar bazı karabuğday proteinlerinin alerjik reaksiyonları tetikleyebileceğini göstermektedir. Karabuğday alerjisi ilk olarak literatürde 1909'da bildirilmiştir. Karabuğday alerjisinin çoğunlukla yer fıstığı alerjisine neden olabilen IgE aracılı reaksiyona benzer olduğu tespit edilmiştir (Tohgi ve ark., 2011). Karabuğday proteinleri düşük sindirilebilirlik değerine sahiptirler (Wijngaard HH, Arendt EK., 2006). Bunun başlıca nedenlerinin; karabuğday fraksiyonlarının proteolitik etkiye karşı çok duyarlı olması ve karabuğdayın besleyici

bileşen özelliğine sahip olmayan tanen, fitik asit ve inhibitör madde (proteaz inhibitörü) içermesi olduğu saptanmıştır (Ikeda K, Sakaguchi T, Kusano T, Yasumoto K., 1991). Yapılan araştırmalarda 24 kDa (Fag e 1), 26 kDa ve 67-70 kDa proteinlerinin önemli olduğu birkaç karabuğday alerjisi tanımlanmıştır. 11S veya 12S globüline homolog olan Fag e 1'in, bütün karabuğday alerjisi olan hastaların serum IgE'si ile reaksiyona girdiği tespit edilmiştir. Sindirime dirençli olan 16 kDa proteini (Fag e 2), karabuğday alerjisi olan Japon ve Koreli hastalarda ana karabuğday alerjisi olarak tanımlanmıştır. (Ahmed ve ark., 2014; Matsuo, Yokooji ve Taogoshi, 2015).

Karabuğdayın neden olduğu alerjik reaksiyonların temel belirtileri; astım, cild hastalıkları, hırıltı, anafilaktik şok, hazımsızlık, ürtiker (kurdeşen) ve mide-bağırsak semptomlarıdır (karın ağrısı, kusma gibi) (Wijngaard HH, Arendt EK. 2006., Wieslander G, Norbäck D. 2001, Park JW, Kang DB, Kim CW, Ko SH, Yum HY, Kim KE, Hong CS, Lee KY., 2000). Daha ciddi alerjik reaksiyonların anafilaktik şok olarak bilinen kan basıncının hızlı bir şekilde düşmesiyle bağlantılı olarak hemorajik hastalığa neden olabileceği belirtilmiştir (Ahmed ve ark., 2014; Matsuo, Yokooji ve Taogoshi, 2015).

Söz konusu olan bu alerjik reaksiyonlar nedeni ile karabuğdayın tüketimi bazı insanların diyetindeki kullanımını sınırlandırmaktadır. Karabuğday alerjisine sahip olan topluluklar içerisinde en fazla bilineni Japonya'daki çocuklardır. Bu amaçla Japonya'da yapılan bir saha tarama çalışmasında, incelenen yaklaşık 90.000 çocuktan %0,22'sinin karabuğday alerjisine sahip olduğu tespit edilmiştir (Wieslander G, Norbäck D., 2001).

Bununla birlikte, günümüzde karabuğdayın neden olduğu alerjik reaksiyonlar çok yönlü olarak araştırılmakta ve bireylerdeki olumsuz etkilerinin azaltılması konusunda çalışmalar yapılarak yeni stratejiler geliştirilmektedir (Yano H, Kusada O, Kuroda S, Kato-Emori S., 2006). İşleme süresince malt üretiminin ve çimlenmenin protein sindirimini arttırabileceği, bu suretle karabuğdayın besleyici ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirebileceği ve alerjik etkisinin azaltılabileceği bildirilmektedir (Wijngaard HH, Arendt EK., 2006). Karabuğday, genellikle çölyak hastalarının

diyetinde yer alan temel bir gıda hammaddesi olduğu için bu hastalarda karabuğday alerjisine yakalanma riskinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çölyak hastası olan ve glutenin yanı sıra diğer bazı gıda maddelerine karşı da alerjisi bulunan bireylerin karabuğday intoleransının %30'lar düzeyine yükseldiği, sadece çölyak hastası olan hastalarda ise karabuğdaydan kaynaklanan alerjik reaksiyonların görülme oranının %1 düzeyinde olduğu belirlenmiştir (Wieslander G, Norbäck D., 2001).

### Çölyak hastalığı ve gluten proteini

Tahıllar ucuz, temini kolay, iyi bir enerji kaynağı olması, kısmen tam biyolojik değerdeki protein içeriği ve nötr tat ve aromaya sahip olması nedeniyle yaygın olarak tüketilmektedir (Elgün ve Ertugay, 1997). Tahılların kimyasal yapılarının başlıca bileşen grubu karbonhidratlar olmasına karşın bunların içerdikleri protein fraksiyonlarının miktarları ve kaliteleri mamul ürün üretiminde kaliteye etki eden temel öğeler olması nedeniyle özel bir öneme sahiptir (Dizlek, 2012). Ancak buğday, başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılan başlıca hammadde olması nedeniyle özel bir öneme sahiptir (Dizlek ve ark., 2006).

Buğday ununda bulunan gluten, hamur oluşumunda ve ekmek üretiminde yapıdan sorumlu, ekmek kalitesini belirleyen esas bileşen olup, buğday ekmeğinin hacimli, elastik özellikte, kendine has tat ve kokuya sahip olmasının sorumlu protein olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte buğday, çavdar, arpa, tritikale ve yulaf gibi tahıllar ile bunların işlenmiş ürünleri gluten içermesinden dolayı bazı insanlar üzerinde rahatsızlıklara neden olduğu tespit edilmiştir (Özkaya, 1999; Battais ve ark., 2005).

Bu rahatsızlıklardan biri olarak bilinen çölyak hastalığı, gluten içeren gıdaların alınmasıyla bağırsaklardaki doğal yapının bozulması sonucu ortaya çıkan bir malabsorpsiyon (emilim bozukluğu) sendromudur. Bu hastalık günümüzde pek çok gıdada çeşitli amaçlarla bulunan gluten adlı proteine karşı ince bağırsağın ömür boyu süren bir hassasiyet göstermesinden kaynaklanmaktadır. Hastalığın nedenini oluşturan temel etken buğdayda bulunan gluten proteininin gliadin adlı alt fraksiyonu olup, gliadinlerin homoloğu olan prolaminleri içeren çavdar, arpa, yulaf ve tritikale

vb. ürünlerinin de tüketilmesi çölyak hastaları için sakıncalı olduğu tespit edilmiştir (Türksoy ve Özkaya, 2006).

Çölyak hastalarında gluten proteininin etkisi ince bağırsak üzerinde olmaktadır. Gluten alımı ile ince bağırsak iç yüzeyindeki absorpsiyonu sağlayan çıkıntılar (villi) kısaltmakta, hatta tamamen ortadan kalkarak bağırsak iç yüzeyi düzleşmektedir. Villilerin yüzeyindeki tek sıra "kripta" hücreleri ise kalınlaşmaktadır. Böylece absorpsiyonun yapıldığı yüzey azalır ve besin alımı zorlaşmaktadır (Özkaya, 1999).

Çölyak, genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimi sonucunda ortaya çıkan bir hastalıktır. Bu çevresel faktörler ise; beslenme alışkanlıkları, bebeklik döneminde anne sütü alımı, glutenli gıdalar ile beslenme yaşı ve günlük tüketim miktarı olarak bilinmektedir (Malekzadeh ve ark., 2005). Erken çocukluk döneminde (ilk 2 yaş) hastalığın genel belirtilerinin ishal, kusma, iştahsızlık, karın şişliği, kilo kaybı, kabızlık ve büyüme geriliği vb. olduğu bilinmektedir. 2 yaş üstü çocuklarda ve yetişkinlerde ise tedavi edilemeyen veya nedeni bulunamayan kansızlık, kemik zayıflığı gibi durumlar da yine çölyak hastalığının belirtilerinden bazılarıdır. Çölyak hastalığı hayatın herhangi bir döneminde tipik belirtilerle ortaya çıkabileceği gibi bazı hastalarda yıllarca hiç belirti vermeden çok hafif olarak da seyredilmektedir. Bunun ise hastalığın teşhisini zorlaştırdığı görülmektedir (Urgancı, 2005; Türksoy ve Özkaya, 2006). Çölyak hastalığının kesin tanısı ancak deneyimli bir gastroenterolog tarafından yapılacak kan tahlilleri ve ince bağırsak biyopsisi ile konulabilmektedir. Son zamanlarda ise ELISA testinin çölyak hastalığının tespitinde sıklıkla kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde en sık rastlanan genetik hastalık olarak kabul edilmektedir. Çölyak hastalığı diğer bir adıyla gluten intoleransı dünya nüfusunun %1 ile %2'sini etkilediği bilinmektedir (Aydoğdu ve Tümgör, 2005). Bununla birlikte klinik testlerle elde edilen tarama çalışmaları da çölyak hastalığının sıklığının tüm dünyada giderek artan bir eğilimde olduğunu göstermektedir (Dalgic ve ark., 2011).

Dünya genelinde gıda intoleransı tanısı konulmuş insan sayısının oldukça fazla olması ve konu hakkında insanların yeterli bilgiye sahip olmayışı da konunun ne



derece önemli olduğunun bir göstergesidir. Çölyak hastalığında bilinen tek tedavi yöntemi ise ömür boyu sürdürülmesi gereken glutensiz beslenme uygulamasıdır. Glutensiz beslenmede buğday, arpa ve çavdar unu içeren her türlü besin maddesinin tüketilmesi sakıncalıdır. Bununla beraber çölyak hastalarının gıdalardaki glutene hassasiyet düzeyleri de farklılık göstermekte olup, bazı hastalar iz miktardaki gluteni tolere edemezken, bazıları ise daha büyük miktarlardaki gluteni tolere edebilmektedirler. Mısır ve pirinç ise çölyak hastaları için herhangi bir rahatsızlığa sebep vermeyip glutensiz ürün formülasyonlarında sıklıkla kullanılabilir (Ciclitira ve ark., 2005; Urgancı, 2005).

Bu hastaların, tahıl gruplarının önemli bir kısmını tüketemiyor olması, alternatif tahıllar ve pseudo-tahıllara olan yönelimi arttırmış, bunların kullanıldığı fonksiyonel yeni ürünler üzerinde çalışma yapılmasını da gerekli kıldığı belirtilmektedir (Alvarez et al., 2010).

Günümüzde tüm Dünyada Çölyak hastaları için "glutensiz gıdalar" olarak adlandırılan özel bir gıda kategorisi altında glutensiz ürünler üretilmektedir. Bunlar doğal olarak gluten içermeyen pirinç, mısır, patates unu/nişastası ve baklagil unları ile çeşitli gamlar kullanılarak hazırlanan ekmek, erişte, makarna, bisküvi, kraker, kek, kuru pasta ve benzeri ürünlerden oluşmaktadır. Çölyak hastalarının tükettikleri glutensiz gıdalar genellikle rafine edilmiş un ve/veya nişastadan üretilmekte olup, protein, mineral madde, bazı B grubu vitaminleri ve besinsel lif içeriği açısından gluten içeren diğer gıdalara oranla daha fakir olduğu belirtilmektedir (Thompson, 2000).

Türk Standartları Enstitüsü glutensiz ürünleri iki bölümde tanımlanmaktadır; bunlardan ilki "gluteni azaltılmış" ürünler olup gluten içeriği 200 mg/kg kuru madde (KM)'den fazla olmamalıdır. İkincisi ise "Glutensiz hale getirilmiş" ürünler ise gluten içeriği 20 mg/kg KM' nin üzerinde olmamalıdır. Ayrıca un ya da ekmek gibi önemli temel gıdaların yerine geçen glutensiz gıdalar yerine geçtikleri gıdalarla aynı miktarda vitamin ve mineral içermesi gerektiği de bildirilmiştir (Anonim, 2005).

Bu amaçla çölyak hastalarının beslenmesi için ekmek üretiminde belirlenen sabit bir formülasyon bulunmama ile birlikte günümüzde üretilen ekmeklerde gözlemlenen hacim azlığı, tekstür sertliği, lezzet kaybı, besin içeriğindeki düşüklüğü ve hızlı bayatlama gibi olumsuz etkilerinin giderilmesi için proses üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir (Anonim, 2016).

#### **2.2.4. Karabuğdayın kullanım alanları**

Sağlıklı gıdalara olan ilginin ve bilincin artmasıyla, karabuğdayın günümüz gıdaları arasında değeri artmış ve yüksek kaliteli gıda ürünlerinin bileşiminde yer almasına neden olmuştur. Karabuğdayın gerek öğütülmesi ile elde edilen unundan, gerek ise tane formunda hazırlanmasıyla geleneksel olarak üretilen yiyecekler (karabuğday çiçek balı, yeşil karabuğday çayı, karabuğday birası, karabuğday sirkesi, karabuğday filizleri, karabuğday ispiertosu ve sebze olarak da tüketilebilen karabuğdayın yeşil kısımları vb.) farklı toplumlarda uzun süredir artan ilgiyle tüketilmektedir (Ikeda K, Kishida M, Kreft I, Yasumoto K., 1997; Kreft I., 1995). Günümüzde karabuğdayın kavuz kısmının ayrıldıktan sonra öğütülmesiyle elde edilen unu çeşitli fırın ürünlerinin (kek, ekmek, makarna, şehriye, muffin, bagel, kraker, kurabiye, krep ve tortilla gibi) yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Mazza G., 1986; Rayas-Duarte P, Mock CM, Satterlee LD., 1996; Wijngaard HH, Arendt EK., 2006 ).

Kahvaltılarda kahvaltı gevreği olarak yenildiği gibi değirmenlerde parçalanıp Amerika'da "porridge" denilen yulaf lapası, Kore'de "naengmyeon" ismi verilen karabuğday unu ile yapılan soğuk şehriye çorbası ve İtalya'nın kuzey bölgelerinde "pizzoccheri" yapımında da kullanılmaktadır. Çorbalarda, pudinglerde, tatlılarda, kümes hayvanlarının içinin doldurularak pişirilmesinde, konserve et ve sebze ürünleri ile birlikte, dondurma külahı yapımında, pilav gibi çeşitli yemeklerin yapımında yaygın olarak tüketilmektedir. Buğday ve karabuğday unu karışımına yumurta, bitkisel gluten ve yağsız süt ilave edilerek makarna üretildiğinde pişirme süresinin kıaldığı tespit edilmiştir (Mazza G., 1988; Ikeda K, Sakaguchi T, Kusano T, Yasumoto K., 1991; Fessas D, Signorelli M, Pagani A, Mariotti M, Iametti S, Schiraldi A., 2008; Anonymous, 2008).

Japonya’da karabuğday çoğunlukla “soba” ya da “sobakiri” (karabuğday eriştesi) üretiminde kullanılır. “Soba” karabuğday unu ile buğday ununun karıştırılmasıyla ticari ya da ev koşullarında hazırlanan bir üründür. Üretimi yapılan “soba” tipine bağlı olarak farklılık gösteren karabuğday unu/buğday unu oranı 0,3 ile 0,9 arasında değişmektedir (Mazza G., 1988; Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE, Obendorf RL., 2001).

Ayrıca, yine Japonya’da bitkinin genç yaprakları sebze olarak tüketilirken Rus ordusunda karabuğday tereyağla pişirilerek (Kasha) askerlerin beslenmesinde kullanılmaktadır. Avrupa ve Amerika’da “Kasha” adıyla kavrulmuş taneler bütün veya parçalanmış şekilde satılmaktadır. Hem “Kasha” hem de “groat” fırında, buharda ya da kaynatılarak pişirmek suretiyle patates ve pirince alternatif olarak kullanılmaktadır. Almanya’da sebze yemeklerinin kıvamının artırılması amacıyla kullanılan karabuğday unu ayrıca tatlılara ve diğer gıdalara da ilave edilebilmektedir. Karabuğday ayrıca “Crumpet” adı verilen ve Hollandalı çocuklarca çok sevilen besleyici ve hazmedilebilir özellikteki bir tür pasta yapımında kullanılır. Amerika tarafından üretilen karabuğday birası Japonya’ya ihraç edilmektedir. Çiçekleri kahverengi boya yapımında da kullanılan karabuğday; Hindular tarafından oruç tuttuklarında yemelerine izin verilen temel yiyeceklerden birisi olduğu bilinmektedir (Mazza G., 1988).

Karabuğday ayrıca yeşil gübre olarak veya bahçe ve küçük tarlalarda toprağı kaplayan ürün olarak da kullanılmaktadır. Karabuğday, arıcılar için popüler bir bitki olup çiçekleri 30 gün ve daha fazla süreyle açık kalabildiği için mükemmel bir geçici bal bitkisi olup karabuğday’dan koyu renkli ve güçlü bir tadı olan bal elde edilmektedir.. Kuzey Amerika’da bu bal oldukça rağbet görmektedir. Her sezonda bir hektar karabuğdaydan 65 kg bal elde edilmektedir. Karabuğday, insan gıdası olarak yetiştirilmesinin yanında çiftlik ve kümes hayvanlarının beslenmesinde diğer tahıl ürünlerinin yerine yem olarak da kullanılmaktadır (Mazza G., 1988).

Karabuğday özellikle Güney Doğu Asya’da fonksiyonel gıda olarak önemli bir rol üstlenmektedir. Japonya’da taş değirmenden elde edilen, birinci kalite karabuğday

unundan; aroması yüksek, kaliteli ve buğday unu eriştelereinden (noodle) daha çabuk pişen eriştelere üretilmektedir. Bu tür eriştelereinin bileşiminde genellikle %30 karabuğday ununa yer verilmektedir (Udesky, 1988). Kore erişte pazarında önemli yeri olan *Naengmyon* eriştelereinin formülasyonunda da minimum %5 karabuğday unu bulunmaktadır (Kim, 1997).

Rafine ve tam karabuğday ununu %5 ile %30 oranlarında durum buğdayı unu ile karıştırılarak spagetti üretilmesine yönelik yapılan bir araştırmada, karabuğday unu ikamesi oranının arttıkça lisin oranının yükseldiği, tekstür ve aroma özelliklerinin ise rafine karabuğday ununda %30, tam karabuğday ununda ise %15 düzeyinden sonra değiştiği tespit edilmiştir (Duarte ve ark., 1996).

%25 oranında karabuğday kepeği ikamesi ile üretilen spagettilerde, katılan karabuğday kepeğinin pişme kayıplarını arttırdığını ancak spagettilerde mineral, protein ve amino asit içeriğini arttırmak amacıyla karabuğday kepeğinin iyi bir zenginleştirme bileşeni olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Manthey ve Hall, 2007).

Karabuğday tanelerinin farklı ekstraksiyon oranlarından öğütölmeleri ile elde edilen 16 un fraksiyonunun buğday unu (%40) ile karıştırılması ile elde edilen erişte örneklerinde; karabuğdayın iç tabakalarından dış tabakalarına doğru, eriştede pişirme süresi ve parlaklık (L) değerlerinde azalma olduğu, elastikiyet ve sertlik değerlerinde ise artış olduğu rapor edilmiştir (Hung ve ark., 2007).

%10, %20 ve %30 oranlarında karabuğday ununa %10, %15 ve %20 oranlarında buğday kepeği ilave edilmesiyle elde edilen spagetti örneklerinin duyusal değerlendirmeleri sonunda kontrol ile karabuğday katkılı örneklerin aynı değerleri vermiş olduğu bildirilmiştir (Chillo ve ark., 2008).

Glutensiz erişte üretimi amacıyla mısır nişastası ve pirinç unu ile birlikte %20 ve %30 oranlarında karabuğday tam unu ilave edilerek elde edilen örneklerde karabuğday ilave edilmesiyle örneklerin kül, K, Mg ve P içeriklerinin arttığı, pişirme

kaybı, renk ve fitik asit içeriklerinin ise olumsuz yönde etkilendiği belirlenmiştir. Duyusal olarak %20 oranında karabuğday tam unu ilavesi ile hazırlanan eriştelerin panelistler tarafından beğenildiği, bununla birlikte glutensiz erişte üretiminde mineral maddece zenginleştirme açısından %20 oranında karabuğday tam ununun kullanılabilceği rapor edilmiştir (Bilgiçli, 2008).

Karabuğdayın beslenmedeki öneminin ve sağlık üzerine olumlu etkilerinin son yıllarda yeniden keşfedilmesiyle birlikte beslenmede ve birçok gıda formülasyonunda önemli bir bileşen olarak artan bir popülerlik ile kullanılmaktadır. Tüketime hazır atıştırmalıklar arasında, bisküvi ve kek gibi ürünler nispeten uzun raf ömrüne sahip olması, tüketime hazır olması, doyurucu ve ucuz olması gibi birçok özellikleri nedeni ile önemli bir tüketim alanına sahip olduğu bilinmektedir (Akubor, 2000; Hooda ve Jood, 2002).

Ekmektekinin aksine, bisküvide gluten ağının az gelişmesi, hamurda kohesif yapının oluşması ve hamurun çok elastik olmaması istenmektedir. Bu durum, glutensiz bileşenlerle bisküvi üretiminde bir avantaj olmasının yanısıra daha farklı bileşenler ve kombinasyonları ile yapılacak çalışmaların da başarılı olmasını sağlamaktadır (Schober ve ark., 2003). Bu amaçla katkı maddesi ilave edilmesi ile teknolojik ve duyusal özellikler bakımından kabul edilebilir nitelikte bisküvi ve kek üretiminin gerçekleştirildiği çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Yıldız, 2012; Hadnağev ve ark., 2013; Kaur ve ark., 2015).

Bisküvi üretiminde renk ve yapı için genellikle % 25' den daha az tatar karabuğdayı kullanılması önerilmektedir. Yapılan bir çalışmada gıdanın tadının acı olmaması ve kalitesinin yüksek olması içinse tatar karabuğday oranının % 50'den az olması gerektiği bildirilmektedir (Rufeng ve ark., 1995).

Glutensiz bisküvi üretimi için % 10 oranında karabuğdayın üretime eklendiği bir çalışmada glutensiz bisküviler saf nişastaya dayalı olarak üretildiği için bu şekilde üretilen bisküvilerin kuru, kumsu bir tat verme eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Schober ve ark., 2003).

Tarçınlı fıncıklı bisküvi üretiminde buğday ununa ilave edilen karabuğdayunun kullanılabilirliğini ve çavdar unu ikamesi olarak kabul edilebilirliğini araştıran bir çalışmada, karabuğday unu örneklerinin toplam polifenol, antioksidan ve şelatlama aktivitesi çavdar unu örneklerinden önemli derecede yüksek bulunurken lif, Cu, Mn ve Fe oranlarındaki artışın çavdar unu örneklerinden daha yüksek olmadığı tespit edilmiş, duyuşal olarak %40 karabuğday ilavesinin ideal olduğu bildirilmiştir (Filipcev ve ark., 2011).

Farklı emülgatör çeşitlerinden SSL+Lesitin kombinasyonunun %10 karabuğday unu ile birlikte kullanılması ile üretilen bisküvilerin optimum kalite ve besleyicilik sağladığı, duyuşal değerlendirmede en çok tercih edilen örnek olduğu ve karabuğday unu ilavesiz bisküviler ile istatistiksel olarak da herhangi bir farkının bulunmadığı bildirilmiştir (Yıldız, 2012).

Karabuğday ununa 1g/100g oranında çeşitli gamlar (guar gam, gam akasya, ksantan gam ve kitre gamı) kullanılarak üretilen bisküvilerden özellikle ksantan gam içerenlerin renk, görünüş, aroma ve toplam kabul edilebilirlik bakımından daha iyi sonuç verdiği bildirilmektedir. Karabuğday unu içeren örneklerin, sadece buğday unu içeren örneklere göre daha yüksek su miktarı, çap, kalınlık, ağırlık ve daha düşük kırılma kuvveti tespit edildiği bildirilmektedir (Kaur ve ark., 2015).

Kek üretiminde kullanılacak glutensiz unların tanecik boyutunun küçük, polar lipit içeriğinin yüksek ve nişasta jelinizasyon sıcaklığının düşük olması istenmektedir. Unun iyi bir şekilde öğütülmesi yararlı olmakta, emülgatör ilavesiyle de polar lipit yetersizliği giderilebilmektedir. Sakkaroz, nişasta jelinizasyonunu geciktirmede glukozdan daha güçlü etkiye sahiptir, dolayısıyla sakkaroz yerine glukoz kullanımı kek hacmini, içyapısını ve tekstürünü geliştirmektedir (Schober ve ark., 2009).

Yapılan bir çalışmada tatar karabuğdayı ve yaygın karabuğday unları ile buharda pişirilerek yapılan kekin kalitesi karşılaştırılmıştır. Buna göre tatar karabuğdayı ile yapılan kekin rutin içeriğinin 14 kat fazla, kırmızılık ve sarılık değeri en yüksek ve

tat, yumuşaklık ve nem değerleri açısından da tatar karabuğdayının olumlu sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir (Choi ve ark., 2007).

Karabuğday ununun keklerde kullanılması ile keklerin protein içeriğinin ve besinsel lif miktarının önemli ölçüde arttığı, aynı zamanda keklerin makro ve mikro elementler (potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, demir, manganez, çinko ve bakır) bakımından da zenginleştiği bildirilmiştir (Gambus ve ark., 2009). Yine yapılan bir çalışmada karabuğday öğütme ürünleri (açık renkli, koyu renkli ve tam karabuğday unu) ev tipi kek formülasyonuna farklı oranlarda eklendiğinde açık renkli karabuğday unu kullanılan örneklerin duyusal tercih puanının, öğütme ürünleri %100 oranında eklendiğinde ise yine açık renkli karabuğday unu içeren keklerin lezzet puanlarının daha yüksek bulunduğu bildirmiştir (Adalı ve ark., 2015).

Ekmek; un, su, tuz ve mayanın belirli oranlarda karıştırılması, yoğrulması ve elde edilen hamurun belirli sürelerde fermente edilerek pişirilmesiyle elde edilen temel bir gıda maddesidir (Elgün ve Ertugay, 2002). Ekmeğin kimyasal yapısı, bileşiminde kullanılan un ve katkı maddeleri ile ilgili olup, rafine undan elde edilen ekmeğin bileşimini yaklaşık % 37 su, % 9 protein, % 50 karbonhidrat, % 3 yağ ve % 2 kül oluşturmaktadır. Ekmeğin kalori değeri ise 100 g ekmek için yaklaşık 270 kalordir (Özkaya, 1986; Elgün ve Ertugay, 2002).

Ekmek yapımında genellikle buğday unu kullanılmakla birlikte, üretimde kullanılan unların, katkı maddelerinin ve üretim yöntemlerindeki farklılıkların etkisiyle, çok farklı tekstür ve lezzette ekmek üretimi yapılmaktadır. TS 5000 ekmek standardına göre ekmekler katkılı ve katkısız olarak ikiye ayrılmaktadır. Katkılı ekmeklerin üretiminde temel bileşenler olan un, su, tuz ve mayanın yanı sıra, görünüşü düzeltmek, dayanıklılığı artırmak, bayatlamayı geciktirmek, aroma vermek gibi amaçlarla izin verilen gıda katkı maddelerinin kullanılabileceği belirtilmektedir (Anonim, 2010).

Ekmeğin insan beslenmesinde üstlendiği çok önemli fonksiyonlar vardır. Ancak, ülkemizde çok yaygın olarak tüketilen ekmeğin kalitesi, istenen düzeye henüz

ulaşamamıştır. Buğdayın rafine una öğütülmesiyle birlikte bileşiminde birtakım vitamin, mineral madde ve protein kayıpları olmaktadır. Özellikle buğdayda zaten yetersiz olan lizin, treonin, metionin gibi bazı esansiyel aminoasitlerin miktarı oldukça azalmaktadır. Yeterli ve dengeli bir beslenme için ihtiyaç duyulan vitaminler ve mineral maddeler buğdayın embriyo ve dış kabuk kısımlarında yoğunlaştığından, bu maddelerin una geçen miktarları da oldukça azalmaktadır. Hem bu kayıpları mümkün olan en az seviyeye indirgeyebilmek, hem de eksikliği duyulan besin öğelerini ürüne kazandırabilmek için başvurulan yol ekmeğin zenginleştirilmesi işlemidir (Özkaya, 1986; Göçmen, 1993; Kotancılar ve diğ., 1995; Elgün ve Ertugay, 2002). Ekmeğin zenginleştirilmesiyle ilgili yürütülen çalışmalar sonucunda ise, 1943 yılında tiamin, riboflavin, niasin ve demirin unda ve ekmekte bulunması gereken miktarları belirlenmiş ve 1971 yılında bu maddelerin una katılması yasal bir zorunluluk haline gelmiştir (Elgün ve Ertugay, 2002). Yaklaşık 60 yıldır 50 ülkede ekmeçlik un yasal zorunluluklarla veya isteğe bağlı olarak zenginleştirilme yoluna gidilmektedir (Çağlıyan, 2008).

Son yıllarda ekmeğin zenginleştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar pseudo tahılların bu amaçla kullanımı üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapılan bir çalışmada buğday ununa %15, %30 ve %50 oranlarında karabuğday unu ilave edilerek hazırlanan ekmeklerin teknolojik özellikleri incelenmiştir. Buna göre %15 ve %30 karabuğday unu içeren ekmeklerin buğday unu ile hazırlanan kontrol ile aynı teknolojik özellikler gösterdiği ancak %50 karabuğday ikamesi ile hazırlanan ekmeklerin hacimlerinin düşük, gözenek yapılarının ise oldukça kötü olduğu tespit edilmiştir (Bonafaccia ve Kreft, 1994).

Değişik oranlarda rafine buğday unu ve karabuğday unu ile üretilen ekmek örneklerinde, %10 karabuğday unu ve %90 rafine buğday unu ile yapılan ekmeklerin daha fazla karabuğday unu içeren ekmeklerden duyusal olarak daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Kim ve ark., 2000). Bir diğer çalışmada %15 oranında eklenen karabuğdayunun optimum formülasyonu sağladığı, karabuğday ilaveli örneklerde lif, linoleik asit, linolenik asit, B1 ve B5 vitamin miktarlarında da artış olduğu tespit edilmiştir (Klava, 2004).



Farklı oranlarda (%0, %15, %30 ve %45) karabuğday unu ve rafine buğday ununun karıştırılması ile ekmek üretilen bir diğer çalışmada, ekmek örneklerinde yapılan duyusal analizler sonucunda %30 karabuğday unu ile hazırlanan ekmeklerin renk ve lezzet açısından en iyi bulunduğunu bildirmişlerdir (Choi ve Chung, 2007). Yine farklı oranlarda (% 10, 20, 30, 40 ve % 50) karabuğday unu kullanılarak yapılan bir araştırma sonucunda ise karabuğday ununun artmasına bağlı olarak ekmek içi gözenek yapısının geliştiği rapor edilmiştir (Fujarczuk ve Zmijewski, 2009). %15 yaygın karabuğday unu (kabuklu ve kabuksuz) ilavesi ile hazırlanan iki karabuğday ekmeğinde bulunan toplam serbest amino asit içeriği (86,36-87,73 mg/g), rafine buğday unu ile yapılan ekmekten (73,90 mg/g) daha fazla bulunmuştur. Söz konusu ekmeklerde lezzet arttırıcı madde olan 5'-nükleotidlerin ve umami yoğunluğun da daha fazla bulunduğu bildirilmiştir (Lin ve ark., 2009).

Karabuğday ilave edilerek üretilen ekmeklerle ilgili bir çalışmada rafine un ile %10 ile %50 oranlarında karabuğday tam unu kullanarak hazırladıkları hamurları reolojik olarak, bu formülasyonlardan ürettikleri ekmekleri ise kimyasal, besinsel ve duyusal olarak değerlendirdiklerinde, formülasyona KBTU (karabuğday tam unu) ilavesi ile hamur örneklerinin su absorpsiyon ve gelişme süresi değerlerinde artış olduğu, direnç ve stabilite değerlerinde ise düşüş meydana geldiği bildirilmiştir. Artan oranlarda KBTU kullanımı ile ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerlerinin, protein, mineral ve rutin içeriğinin arttığı da rapor edilmiştir. Ekmek özellikleri açısından %10 ile %20 oranlarında KBTU kullanımının uygun olduğu tespit edilmiştir (Bojnanska ve ark., 2009).

Fransız ekmeğinin kalitesine benzer özellik gösteren ekmek üretimini amaçlayan bir çalışmada katkı maddesi olarak %1,9 oranında guar gam ve karabuğday ununun %5 oranında ilavesi ile optimum benzerliğin sağlandığı bildirilmiştir. Karabuğday ununun, diğer unlar arsından en uygun un olarak seçildiği, ilavesinin ekmek kalitesinde iyileşme, özgül hacimde artış ve daha yumuşak bir doku sağladığı da belirtilmektedir (Mezaize ve ark., 2009).

Karabuğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinde linoleik, oleik ve palmitik asit oranları yüksek bulunurken, karabuğday filizi unu (KFU) ile hazırlanan örneklerde ek olarak  $\alpha$ -linoleik asit oranının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. KFU kullanıldığında protein, besinsel lif ve kül oranlarının karabuğday ununa göre sırası ile %3,2, %4,2, %1 oranlarında arttığı belirlenmiş olup, toplam nişasta oranının ise %17,8 oranında azaldığı bildirilmiştir (Alvarez, Jubete ve ark., 2009).

Tam karabuğday unu ile sodyum stearol 2-laktilat (SSL) ve transglutaminaz (TG) kombinasyonunun kullanılması hamur işleme özellikleri, teknolojik, besleyici ve duysal özellikler bakımından en iyi sonucu verdiği, karabuğday öğütme ürünlerinin (rafine un, tam un ve kepek) kullanımı nedeni ile hamur stabilitesinde oluşan azalmaya olumlu etki ederek ekmek hacminde iyileşme, iç kısımda 72 saat süren yumuşaklık ve ekmek renginde açıklık sağladığı bildirilmiştir. Özellikle karabuğday kabuğu eklenmesi ile kül, protein, lif, yağ ve mineral içeriklerinde önemli artışlar tespit edildiği, duysal olarak ise beyaz karabuğday unu ve tam karabuğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin, rafine buğday unu ile üretilen kontrol ekmeklerinin özellikleri ile benzerlik gösterdiği bildirilmiştir (Atalay, 2009).

Buğday ile karabuğdayın antioksidan aktivitesinin karşılaştırıldığı bir çalışmada karabuğdayın, buğdaydan daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Kreft ve ark., 2006). Karabuğdayın kimyasal kompozisyonu ve proteinleri, diğer tahıllarla karabuğdayın harmanlanması ya da işlenmesine rağmen üretilen ürünler içinde kalmaktadır (Bonafaccia ve Kreft, 1994). Bu olumlu özelliği ile son ürün işlevselliğini arttırmak için buğday bazlı ürünlerin karabuğday ile zenginleştirilebileceği belirtilmektedir (Sedej ve ark., 2011). Karabuğday ve pirinç unu ile glutensiz ekmek üretiminde %0,5 ile %1,5 oranlarında eklenen ksantan gaminin depolama katsayısını daha fazla attığı, propilen glikol aljinatın ise yüksek özgül hacim, ekmek içi sıklığı ve yapı oluşturduğu bildirilmiştir (Peressini ve ark., 2011).

%15 oranında kabuklu ve kabuksuz karabuğday unlarının rafine una ilave edilmesi ile katkı maddesiz ekmek üretilen bir çalışmada ekmeklerin buğday ekmeklerine göre daha sert, yapışkan ve sakızimsı bir yapıya ve daha fazla nem oranına sahip

olduğu, depolama sırasında ise daha az oranda bakteriyel gelişim gösterdiği bildirilmiştir (Lin ve ark., 2013).

Ekmek üretimi ile ilgili yapılan bir çalışmada Çiya tohumu unu ve Tatar karabuğday unu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeğın, rafine un ile hazırlanmış kontrol örneğine göre daha yüksek oranda antioksidan aktivite (%75), protein (%20), çözünmeyen besinsel lif (%74), kül (%51) ile  $\alpha$ -linoleik asit (%67,4) içerirken, daha düşük oranda enerji (%14) ve karbonhidrat (%24) içerdiği ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun önlenmesine yardımcı olduğu bildirilmiştir. Çalışmada ideal formül %90:10 Tartar karabuğday unu:çiya unu olarak tespit edilmiştir (Costantini ve ark., 2014).

Karabuğday ununun ekşi maya fermentasyonunda kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Coda ve ark., 2010; Rózyło ve ark., 2015; Lukšič ve ark., 2016). Ekşi maya fermentasyonu ile  $\gamma$ -aminobutirik asit bakımından zenginleştirilmiş fonksiyonel ekmek üretimi amacıyla kinoa, amarant, nohut ve karabuğday unu karışımı, ekmek mayası, *L. plantarum* C48 ve *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* PU1 ekşi mayaları ile fermente edilmiştir. Çalışma sonucunda, ekşi maya ekmeklerinin daha yüksek oranda serbest amino asit,  $\gamma$ -aminobutirik asit, fenolik bileşen ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu, *in vitro* nişasta hidrolizinin daha düşük olduğu, lezzet ve genel kabul edilebilirliklerinin ise daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Coda ve ark., 2010). Taze ekşi maya hamurunun dondurularak kurutulması ile ön fermentasyon işleminin elimine edildiği ve taze ekşi maya hamuru gibi üretimde doğrudan kullanılabilirdiği bildirilmiştir. Dondurarak kurutma işlemi için uygun olan ideal karabuğday ilave miktarı %20 ve %30 olarak, ideal dondurarak kurutma sıcaklığı ise 40°C olarak belirlenmiştir. Ekmek hacminde en az değişikliğin yüksek sıcaklıklarda (60°C) tespit edildiği ancak, bu sıcaklıklarda hafif derecede yanmış aroma bulunduğu bildirilmiştir (Rózyło ve ark., 2015). Karabuğday unu ile ekşi mayalı ekmek üretiminin fermentasyon aşamasında rutinın kuersetine dönüştüğünü belirleyen çalışmada, rutin ve kuersetin konsantrasyonları sırası ile kullanılan Tartar karabuğday ununda 14,6 mg/g, 1,9 mg/g, ekşi maya hamur starterinde 1,5 mg/g, 12,5 mg/g, ekşi maya hamurunda 3,2 mg/g, 8,1 mg/g olarak tespit edilmiş, ekşi maya

ekmeğinin ise 5,0 mg/g kuersetin içerdiği ancak rutin içermediği bildirilmiştir (Lukšič ve ark., 2016).

Ekmeğin karabuğday unu ile zenginleştirilmesinin sağlamış olduğu tüm bu olumlu katkıların yanısıra, ekmeğin gluten içermemesi nedeniyle bazı olumsuz özelliklere de sebep olmuştur. Gluten hamur sisteminde arzu edilen doku ve hacmi elde etmek için gaz muhafaza etmede ve istenen elastikiye ile kuvvetli protein ağı oluşumu için gereklidir. Gluten içermeyen ekmek örneklerinde karabuğday unu miktarının artırılması ile ekmek hacmi genel olarak azalmaktadır. Bazı araştırmacılar karabuğday ununun ekmeklerde oluşturduğu hacim azalışını engellemek için % 3 oranında vital gluten ekleyerek hacmin arttığını belirtmişlerdir (Bojnanska ve Urminska, 2010). Bazı araştırmacılar ise buğday ununa %10, %20 ve %30 oranında karabuğday unu ile ekmek kalitesini arttırmak için gluten, aminoasit, hidroksipropilmetilselüloz ekleyerek oluşturdukları formülasyon sonucu ekmek ağırlığının ve sertliğinin karabuğday yüzdesi arttıkça arttığı ve ekmek içi yapışkanlığının azaldığı rapor edilmektedir (Ran ve Soon, 2000; Klava ve Karklina, 2002).

Hamurda gözlenen olumsuz durum ise glutenin olmaması nedeniyle hamurun sıvı olmasına, pişmiş ekmeğin çökmesine, zayıf renge ve çeşitli kalite sorunlarına sebep olmaktadır (Torbica ve ark., 2010). Ayrıca gluten matriksinden yoksun olan glutensiz ekmekler, düşük özgül hacim, yüksek ekmek içi sertliği, düşük teknolojik kalite ve yüksek bayatlama özelliği göstermektedir (Mahmoud ve ark., 2013).

Verilen tüm bilgiler ışığında literatürde ve uygulamada halihazırda mevcut çalışmalardan farklı olarak, çalışmamızda karabuğday ununa ek olarak çeşitli baklagillerden (soya) elde edilen unlar ve çeşitli tahıl nişastaları (pirinç, tapyoka, mısır) ile besinsel lif kaynağı olarak elma lifinin formülasyona dahil edilmesi ile daha sağlıklı ve fonksiyonel özellikler bakımından zenginleştirilmiş bir ekmek formülasyonu elde edilmesi amaçlanmaktadır. Bileşimden glutenin çıkarılması ile ortaya çıkabilecek olası tekstürel problemler ise çeşitli hidrokolloid katkı maddelerinin ilave edilmesi ile bertaraf edilecektir. Tez çalışması öncesinde

gerçekleştirilen uzun soluklu ön denemelerden elde edilen sonuçlar tezin sağlam temellere dayandırılmasına olanak sağlamıştır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

Bu çalışmada kullanılan karabuğday unu (Tito, İzmir), elma lifi konsantresi (Arosel Gıda) ve yaş hamur mayası (Pakmaya) belirtilen ticari firmalardan temin edilmiştir. Ekmek bileşiminde ayrıca içilebilecek nitelikte su, rafine tuz, kristal şeker, ayçiçek yağı ve yumurta kullanılmıştır. Ürün bileşiminde yer alan tüm hammaddeler gıda olarak tüketime uygun nitelikte olup (food grade) ilgili ticari firmalardan temin edilmiştir.

Karabuğday unu laboratuvar tipi bir öğütücü yardımıyla partikül iriliği  $0,5 \geq$  mm olacak şekilde öğütüldükten sonra ekmek yapımına kadar buzdolabı sıcaklığında ağzı kilitli polietilen ambalaj içerisinde muhafaza edilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

Hammadde olarak kullanılan karabuğday unu örneklerinde rutubet (ICC Standart Metod No: 110-1), kül (ICC Standart Metod No: 104) ve protein miktarları (AACC Approved Metod No. 46-12) Anonymous 1990'a göre tayin edilmiştir. Yaş gluten miktarı tayini, ICC Standart Metod No: 106 (Anonymous 1984)'ya göre, sedimentasyon değeri tayini ise ICC Standart Metod No: 116 (Anonymous 1994)'ya göre tayin edilmiştir.

##### **3.2.1. Ekmek formülasyonunun hazırlanması**

Ekmek formülasyonunun hazırlanmasında karabuğday unu, soya unu, pirinç unu, çeşitli tahıl nişastaları (patates, tapyoka ve mısır), elma lifi, hamur yapısını iyileştirici bileşenler (pektin, karboksi metil selüloz ve hidroksi metil selüloz, guar gam, ksantan gum) ile temel ekmek bileşenleri (maya, tuz, şeker, yumurta, sıvı yağ ve su) ilave kullanılmıştır. Her bir bileşen için formülasyona ilave edilecek miktarlar tez çalışmasının başlangıç aşamasında yapılan ön denemelerden elde edilen veriler

ışığında belirlenmiş Çizelge 3.1’de verilen formülasyon deseni (yanıt yüzey yöntemi, full faktöriyel deneme deseni) oluşturulmuştur. Formülasyonda yer alan başlıca bileşenler sabit ve değişen oranlarda kullanılacak şekilde ayarlanmıştır. Her formülasyonda sabit oranda kullanılacak değişkenleri nişastalar, besinsel lif, sodyum karbonat, maya, tuz, şeker, sıvı yağ, yumurta ve su oluşturmaktadır.

**Çizelge 3.1.** Pseudo-tahıl ilaveli ekmek karışım formülasyon deseni

Değişken adı	Alt seviye
Karabuğday unu	3 seviye (%5, %15, %25)
Elma lifi	3 seviye (%1, %2, %3)
Su miktarı	4 seviye (%65, %70, %75)

**Çizelge 3.2.** Pseudo-tahıl ilaveli ekmek bileşimine ait kodlanmış bağımsız değişkenleri içeren deney tasarımı

Örnek No	Deneme Kodu (Karabuğday – Elma lifi – Su )	Deneme Planı		
		Karabuğday	Elma lifi	Su
1	-1, -1, -1	%5 (12g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)
2	-1, -1, 0	%5 (12g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)
3	-1, -1, 1	%5 (12g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)
4	-1, 0, -1	%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)
5	-1, 0, 0	%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)
6	-1, 0, 1	%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)
7	-1, 1, -1	%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)
8	-1, 1, 0	%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)
9	-1, 1, 1	%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)
10	0, -1, -1	%15 (36g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)
11	0, -1, 0	%15 (36g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)
12	0, -1, 1	%15 (36g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)
13	0, 0, -1	%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)
14	0, 0, 0	%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)
15	0, 0, 1	%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)
16	0, 1, -1	%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)
17	0, 1, 0	%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)
18	0, 1, 1	%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)
19	1, -1, -1	%25 (60g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)
20	1, -1, 0	%25 (60g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)
21	1, -1, 1	%25 (60g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)
22	1, 0, -1	%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)
23	1, 0, 0	%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)
24	1, 0, 1	%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)
25	1, 1, -1	%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)
26	1, 1, 0	%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)
27	1, 1, 1	%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)

### 3.2.2. Ekmek örneklerinin hazırlanması ve pişirilmesi

Deneme desenine göre 27 adet ekmek ve ekmek hamuru hazırlanmıştır. Ekmek formülasyonuna (Çizelge 3.3) göre oluşturulan bileşime 2 g tuz, 16 g kristal şeker, 10 g ayçiçek yağı, 1 adet yumurta, 16 g yaş maya ve deneme desenine göre belirlenmiş içme suyu ilave edilmiştir. Formülasyonlar Çizelge 3.3'te verilen işaretli bileşenlerin toplam ağırlığı (240 g) üzerinden yer değiştirme prensibine göre hazırlanmıştır.

Karışım hızlı yoğurma yöntemine (Rapid-Mix-Test) göre 15 dk süre ile karıştırıldıktan sonra hazırlanan hamurlar ev tipi ekmek pişirme makinasında (Kenwood) 50 dakika süreyle pişirilmiştir. Soğumaya bırakılan ekmekler 6 saat süre ile bekletilerek oda sıcaklığına geldiğinde tekstürel ve duyu analize tabi tutulmuştur.

**Çizelge 3.3** Pseudo-tahıl ilaveli ekmek karışım formülasyonu

Bileşenler	Miktar (g)
BW*	-
Soya unu	35
Pirinc unu	75
Patates nişastası	70
Tapyoka nişastası	30
Mısır nişastası	30
Pectin	20
CMC**	2
HPMC***	4
Xhantan gum	1
Guar gum	1
Elma lifi	-
Sodyum bikarbonat	2
Maya	16
Tuz	2
Şeker	16
Sıvı yağ	10
Yumurta	1
Su	-

\*BW: Buckwheat

\*\*CMC: Karboksimetilseluloz

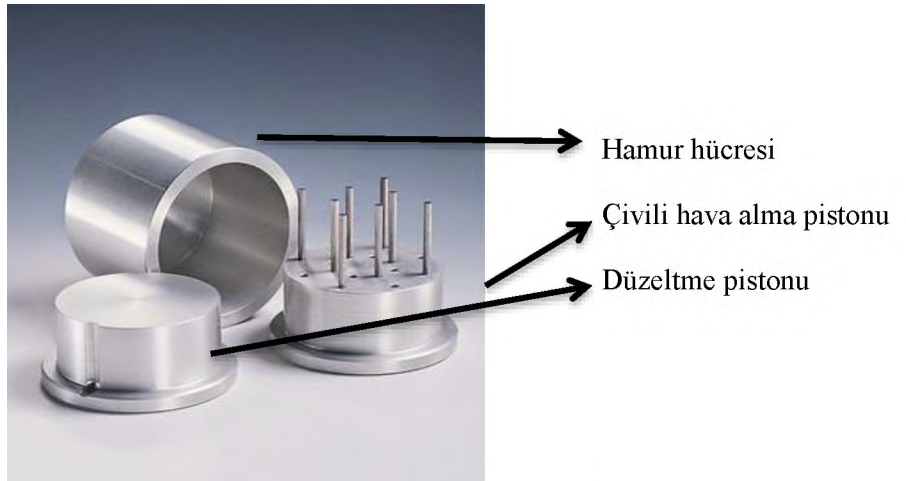
\*\*\*HMPC: Hidroksipropilmetilseluloz



### 3.2.3. Hamur ve ekmek analizleri

Çizelge 3.2’de belirtilen değişkenlere göre oluşturulan her bir kombinasyondan elde edilen ekmeklerde tekstürel (hamurda yapışkanlık ve sertlik testi, ekmekte baskı testi) ve duyuşsal özellikler (panelistler ile yapılacak duyuşsal değerlendirme çalışması, 1-10 arası puanlandırmaya dayalı) ilgili analiz yöntemleri ile belirlenmiştir (Çolakoğlu ve Özkaya, 2012).

Hamur örnekleri hazırlandıktan sonra 30°C’deki etüvde %80±5 bağıl nemde 1 saat süre ile fermente edilmiştir. Ekmek hamurlarında sertlik ölçümü için penetrasyon testi kullanılmıştır. Bu amaçla yaklaşık 110 g hamur örneği Resim 3.1’de gösterilen hamur hazırlama setinin hamur hücresine yerleştirdikten sonra çivili hava alma pistonu kullanılarak hamur içerisindeki hava kabarcıklarının çıkarılması sağlanmış ve düzeltme pistonu ile hamur yüzeyi düzeltilmiştir.



**Resim 3.1.** Penetrasyon testi için hamur hazırlama seti

Hamur hücresi tekstür analizöre yerleştirdikten sonra 6 mm çaplı paslanmaz çelik silindirik probu kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir (Probuñ hamura penetrasyon derinliği; 20 mm, Test hızı; 3 mm/s). Maksimum penetrasyon derinliğinde elde edilen kuvvet değeri (g) hamur örneğinin sertlik (hardness) değerini temsil etmektedir.

Ekmek hamurunda yapışkanlık (adhesiveness) testi SMS/CHEN-HOSENEY hamur yapışkanlık donanımı kullanılarak yapılmıştır (Resim 3.2).



**Resim 3.2.** SMS/CHEN-HOSENEY donanımı

Hamur örneği Chen-Hoseneey hamur halkasına yerleştirildikten sonra delikli kapak ile kapatıldıktan sonra, kapaktaki delikten yaklaşık 1 mm yüksekliğinde hamur çıkışı gözlenmiştir. Bu kısım nem kaybının engellenmesi için plastik disk ile kapatılmış ve 15 s süre ile dinlendirilmiştir. Süre sonunda disk kaldırılarak, hücre tekstür analizöre yerleştirilmiş ve analizde 25 mm çaplı silindirik perplex probu kullanılmıştır (Test hızı; 0,5 mm/s). Probu hamurdan ayırmak için gerekli maksimum tensile force değeri (g) hamurun stickness değerini temsil etmektedir.

Ekmek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA) örneklerin iki kez sıkıştırılması yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz koşulları aşağıda belirtilmiştir.

- 5 kg load cell
- 25 mm alüminyum silindirik prob
- Pre-test hızı 1 mm/s; Test hızı 1 mm/s; post-test hızı 1,7 mm/s
- İki compression arası bekleme süresi 30 s
- % 50 strain
- Ekmek dilim kalınlığı 20 mm

Analiz sonucunda elde edilen verilerden Sertlik (N), Çiğnenebilirlik (N), Bağlılık, Elastikiyet ve Esneklik değerleri hesaplanmıştır.

### 3.2.4 Duyusal değerlendirme

Ekmek örnekleri duyusal analizde; gözenek yapısı, renk, hacim, tat, aroma, çiğnenebilirlik, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal kriterler bakımından puanlama yöntemi ile değerlendirilmiştir. Duyusal analiz, bu konuda ön bilgilendirme yapılmış kişilerden oluşturulan bir ekip tarafından duyusal analiz koşulları sağlanan laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizde kullanılan değerlendirme formu ekte yer almaktadır (EK 1) (Altuğ ve Elmacı, 2011).

### 3.2.5 İstatistiksel analiz

Farklı bileşen kombinasyonlarının optimizasyonu için yanıt yüzey metodu (Response Surface Method, RSM) full faktöriyel deneme deseni kullanılmıştır. İstatistiksel analizler Minitab paket programı (Minitab, State College, PA) kullanılarak yapılmıştır. Bağımsız değişkenler arasındaki önemli farklılık ( $p \leq 0.05$ ) varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir. Araştırmada deneme planı kapsamında bağımsız değişkenler karabuğday (%5, %15, %25), elma lifi (%1, %2, %3) ve su miktarı (%65, %70, %75) olarak 3 farklı alt seviye ile belirlenmiş ve toplam 27 adet ekmek denemesi 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Çizelge 3.2). Karabuğday unu ilavesi ile ekmek formülasyonunda optimum düzeyde kalite elde edebilmek için kullanılan parametreler ise hamurda yapışkanlık, ekmekte sertlik ve duyusal değerlendirmede ise genel ortalama olarak belirlenmiştir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1 Un Örneklerinin Bazı Kimyasal ve Fizikokimyasal Özellikleri

Pseudo-tahıl ilaveli ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan karabuğday unu (KBU) örneklerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Karabuğday unu örneklerinin bazı kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

	Karabuğday tam un örneği
Rutubet miktarı (%)	12,60 ± 0,43
Kül miktarı* (%)	1,86 ± 0,03
Protein miktarı* (% <sub>Nx5.7</sub> )	11,13 ± 0,15
Yaş gluten miktarı (%)	21,1 ± 0,4
Gluten indeks (%)	52 ± 2,64
Zeleny sedimentasyon değeri (ml)	24,6 ± 1,15

\* Kuru madde üzerinden verilmiştir. \*\* %14 rutubet esasına göre hesaplanmıştır

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi karabuğday unu örneğinin rutubet miktarı %12,6 olarak bulunmuştur. Hammadde olarak kullanılan KBU'nun protein değeri %11,1 olarak bulunmuştur. Protein miktarı, unların ekmeklik özelliklerini etkileyen kriterlerden biri olmakla birlikte bu değer karabuğday ununda ortalama bir değer olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Literatürde KBU'nun protein miktarı için %10,62-13,80 arasında değişen değerler bildirilmiştir (Zheng ve ark. 1998; Li ve Zhang 2001; Steadman ve ark. 2001a; Bonafaccia ve ark. 2003; Hatcher ve ark. 2008; Lin ve ark. 2009). Bulunan sonuçlar yapılan bu çalışma ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

KBU'nda kül miktarı ortalama %1,85 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Bu sonuçlardan, karabuğday ununun yüksek kül içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Çeşitli araştırmacılar KBU'nun kül içeriğinin %1,7-2 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir (Marshall ve Pomeranz, 1982; Li ve Zhang, 2001; Bonafaccia ve ark., 2003; Hatcher ve ark., 2008). KBU'nun yüksek kül içeriği; karabuğday tanesinin dış tabakalarında kül içeriğinin yüksek olması (Steadman ve

ark., 2001a,b; Bonafaccia ve ark., 2003) ve KBU'nun karabuğday tanesinden %100 randımanla tam un şeklinde elde edilmesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan başka bir çalışmada ise karabuğday ununun kül, protein ve rutubet miktarlarını sırasıyla, %2,2, %11,5 ve %11,80 olarak bulmuşlardır (Krkořková ve Mrázová, 2005).

KBU'nun yaş gluten içeriği %21,1 olarak bulunmuş olup değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Gluten içermeyen KBU'nun doğal olarak yaş gluten değeri %21,1 yani düşük olarak bulunmuştur. Literatürde yaş gluten miktarı; %33 ve üstü yüksek, %25-32 orta, %24 ve altı düşük şeklinde değerlendirilir (Anonim, 2016). Buna göre KBU'nun yaş gluten değerinin düşük seviyede olduğu bulunmuştur.

Denemelerde kullanılan un örneklerinin, gluten kalitesinin ölçüsünü gösteren gluten indeks değeri, gluten proteininin kalitesinin tespitinde etkin biçimde kullanılmaktadır. Bu değere göre zayıf (%50'den düşük), orta (%51-70 arası), kuvvetli (%71-85 arası), çok kuvvetli (%86-100) olduğuna karar verilebilir (Özer ve Ünal, 1998). Sonuçlar incelendiğinde; KBU'nun gluten indeks değeri %52 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Bu sonuçlara göre KBU'nun orta seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Gluten kalitesinin diğer bir göstergesi olan Zeleny sedimantasyon değeri 15-24 ml arasında ise zayıf, 25-36 ml arasında ise iyi, 36 ml üzerinde ise çok iyi un kalitesini ifade eder (Ünal, 1991; Elgün ve Ertugay 1995; Ünal, 2003). Çizelge 4.1 incelendiğinde; KBU'nun zeleny sedimantasyon değerleri 24,6 ml olduğu görülmektedir. Buna göre KBU'nun 24,6 ml değeri ile zayıf kalitede olduğu görülmektedir.

#### **4.2. Hamur ve Ekmek Örneklerinin Tekstürel Özellikleri**

Çizelge 3.2’de belirlenen deneme desenindeki kombinasyonlardan elde edilen hamur ve ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’te verilmiştir.

**Çizelge 4.2** Hamur örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR			
<u>Karabuğday</u>	<u>Elma lifi</u>	<u>Su</u>	<u>Sertlik</u>	<u>Yapışkanlık</u>	<u>Adezyon</u>	<u>Kohezyon</u>
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	285,059 ± 24,57	26,763 ± 3,49	1,925 ± 0,64	1,180 ± 0,23
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	282,556 ± 33,99	30,328 ± 3,56	2,928 ± 0,48	1,640 ± 0,03
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	221,703 ± 15,44	34,013 ± 0,96	3,866 ± 0,72	2,047 ± 0,17
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	302,779 ± 16,56	26,898 ± 6,42	2,513 ± 1,75	1,491 ± 0,66
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	244,763 ± 38,98	30,482 ± 4,95	2,827 ± 0,91	1,493 ± 0,18
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	254,884 ± 6,64	30,572 ± 1,10	2,999 ± 0,62	1,743 ± 0,31
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	334,961 ± 21,06	23,360 ± 2,10	1,508 ± 0,26	1,110 ± 0,09
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	298,788 ± 29,74	26,351 ± 3,69	2,588 ± 0,08	1,807 ± 0,21
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	224,491 ± 0,67	34,643 ± 0,75	2,916 ± 0,27	1,517 ± 0,09
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	289,673 ± 54,04	29,942 ± 1,18	2,642 ± 0,54	1,543 ± 0,31
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	237,338 ± 15,67	29,287 ± 7,50	2,340 ± 0,39	1,330 ± 0,01
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	183,306 ± 6,84	35,983 ± 0,29	3,534 ± 0,72	1,807 ± 0,15
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	259,198 ± 36,97	20,928 ± 0,90	0,977 ± 0,07	0,850 ± 0,01
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	258,001 ± 2,55	9,944 ± 8,66	0,445 ± 0,49	0,587 ± 0,29
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	207,604 ± 21,91	21,557 ± 2,48	1,155 ± 0,47	0,907 ± 0,21
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	291,361 ± 4,73	12,425 ± 5,23	0,559 ± 0,40	0,653 ± 0,11
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	280,769 ± 32,70	25,382 ± 1,62	1,476 ± 0,03	1,047 ± 0,04
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	242,067 ± 3,96	29,045 ± 2,71	1,968 ± 0,52	1,220 ± 0,23
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	242,216 ± 12,12	19,316 ± 0,87	1,002 ± 0,14	0,830 ± 0,01
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	203,639 ± 12,53	31,941 ± 1,19	2,650 ± 0,49	1,430 ± 0,29
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	191,799 ± 9,55	31,329 ± 3,97	2,333 ± 0,36	1,290 ± 0,04
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	292,917 ± 16,49	25,274 ± 1,48	1,376 ± 0,21	1,007 ± 0,07
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	227,981 ± 39,62	23,854 ± 2,43	1,255 ± 0,12	0,917 ± 0,06
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	180,773 ± 2,37	28,578 ± 2,78	2,303 ± 0,66	1,423 ± 0,14
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	231,661 ± 56,53	19,885 ± 7,36	0,981 ± 0,57	0,850 ± 0,24
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	266,008 ± 27,67	23,127 ± 0,48	1,302 ± 0,20	1,047 ± 0,12
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	226,299 ± 18,39	30,060 ± 0,71	1,996 ± 0,39	1,200 ± 0,11

\*Değerler "Ort ± Standart Sapma" olarak verilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
<u>Karabuğday</u>	<u>Elma lifi</u>	<u>Su</u>	<u>Sertlik</u>	<u>Tutunabilirlik</u>	<u>Elastikiyet</u>	<u>Bağlılık/yapışkanlık</u>	<u>Çiğnenabilirlik (varı katı madde)</u>	<u>Çiğnenabilirlik (katı madde)</u>	<u>Esneklik (geri kazanım)</u>
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	2480,555 ± 447,53	-0,801 ± 0,44	0,9268 ± 0,02	0,6463 ± 0,05	1599,006 ± 163,54	1490,616 ± 126,56	0,3427 ± 0,04
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	2789,778 ± 602,19	-1,317 ± 1,16	0,9485 ± 0,03	0,6882 ± 0,01	1910,705 ± 377,77	1814,569 ± 312,95	0,3876 ± 0,02
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	2485,922 ± 212,69	-0,625 ± 0,27	0,9743 ± 0,01	0,7076 ± 0,02	1756,283 ± 139,95	1619,198 ± 172,89	0,4082 ± 0,01
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	3488,369 ± 399,12	-2,121 ± 0,84	0,9962 ± 0,11	0,6016 ± 0,02	2091,344 ± 289,24	1757,494 ± 145,56	0,2956 ± 0,01
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	2730,992 ± 94,73	-2,302 ± 2,40	1,1761 ± 0,35	0,678 ± 0,01	1843,515 ± 50,75	2183,739 ± 612,13	0,3580 ± 0,01
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	1988,755 ± 149,08	-0,998 ± 0,58	0,9639 ± 0,02	0,6925 ± 0,05	1367,898 ± 0,50	1319,5228 ± 23,18	0,3801 ± 0,04
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	3612,292 ± 372,66	-1,860 ± 0,70	1,0929 ± 0,27	0,6326 ± 0,04	2276,991 ± 54,92	2579,008 ± 788,26	0,3221 ± 0,05
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	3621,454 ± 56,01	-74,519 ± 104,73	0,8667 ± 0,09	0,5533 ± 0,08	1987,242 ± 77,70	1721,609 ± 244,44	0,2665 ± 0,05
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	2146,281 ± 49,11	-1,229 ± 0,10	0,9244 ± 0,05	0,6684 ± 0,10	1422,092 ± 12,56	1314,316 ± 121,12	0,3480 ± 0,01
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	2601,921 ± 100,01	-0,710 ± 0,17	0,919 ± 0,03	0,6498 ± 0,07	1704,565 ± 0,28	1577,059 ± 131,66	0,3242 ± 0,01
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	2151,681 ± 195,14	-0,952 ± 0,21	0,9616 ± 0,07	0,6734 ± 0,04	1445,106 ± 0,39	1388,741 ± 226,23	0,3678 ± 0,03
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	2209,218 ± 100,07	-1,263 ± 0,42	0,9602 ± 0,10	0,6524 ± 0,01	1439,472 ± 151,58	1281,922 ± 125,44	0,3530 ± 0,04
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	2868,158 ± 186,05	-1,115 ± 1,01	0,9196 ± 1,02	0,6602 ± 0,16	1907,170 ± 115,23	1743,886 ± 146,23	0,3350 ± 0,01
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	3600,798 ± 114,57	-0,850 ± 0,56	0,9456 ± 0,87	0,641 ± 0,24	2294,882 ± 209,10	2170,535 ± 23,12	0,3276 ± 0,05
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	1824,478 ± 464,25	-1,114 ± 0,07	0,966 ± 0,03	0,6388 ± 0,45	1164,828 ± 126,02	1125,688 ± 129,47	0,3352 ± 0,03
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	3061,412 ± 917,40	-1,415 ± 0,01	0,921 ± 0,15	0,5876 ± 1,64	1794,964 ± 57,00	1652,201 ± 117,54	0,2786 ± 0,03
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	2898,173 ± 687,20	-1,329 ± 0,12	0,933 ± 0,01	0,6416 ± 0,94	1863,511 ± 78,70	1740,938 ± 108,25	0,3274 ± 0,02
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	2033,14 ± 179,25	-0,464 ± 0,05	1,0756 ± 0,37	0,672 ± 0,02	1361,812 ± 65,35	1430,067 ± 104,25	0,3540 ± 0,01
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	2510,805 ± 935,36	-1,589 ± 0,16	0,945 ± 0,08	0,6002 ± 0,03	1513,442 ± 46,25	1436,189 ± 79,58	0,2914 ± 0,01
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	1813,563 ± 808,25	-0,728 ± 0,09	0,9714 ± 0,23	0,5958 ± 0,01	1076,344 ± 25,45	1045,493 ± 103,25	0,2994 ± 0,08
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	1710,866 ± 254,45	-0,910 ± 0,04	0,929 ± 0,20	0,652 ± 0,01	1112,874 ± 129,10	1035,300 ± 201,23	0,3460 ± 0,56
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	2526,718 ± 123,89	-2,002 ± 0,16	0,9352 ± 0,12	0,6138 ± 0,01	1550,916 ± 170,86	1450,929 ± 164,23	0,3026 ± 0,47
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	3245,864 ± 451,23	-1,639 ± 1,21	0,8852 ± 1,29	0,5508 ± 0,01	1791,984 ± 208,00	1588,755 ± 139,64	0,2562 ± 0,16
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	2801,661 ± 124,20	-1,804 ± 1,07	0,933 ± 1,09	0,5764 ± 0,05	1616,090 ± 123,05	1509,264 ± 123,23	0,2724 ± 0,45
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	3179,183 ± 96,29	-1,584 ± 0,39	0,9063 ± 0,09	0,6209 ± 0,05	1978,773 ± 193,41	1808,649 ± 339,38	0,3100 ± 0,05
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	3201,507 ± 346,66	-1,686 ± 0,59	0,9091 ± 0,06	0,5827 ± 0,03	1861,199 ± 123,11	1690,881 ± 100,37	0,2813 ± 0,03
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	2260,191 ± 106,97	-2,572 ± 1,85	0,9413 ± 0,01	0,6452 ± 0,01	1582,986 ± 86,65	1490,269 ± 73,47	0,3259 ± 0,01

\*Değerler "Ort ± Standart Hata" olarak verilmiştir.



Çizelge 4.2 verileri incelendiğinde farklı deneme desenlerine bağlı olarak değişik oranlarda karabuğday unu ilave edilmesinin hamurun sertlik değerlerinde stabil bir artış veya azalmaya neden olmadığı görülmektedir. 5%Karabuğday(BW)-%3Elma Lifi (AF)-%65Su(W) kombinasyonu ile hazırlanan hamurların en sert ölçüm değerine sahip olduğu anlaşılmaktadır. 25%Karabuğday(BW)-%2Elma Lifi (AF)-%75Su(W) kombinasyonu ile hazırlanan hamur örneklerinde ise en yumuşak tekstür değeri elde edilmiştir. Bu verilere göre hamurun sertlik değeri üzerinde hamura ilave edilen su miktarının diğer parametrelere kıyasla daha etkili ve önemli bir faktör olduğu anlaşılmaktadır.

Ekmek örneklerine ait veriler incelendiğinde (Çizelge 4.3) farklı karabuğday-elma lifi-su kombinasyonları ile hazırlanan hamurlardan elde edilen ekmeklerde sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin değişkenlik gösterdiği, buna karşın diğer parametrelerin oldukça stabil kaldığı gözlemlenmiştir. Karabuğday ilavesi hem hamurda hem de bu hamurlardan elde edilen ekmeklerin sertlik özelliklerinde oldukça etkili olmuştur.

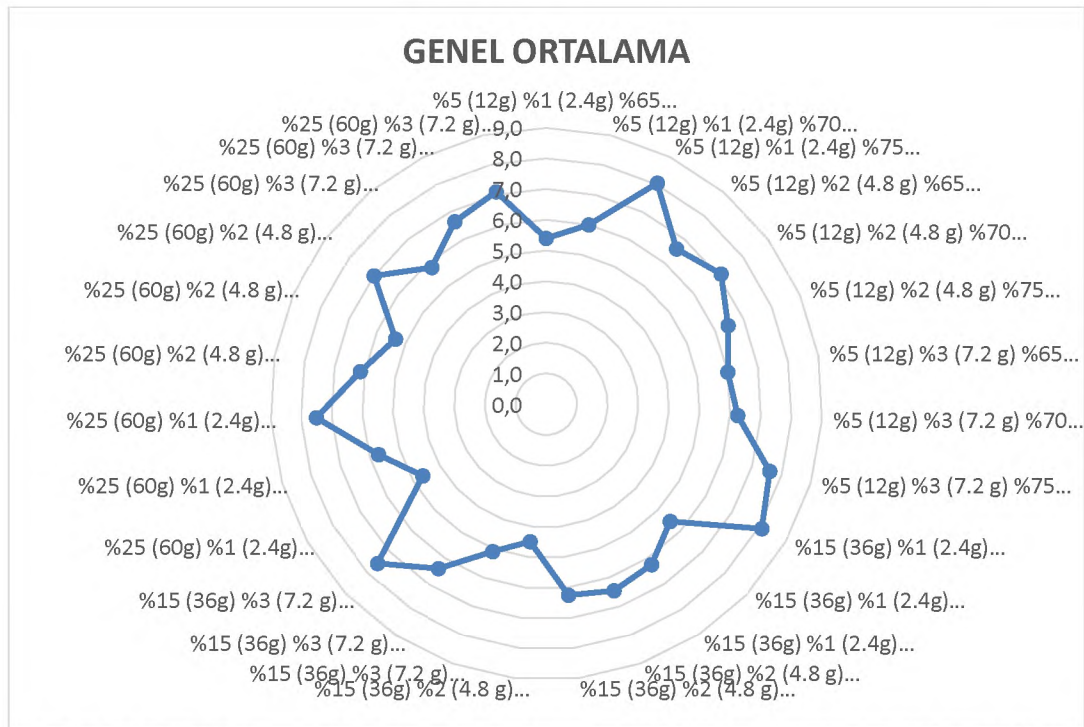
Bilindiği gibi buğday ununda yer alan gluten proteini, hamur sisteminde arzu edilen doku ve hacmi elde etmek için gerekli olan ve fermentasyon sürecinde mayalar tarafından üretilen gazı muhafaza etmede ve istenen elastisite ile kuvvetli protein ağının oluşumu için oldukça gereklidir. Gluten matriksinden yoksun olan glutensiz ekmeklerin düşük özgül hacim, yüksek ekmek içi sertliği, düşük teknolojik kalite ve yüksek bayatlama gösterdiği yapılan diğer çalışmalarda ifade edilmektedir (Mahmoud ve ark., 2013). Torbica ve ark. (2010) tarafından pirinç ve karabuğday unu kullanılarak hazırlanan glutensiz ekmeklerin reolojik, tekstürel ve duyusal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, bileşimde artan karabuğday unu ilavesinin (%10, %20 ve %30) son ürünün tekstürel özellikleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişikliğe neden olmadığı belirtilmiştir. Bu durum, besinsel açıdan oldukça zengin olan karabuğday unu ilavesinin son ürün bileşiminde kaliteyi olumsuz yönde etkilemeksizin daha yüksek oranlarda kullanılabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Aynı çalışma sonuçları, hamur bileşiminde gluten proteini ağ yapısının olmaması nedeniyle pişmiş ekmeğin çökmesine, zayıf renge ve kabukta

çatlama gibi çeşitli kalite sorunlarına sebep olduğunu göstermektedir (Torbica ve ark., 2010).

Bazı araştırmacılar karabuğday ununun ekmeklerde oluşturduğu hacim azalışını engellemek için % 3 oranında vital gluten ekleyerek hacmin arttığını belirtmişlerdir (Bojnanska ve Urminka, 2010). Bazı araştırmacılar ise buğday ununa %10, 20 ve 30 oranında karabuğday unu ile ekmek kalitesini arttırmak için gluten, aminoasit, hidroksipropilmetilselüloz ekleyerek oluşturdukları formülasyon sonucu ekmek ağırlığının ve sertliğinin karabuğday yüzdesi arttıkça arttığını ve ekmek içi yapışkanlığının azaldığını ifade etmişlerdir (Ran ve Soon, 2000).

#### 4.3. Ekmek Örneklerinin Duyusal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Ekmek örneklerinin duysal değerlendirme sonuçları Şekil 4.1 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçları son ürünün tüketici tarafından kabul edilebilirliğinin ölçümü açısından büyük önem taşımaktadır.



Şekil 4.1. Ekmek örneklerinin genel ortalama özelliği bakımından değerlendirilmesi

Veriler incelendiğinde genel ortalama özelliği bakımından en yüksek puanların %5BW-1%AF-%75W ve %15BW-1%AF-%65W deneme desenlerinden hazırlanan ekmeklerden elde edildiği tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.4** Glutensiz ekmek örneklerinde duyuusal analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME							
Karabuğday	Elma lifi	Su	Gözenek Yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik	Genel Ortalama
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	6,0±0,6	5,0±0,1	5,9±1,9	5,1±0,9	5,6±2,0	5,2±0,6	5,4±0,0	5,4±0,9
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	6,6±1,3	6,4±1,5	5,9±1,0	5,5±1,0	5,7±1,8	5,3±1,1	6,0±0,7	5,9±1,5
%5 (12g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	6,9±0,7	8,6±0,3	7,3±0,1	7,5±0,1	8,0±0,2	7,4±0,0	8,1±0,1	7,7±0,2
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	6,2±0,1	7,3±0,1	6,9±0,4	6,3±0,4	6,9±0,4	6,6±0,6	6,6±0,1	6,7±0,2
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	7,6±0,2	6,6±0,3	6,7±0,1	7,2±0,1	6,8±0,3	7,3±0,1	7,1±0,3	7,0±0,0
%5 (12g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	6,2±0,5	5,9±1,2	6,5±0,4	5,6±0,4	6,8±0,4	5,2±0,4	6,5±0,4	6,1±0,6
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	5,6±0,1	6,7±0,2	6,2±0,1	5,1±0,1	6,0±0,4	5,6±0,6	6,0±0,6	5,9±0,2
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	6,3±0,2	6,8±0,6	6,2±0,1	5,8±0,1	6,7±0,2	5,8±0,5	6,3±0,2	6,2±0,0
%5 (12g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	7,9±0,1	7,7±0,1	7,8±0,3	7,0±0,3	7,9±0,1	7,3±0,3	7,6±0,1	7,6±0,2
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	7,8±0,1	7,5±0,2	8,0±0,6	7,6±0,6	8,4±0,4	7,7±0,4	8,1±0,3	7,9±0,3
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	5,8±1,1	6,3±0,6	5,9±0,4	5,2±0,4	5,5±0,6	5,3±0,2	5,6±0,2	5,6±0,4
%15 (36g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	7,6±1,4	7,0±0,9	7,1±0,2	5,6±0,2	6,3±0,6	5,8±0,3	6,3±0,1	6,5±0,4
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	5,7±0,1	5,8±0,3	6,0±0,1	6,5±0,1	6,8±0,1	6,4±0,3	6,5±0,1	6,2±0,2
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	5,5±0,1	5,6±0,4	5,4±0,4	6,3±0,4	7,2±0,1	6,4±0,4	6,3±0,2	6,1±0,2
%15 (36g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	7,0±0,1	6,1±0,2	5,7±0,4	3,7±0,4	3,2±0,4	4,4±0,1	4,5±0,0	4,9±0,0
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	2,6±0,0	4,5±0,3	4,1±0,3	4,2±0,3	6,2±2,5	5,2±0,1	5,1±0,1	4,5±0,2
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	4,9±0,0	5,1±0,1	5,0±0,1	6,5±0,1	5,8±0,0	6,3±0,4	6,4±0,5	5,7±0,1
%15 (36g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	7,3±0,7	5,9±0,2	6,9±0,4	7,1±0,4	7,6±0,1	7,2±0,1	7,6±0,1	7,1±0,2
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%65 (156ml)	4,7±0,4	6,8±0,1	5,5±0,2	4,6±0,2	4,1±0,1	4,5±0,4	4,7±0,1	4,9±0,2
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%70 (168ml)	5,2±0,1	5,9±0,4	5,8±0,0	4,8±0,0	5,2±0,1	5,5±0,1	5,7±0,1	5,4±0,1
%25 (60g)	%1 (2,4g)	%75 (180ml)	7,9±0,1	6,5±0,4	7,1±0,1	7,3±0,1	7,2±0,1	7,2±0,0	7,5±0,1	7,2±0,0
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%65 (156ml)	5,8±0,0	5,6±0,3	5,3±0,2	5,4±0,2	6,0±0,2	6,3±0,1	6,2±0,1	5,8±0,1
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%70 (168ml)	4,4±0,2	5,6±0,0	5,2±0,5	5,0±0,5	4,5±0,0	4,5±0,1	5,4±0,4	4,9±0,1
%25 (60g)	%2 (4,8 g)	%75 (180ml)	5,8±0,1	6,3±0,2	6,9±0,1	7,4±0,1	6,1±0,1	6,2±0,6	7,0±0,0	6,5±0,1
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%65 (156ml)	5,4±0,4	5,2±0,3	5,8±0,1	5,2±0,1	4,8±0,1	5,5±0,4	5,8±0,3	5,4±0,1
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%70 (168ml)	3,9±0,1	6,4±0,2	6,2±0,3	5,9±0,3	4,6±0,0	6,2±0,4	6,7±0,4	5,7±0,1
%25 (60g)	%3 (7,2 g)	%75 (180ml)	7,5±1,8	6,9±0,5	7,3±0,6	7,1±0,6	6,4±1,1	6,8±1,3	7,1±1,7	7,0±0,9

Bu konuda yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde duyuşal özelliklerin karabuğday oranının azaltılması ile arttığı ifade edilmektedir (Yıldız, 2009). İlave edilen karabuğday miktarı artışıyla acılığın arttığı belirtilirken (Rufeng ve ark., 1995), Atalay (2009) tarafından yapılan çalışmada, buğday unu ile yer değıştirme prensibiyle % 20 karabuğday tam unu, % 20 karabuğday beyaz unu ve % 20 karabuğday kepeğı ile hazırlanan dört farklı ekmek örneğinin acı tat değerlendirilmesi sonucu istatistiki olarak fark görölmediğı fakat karabuğday kepeğı içeren ekmeklerin puanının düştüğü ve daha az beğenildiğı belirtilmiştir. Genel beğeni olarak karabuğday beyaz unu ve karabuğday tam unu içeren ekmekler ile buğday unu ile hazırlanan ekmekler istatistiki olarak eşdeğer puanlar toplamıştır (Atalay, 2009).

Vital gluten ve sodyum stearyl 2-laktilat katkıları ve katkısız olarak tam karabuğday unu ile yapılan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçlarında katkı ilaveli % 30 tam karabuğday unu ile yapılan bazlama örneklerinde ve % 40 lavaş ve yufka örneklerinde şahide eşdeğer kabul edilebilirlik belirlenirken (Yıldız, 2009), karabuğday unu ile yapılan bisküvi formölasyonunda karabuğday ununun artması ile görünüşlerinin duyuşal puanları ve lezzetlerinin azaldığı belirlenmiştir (Chopra ve ark., 2014).

Chung ve Kim (1998) tarafından yapılan bir çalışmada, % 30 karabuğday unu ile yapılan un karışımına vital gluten ve gam ilavesi ile ekmek hacimlerinde artış olduğı belirtilmiştir. Karabuğday unu ile zenginleştirilen buğday ekmeğinin antioksidan ve kalitesinin belirlenmesi için yapılan çalışmada (Lin ve ark., 2009), buğday ununa % 15 oranında karabuğday ilave edilerek duyuşal sonuçlarının kabul edilebilir olduğı raporlanmıştır.

Yarpuz (2011) tarafından % 0, 10, 15 ve % 20 karabuğday ilavesi ile yapılan glutensiz ekmek çalışmasında, duyuşal değerlendirme sonuçlarında dört farklı ekmek örneğinden genel beğeni açısından değerlendirildiğinde, % 10 ve % 15 karabuğday unu ikameli ekmeklerin karabuğday ikamesiz ekmekten yüksek puanlara sahip olduğı belirlenmiştir.

Farklı oranlarda karabuğday unu (%10, 20 ve 30) ile pirinç ununun karıştırılması ile elde edilen ekmeklerin reolojik, tekstürel ve duyuşsal özelliklerinin incelendiğı bir çalışmada, artan karabuğday unu ilavesi ile ekmeklerin genel görünüş ve kabuk yapısı özelliklerine ait puanlarının önemli ölçüde azaldığı, lezzet ve yumuşaklık özelliklerine ait değerlerin ise arttığı belirtilmiştir (Torbica ve ark., 2010).

Buğday ununun farklı oranlarda (maksimum %15 katma oranı) karabuğday unu ile zenginleştirilerek elde edilen ekmeklerin duyuşsal özelliklerinin incelendiğı bir diğer çalışmada, ekmeklerin görünüş, renk ve genel kabul edilebilirlik gibi özelliklerinde artan karabuğday unu ilavesinin önemli bir farklılığa yol açmadığı, buna karşın zenginleştirilen ekmekleri aroma ve lezzet bakımından daha yüksek puanlar aldığı bildirilmiştir (Lin ve ark., 2009).

#### **4.4. Optimizasyon Verilerinin Değerlendirilmesi**

Çeşitli nişastalar ve bunların kombinasyonlarına ilave edilecek optimum KBU ilavesi miktarını belirleyebilmek için yanıt yüzey yöntemi kullanılarak parametrelerin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla optimizasyonda kullanılan değişkenler alt seviyeleri ile birlikte belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

Hamur ve ekmek örneklerinde tekstürel ve duyuşsal analiz sonuçları elde edildikten sonra veriler yanıt yüzey metodu kullanılarak hamurda yapışkanlık (adhesiveness), ekmekte sertlik (hardness) ve duyuşsal değerlendirmede ise genel ortalama parametreleri baz alınarak optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Farklı oranlarda KBU, elma lifi ve su ilave edilerek hazırlanan hamur ve ekmeklerde belirtilen bileşen oranlarının belirlenen parametreler üzerindeki etkilerini gösteren varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5 ile Çizelge 4.7 arasındaki tablolarda, optimizasyon sonuçları ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5** Farklı bileşen kombinasyonlarının hamurda yapışkanlık (adhesiveness) özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analizi tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kareler toplamı	F-Değeri	p-Değeri
X <sub>1</sub> (Karabuğday unu)	2	812,4	1,00	0,382
X <sub>2</sub> (Elma lifi)	2	841,5	1,03	0,369
X <sub>3</sub> (Su)	2	795,1	0,98	0,389
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	4	1566,3	0,96	0,444
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	4	1661,7	1,02	0,414
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	4	1572,3	0,97	0,442
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	8	3077,7	0,95	0,497
Hata	27	10980,9		
Toplam	53	21308,0		

S.D.:Serbestlik Derecesi

**Çizelge 4.6** Farklı bileşen kombinasyonlarının ekmekte sertlik (hardness) özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analizi tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kareler toplamı	F-Değeri	p-Değeri
X <sub>1</sub> (Karabuğday unu)	2	13467,8	10,17	0,001*
X <sub>2</sub> (Elma lifi)	2	10436,4	7,88	0,002*
X <sub>3</sub> (Su)	2	45415,0	34,29	0,000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	4	886,4	0,33	0,852
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	4	491,1	0,19	0,944
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	4	1080,6	0,41	0,801
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	8	10072,2	1,90	0,101
Hata	27	17879,0		
Toplam	53	99728,5		

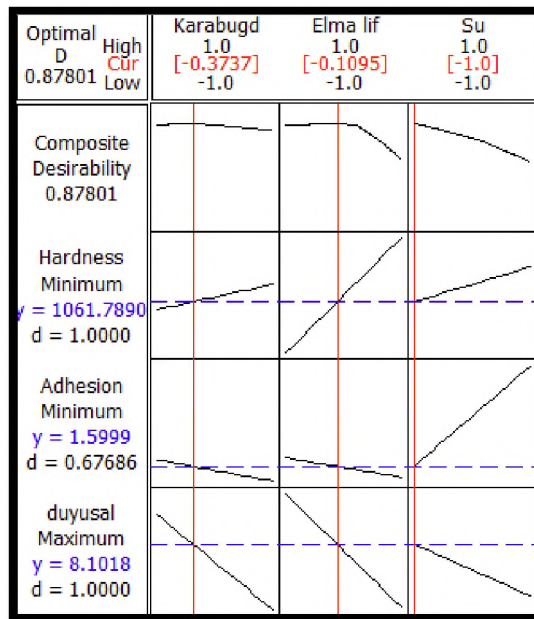
S.D.:Serbestlik Derecesi, \* İstatistiksel olarak %95 seviyesinde önemli (p<0,05)

**Çizelge 4.7** Farklı bileşen kombinasyonlarının ekmeklerin duyuusal analizlerinde

genel ortalama özelliği üzerine etkilerini gösteren varyans analizi tablosu

Varyasyon kaynağı	S.D.	Kareler toplamı	F-Değeri	p-Değeri
X <sub>1</sub> (Karabuğday unu)	2	3,6430	9,76	0,001*
X <sub>2</sub> (Elma lifi)	2	0,6847	1,83	0,179
X <sub>3</sub> (Su)	2	9,2805	24,87	0,000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	4	3,1209	4,18	0,009*
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	4	4,8396	6,48	0,001*
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	4	10,1399	13,58	0,000*
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	8	10,2350	6,86	0,000*
Hata	27	5,0387		
Toplam	53	46,9823		

S.D.:Serbestlik Derecesi, \* İstatistiksel olarak %95 seviyesinde önemli (p<0,05)



Şekil 4.2. Yanıt yüzey yöntemi optimizasyon verileri

Optimizasyon sonuçlarına ait varyans analizi parametreleri incelendiğinde; tek başına karabuğday unu (X<sub>1</sub>), elma lifi (X<sub>2</sub>) ve su (X<sub>3</sub>) ilavesinin hamurun yapışkanlık özelliği üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli olmadığı (p>0,05) (Çizelge 4.5), ekme örneklerinin sertlik özelliği üzerinde ise istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir (p<0,05) (Çizelge 4.6). İlave edilen varyasyon kaynakları arasında sadece karabuğday unu ilavesinin ekme örneklerinin duyusal



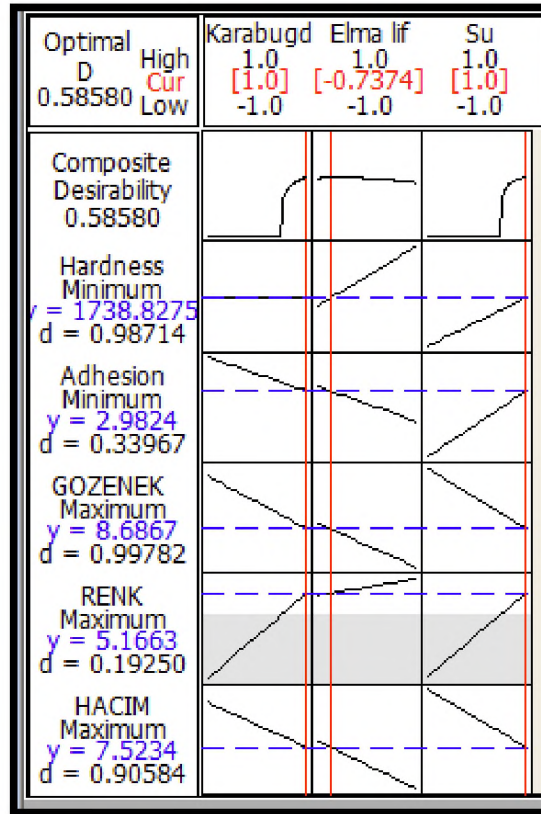
değerlendirmesi üzerinde istatistiksel olarak önemli etkilerinin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7).  $R^2$  değerleri hamurda yapışkanlık, ekmekte sertlik ve duyuşal analizde genel ortalama parametrelerine ait tablolar için sırasıyla  $R^2=0.4847$ ,  $R^2=0.8207$  ve  $R^2=0.8928$  olarak bulunmuştur. Bu değerler gözlenen ve tahmin edilen parametreler arasında çok kuvvetli olmasa da iyi bir korelasyon olduğunu işaret etmektedir.

Yapılan ilk optimizasyon ön deneme sonuçlarına göre Şekil 4.2'de elde edilen veri noktaları belirlenerek, karabuğday için -0,3737, elma lifi için -0,1095 ve su ilavesi için ise -1,0 noktalarına karşılık gelen **%11,2 BW - %1,89 AF - %65 W** kombinasyonu seçilmiş ve seçilen bu kombinasyondan hazırlanan ekmek örneklerinde tekstürel (hamurda yapışkanlık, ekmekte sertlik) ve duyuşal analizler tekrar edilmiştir. Bu kombinasyona ait analiz verileri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Optimize edilmiş kombinasyona göre hazırlanan hamur ve ekmek örneklerinde analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR						
Karabuğday	Elma lifi	Su	Sertlik	Yapışkanlık	Adezyon	Kohezyon			
%11.3 (27,12g)	%2 (4,8g)	%65 (156ml)	264,45	25,81	1,69	1,13			
İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
Karabuğday	Elma lifi	Su	Sertlik	Tutunabilirlik	Elastikiyet	Bağlılık/Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik (yarı katı madde)	Çiğnenebilirlik (katı madde)	Esneklik (geri kazanım)
%11.3 (27,12g)	%2 (4,8g)	%65 (156ml)	3459,32	-1,78	0,95	0,65	2242,56	2127,28	0,33
İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME						
Karabuğday	Elma lifi	Su	Gözenek yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Bıraktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
%11.3 (27,12g)	%2 (4,8g)	%65 (156ml)	5,27	6,47	5,60	6,30	7,13	6,00	6,27

Çizelge verileri incelendiğinde ekmekte optimizasyon için hedeflenen hardness değerinin (~1000) oldukça üzerinde bir değer elde edilmesi nedeniyle (~3459) optimizasyon verileri 5’li parametreler üzerinden yeniden analiz edilerek yeni bir optimizasyon elde edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Yanıt yüzey yöntemi ile elde edilen optimizasyon verileri

Yapılan ikinci optimizasyon sonuçlarına göre karabuğday için 1,0, elma lifi için -0,7374 ve su ilavesi için ise 1,0 noktalarına karşılık gelen **%25 BW - %1,26 AF - %75 W** kombinasyonu seçilmiş ve seçilen bu kombinasyondan hazırlanan ekmek örneklerinde tekstürel ve duyuşsal analizler tekrar edilmiştir. Bu kombinasyona ait analiz verileri Çizelge 4.9’de verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** İkinci optimizasyon kombinasyonuna göre hazırlanan hamur ve ekmeğ örneklerinde analiz sonuçları

İŞLEM KOŞULLARI			HAMUR			
Karabuğday	Elma lifi	Su	Sertlik	Yapışkanlık	Adezyon	Kohezyon
%25 (60g)	%1,26 (3,024g)	%75 (180ml)	169,20	41,11	4,86	2,01

İŞLEM KOŞULLARI			EKMEK						
Karabuğday	Elma lifi	Su	Sertlik	Tutunabilirlik	Elastikiyet	Bağlılık/Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik (yarı katı madde)	Çiğnenebilirlik (katı madde)	Esneklik (geri kazanım)
%25 (60g)	%1,26 (3,024g)	%75 (180ml)	1761,14	-0,94	0,95	0,69	1196,00	1154,06	0,39

İŞLEM KOŞULLARI			DUYUSAL DEĞERLENDİRME						
Karabuğday	Elma lifi	Su	Gözenek yapısı	Renk	Hacim	Tat-Aroma	Çiğnenebilirlik	Ağızda Braktığı His	Genel Kabul Edilebilirlik
%25 (60g)	%1,26 (3,024g)	%75 (180ml)	6,97	6,53	7,33	6,80	7,37	6,77	7,20

İkinci optimizasyon verilerine göre elde edilen sonuçlar (Çizelge 4.9). 5'li parametreler ile yapılan optimizasyon verileri ile istatistiksel açıdan uyumlu çıkmıştır. Bu durumda en son optimizasyon ile elde edilen karabuğday için 1,0, elma lifi için -0,7374 ve su ilavesi için ise 1,0 noktalarına karşılık gelen **%25 BW - %1,26 AF - %75 W** kombinasyonunun optimum nokta olarak alınmasına karar verilmiştir.

## 5.SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında pseudo-tahıl unu olarak karabuğday unu ile çeşitli nişastalar veya bunların kombinasyonları ve buğdaydaki glutenin işlevini üstlenebilecek hidrokolloidler, kaliteyi iyileştirici katkıları katılarak mümkün olan en üstün kalitede ekmek formülü yanıt yüzey yöntemi kullanılarak geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmadan elde edilen en önemli sonuçlar ile öneriler aşağıda verilmiştir.

- Karabuğday unu içerdiği fonksiyonel özelliğe sahip bileşenleri ile önemli bir zenginleştirme bileşeni olup, gluten içermemesi yönünden çölyak hastaları için yeni, besin değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesinde de önemli bir kullanım alanına sahiptir.
- Çalışma verilerinden seçilen parametrelere uygunluk gösterecek yeni kombinasyonların oluşturulması için yanıt yüzey yöntemi kullanılarak iki kez optimizasyon çalışması yapılmıştır. Yanıt yüzey yöntemi son yıllarda gıda bilimi ve teknolojisi alanında farklı gıda işleme süreçlerinde geniş çapta uygulama alanı bulan önemli bir optimizasyon yöntemidir.
- Optimizasyon sonuçlarına göre **%25 karabuğday unu - %1,26 elma lifi - %75 su** kombinasyonu ile hazırlanan formülasyondan hazırlanan ekmekler hem tekstürel hem de duyusal analiz sonuçları bakımından optimizasyon parametreleri ile uyum göstermiştir.

Optimizasyon parametrelerinden elde edilen sonuçların özellikle çölyak hastası bireyler ile beslenmesinden gluten proteinini çıkaran tüketici grupları için besleyici bir alternatif özelliği taşıdığına inanılmaktadır. Böyle bir ürünün piyasaya çıkarılabilmesi için öncelikle içerdiği gluten miktarının akredite bir kurum tarafından belirlenmesi ile ekmeklerin ambalajlandıktan sonra raf ömrü stabilitesi açısından incelenmesine yönelik çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Adalı, MB., Türkmen, B., Elmacı, Y., 2015. Karabuğday Öğütme Ürünlerinin Kek Formülasyonunda Kullanılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi, İzmir, Türkiye. 34s.
- Ahmed, A., Khalid, N., Ahmad, A., Abbasi, N. A., Latif, M. S. Z. ve Randhawa, M. A. (2014). Phytochemicals and Biofunctional Properties of Buckwheat: A Review. *Journal of Agricultural Science*, 152(3), 349–369. doi:10.1017/S0021859613000166.
- Akubor ,PI., Isolokwu,. PC, Ugbane, O., Onimawo, IA, 2000. Proximate Composition and Functional Properties of African Breadfruit Kernel and Wheat Flour Blends. *Food Res Int.*, 33: 707-712. DOI: 10.1016/S0963-9969(00)00116-2.
- Altuğ, T., Elmacı, Y., 2011. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. Sidas Medya Ltd. Şti. İzmir. ISBN:978-9944-5660-8-7.
- Alvarez, EO., Beauquis J., Revsin Y & et al. Cognitive Dysfunction and Hippocampal Changes in Experimental Type1 Diabetes. *Behavioural Brain Research* 2010;(198):224-30.
- Alvarez-Jubete L, Arendt, EK, Gallagher, E., 2009. Nutritive Value and Chemical Composition of Pseudocereals as Gluten-free Ingredients. *Int J Food Sci Nutr.*, 4: 240-257. DOI: 10.1080/09637480902950597.
- Anonim, 2005, Gluteni Azaltılmış ve Glutensiz Hale Getirilmiş Gıdalar, TS 13143, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2016. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü. 2016 Yılı Hububat Raporu. Ankara.
- Anonim, TS 5000 Standartı, (12.06.2015), <https://intweb.tse.org.tr/standard/standard/standardara.aspx>, (2010).
- Anonymous, 1990. AACC Approved Methods, 8<sup>th</sup> Edn, Repr. American Association
- Anonymous, 2008. Buckwheat. <http://en.wikipedia.org/wiki/buckwheat> (24.06.2008).
- Atalay, MH., 2009. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) Öğütme Ürünlerinin Ekmek Üretiminde Kullanılma İmkanları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Konya, Türkiye, 74s.
- Aufhammer, W., 2000. Pseudo-Getreidearten-Buchweizen, Reismelde und Amarant. Verlag Eugen Ulmer: Stuttgart.
- Battais, F., Courcoux, P., Popineau, Y., Kanny, G., Moneret-Vautrin, D. A. and Denery-Paini, S., 2005, Food Allergy to Wheat: Differences in

- Immunoglobulin E-binding Proteins as a Function of age or Symptoms, *Journal of Cereal Science*, 42, 109-117.
- Belova, Z. A., Nechaw, A. P., Severinenko, S. M. and Baiikov, V. G., 1971, Forms and Fatty Acid Composition of lipids in Buckwheat Grain, *Chemistry Abstract*, 76:4485a.
- Bilgiçli, N., 2008. Effect of Buckwheat Flour on Cooking Quality and Some Chemical, Antinutritional and Sensory Properties of Erişte Turkish Noodle, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 00(0), 1-11.
- Bojnanska, T. and D. Urminska. 2010. Influence of Natural Additives On Protein Complex of Bread. *Potravinárstvo Ročník* 4: 1-5.
- Bojnanska, T., Francakova, H. and Gazar, R. 2009. Influence of Buckwheat Addition on Technological and Nutrition Quality of Bread. *Acta Fytotechnica Et Zootechnica – Mimoriadne Číslo*, Nitra, Slovaca Universitas Agriculture Nitriae, 57-63.
- Bonafaccia, G. and I. Kreft, 1994. Technological and Qualitative Characteristics of Food Products Made with Buckwheat. *Fagopyrum*, Vol. 14: 35–42.
- Bonafaccia, G., Marocchini, M., Kreft, I. 2003. Composition and Technological Properties of the Flour and Bran From Common and Tartary Buckwheat. *Food Chemistry* 80: 9-15.
- Boyacıoğlu, H., 2007. Hububat Teknolojisi Notları. İTÜ Gıda Müh. Böl., İstanbul.
- Doğan, İS., Ponte, JG., Walker, CE., 1996. Effect of Formula and Process Variations on Turkish Francala Bread Production. *Cereal Foods World*, 41(9): 741.
- Campbell, and Clayton G., 1997. Buckwheat. *Fagopyrum Esculentum* Moench. Promoting the Conservation and use of Underutilized and Neglected Crops. 1 9. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Chapkin, R.S., 2000. Reappraisal of the Essential Fatty Acids. *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. C. K. Chow (Ed) s 557-568 Marcel Dekker, New York.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A. and Del Nobile, M. A., 2008. Influence of the Addition of Buckwheat Flour and Durum Wheat Bran on Spaghetti Quality, *Journal of Cereal Science*, 47, 144-152.
- Chillo, S., Laverse, J., Falcone, P. M., Protopapa, A. and Del Nobile, M. A., 2008, Influence of the Addition of Buckwheat Flour and Durum Wheat Bran on Spaghetti Quality, *Journal of Cereal Science*, 47, 144-152.
- Choi, S.N. and Chung, N.Y., 2007. The Quality Characteristics of Bread with Added Buckwheat Powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23(5):664-670.



- Chopra, N., D. Bhavnita and S. Puri, 2014. Formulation of Buckwheat Cookies and Their Nutritional, Physical, Sensory and Microbiological Analysis. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, Vol. 5: 381-387.
- Chung, J.Y. and Kim, C.S. 1998. Development of Buckwheat Bread: 1. Effects of Vital Wheat Gluten and Water Soluble Gums on Dough Rheological Properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14(2):140-147.
- Ciclitira, P. J., Ellis, H. J. And Lundin, K. E. A., 2005, Gluten-free Diet—What is Toxic? *Practice and Research Clinical Gastroenterology*, 19 (3), 359-371.
- Coda, R., Rizzello, CG., Gobbetti, M., 2010. Use of Sourdough Fermentation and Pseudo-cereals and Leguminous Flours for the Making of a Functional Bread Enriched of g-aminobutyric Acid (GABA). *Int J Food Microbiol.*, 137(2-3): 236-245. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2009.12.010.
- Costantini, L., Lukšic, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., Merendino, N. 2014. Development of Gluten-free Bread Using Tartary Buckwheat and Chia Flour Rich in Flavonoids and Omega-3 Fatty Acids as Ingredients. *Food Chem.*, 165: 232-240. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.05.095.
- Çağlıyan, B. İ., “İzmir Piyasasında Satılan Bazı Ekmek Çeşitlerinin Nitelikleri ve Yapım Teknikleri”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2008).
- Dalgic, B., Sari, S. Basturk, B., Ensari, A., Egritas, O., Bukulmez, A., Baris Z. and the Turkish Celiac Study Group., 2011. Prevalence of Celiac Disease in Healthy Turkish School Children. *The American Journal of Gastroenterology*, 106: 1512-1517.
- Dizlek, H., 2012. Gluten Proteinlerinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerine Etkileri. *Dünya Gıda Dergisi*, 18: 80-86.
- Dizlek, H., Özer, M.S, Altan, A., Gül, H., 2006. Buğdaydaki Gluten Proteinlerinin Birbirleriyle Etkileşimleri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı*, 7-9 Eylül 2006, Gaziantep.
- Dorrell, D. G., 1971. Fatty Acid Composition of Buckwheat Seed. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 48:693-696.
- Duarte, R, P., Mock, C.M., Satterlee, L.D. 1996. Quality of Spaghetti Containing Buckwheat, Amaranth, and Lupin Flours. *Cereal Chemistry* 73(3):381-387.
- Eggum, B. O., Kreft, I. and Javornik, B., 1981. Chemical Composition and Protein Quality of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench), *Plant Foods for Human Nutrition*, 30 (3-4), 175-179.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., “Tahıl İşleme Teknolojisi”, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 297, (2002).

- Elgün, A., Ertugay, Z., 1997. Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi. Üçüncü Baskı, Erzurum, Türkiye. 376s.
- Fessas, D., Signorelli, M., Pagani, A., Mariotti, M., Iametti, S. and Schiraldi, A., 2008. Guidelines for Buckwheat Enriched Bread, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 91(1), 9-16.
- Filipcev, B., Šimurina, O., Sakac M., Sedej, I., Jovanov, P., Pestoric, M., Bodroza-Solarov, M., 2011. Feasibility of use of Buckwheat Flour as an Ingredient in Ginger nut Biscuit Formulation. *Food Chem.*, 125: 164-170. DOI: 10.1016/j.foodchem. 2010.08.055.
- Fujarczuk, M. and M. Zmijewski. 2009. Wheat Bread Quality Depending on the Addition of Bran Derived from Various Buckwheat Varieties. *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc*, Vol. 6: 91–101.
- Gabroska, D., Fiedlerova, V., Holasova, M., Maskova, E. Smrcinov, H., Rysova, J., Winterova, R., Michalova, A., and Hutar, M. 2002. The Nutritional Evaluation of Underutilized Cereals and Buckwheat. *Food Nutr. Bull. Suppl.* 23:246-249.
- Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna, A., Sikora, M., 2009. Quality of Gluten-free Supplemented Cakes and Biscuits. *Int J Food Sci Nutr*, 60: 31-50.
- Göçmen, D., “Un ve Katkı Maddelerinin Ekmek Kalite ve Bayatlamasına Etkileri”, *Gıda*, 18 (5), 325-331, (1993).
- Hadnağev, TRD., Torbica, AM., Hadnağev, MS., 2013. Influence of Buckwheat Flour and Carboxymethyl Cellulose on Rheological Behaviour and Baking Performance of Gluten - free Cookie Dough. *Food Bioprocess Tech.*, 6: 1770-1781. DOI: 10.1007/s11947-012-0841-6.
- Hatcher, D.W., You, S., Dexter, J.E., Campbell, C., Izydorczyk, M.S. 2008. Evaluation of the Performance of Flours From Cross- and Self-pollinating Canadian Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Cultivars in Soba Noodles. *Food Chemistry* 107: 722-731.
- Hayıt, F., Gül, H., 2015. Karabuğdayın Sağlık Açısından Önemi ve Unlu Mamüllerde Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 29: 123-131.
- Hooda, S., 2002. Nutritional Evaluation of Fenugreek Supplemented Wheat Products. M.Sc. Thesis. Haryana Agricultural University, Hisar, India.
- Hung, P.V., Tomoko, M., Tsumori, R., Morita, N. 2007. Characteristics of Fractionated Flours From Whole Buckwheat Grain Using a Gradual Milling System and Their Application for Noodle Making. *Journal Science Food Agriculture* 87: 2823-2829.
- Ikeda, K., Sakaguchi, T., Kusanao, T., Yasumoto, K., 1991. Endogenous Factors Affecting Protein Digestibility in Buckwheat. *Cereal Chem*, 68 (4) 424-427.

- Karaoğlu, M., Kotancılar H., "Tahıl Ürünlerinin Sağlığımız Açısından Önemi / The Property Of Cereal Foods In Human Health". Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 32 (2011) .  
[:https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunizfd/issue/2955/40932.](https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunizfd/issue/2955/40932)
- Kaur, M., Sandhu, K.S., Arora, P.A., Sharma, A., 2015. Gluten Free Biscuits Prepared From Buckwheat Flour by Incorporation of Various Gums: Physicochemical and Sensory Properties. *LWT - Food Sci Technol.*, 62: 628-632. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.02.039.
- Kim, B.R., Choi, Y.S., Lee, S.Y. 2000. Study on Bread Making Quality with Mixture of buckwheat wheat flour. *Journal Korean Society Food Science Nutrition* 29 (3) :241-247.
- Kim, S.K., 1997. Overview of Korean Noodle Industry. *Foods and Biotechnology* 6(3): 125–30.
- Klava, D. and D., Karklina. 2002. Changes of Bread Volume Substituting Wheat Flour by oat or Buckwheat Flour. *Food of Agriculture Organization of the United Nations*, 33-37.
- Klava, D., 2004. Improvement of Nutritive Value of Wheat Bread. Latvia University of Agriculture Faculty, Ph.D. Dissertation, Jelgava, Latvia.
- Kotancılar, H. G., Çelik, İ. ve Ertugay, Z., “Ekmeğin Besin Değeri ve Beslenmedeki Önemi”, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 26 (3), 431-441, (1995).
- Kreft, I., Fabjan N., Yasumoto, K., 2006. Rutin Content in Buckwheat (*fagopyrum esculentum moench*) Food Materials and Products. *Food Chemistry*, Vol. 98: 508-512.
- Krkoskova, B., Mrazova, Z., 2005. Prophylactic Components of Buckwheat. *Food Research International* 38: 561–568.
- Li, S. and Zhang, Q. H., 2001, Advances in the Development of Functional Foods From Buckwheat, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6), 451– 464.
- Lin, L-Y, Hsieh, Y-J, Liu, H-M, Lee, C-C, Mau J-L., 2009. Flavor Components in Buckwheat Bread. *J Food Process Preserv.* 33(6): 814-826. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2008.00313.x.
- Lin, L-Y, Wang, H-E, Lin, S-D, Liu, H-M, Mau, J-L. 2013. Changes in Buckwheat Bread During Storage. *J Food Process Preserv.*, 37: 285-290. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2011.00647.x.
- Lockhart, H. B. and Nesheim, R. O., 1978, Nutritional Quality of Cereal Grains, In: Pomeranz, Y. (editor). *Better Nutrition for the World's Millions*. St. Paul, MN: AACC. pp 201- 207.

- Lukšič, L., Bonafaccia, G., Timoracka, M., Vollmannova, A., Trcek, J., Nyambe, TK., Melini, V., Acquistucci, R., Germ, M., Kreft, I., 2016. Rutin and Quercetin Transformation During Preparation of Buckwheat Sourdough Bread. *J Cereal Sci.*, 69: 71-76. DOI: 10.1016/j.jcs.2016.02.011.
- Mahmoud, R.M., E.I., Yousif, M. G., Cadallah, ve A. R. Alawneh, 2013. Formulations and Quality Characterization of Gluten-free Egyptian Balady Flat Bread. *Annals of Agricultural Sciences*, Vol. 58: 19-25.
- Malekzadeh, R., Sachdev A. and Ali, A. F., 2005, Coeliac Disease in Developing Countries: Middle East, India and North Africa. *Best Practice and Research Clinical Gastroenterology*, 19 (3), 351-358.
- Manthey, F. ve C. Hall. 2007. Effect of processing and cooking on the Content of mineral sand proteinin pasta Containing buckwheat bran flour. *Journalofthe Science of Food and Agriculture*, Vol.87: 2026–2033.
- Marshall, H.G., Pomeranz, Y. 1982. Buckwheat: Description, Breeding, Production, and Utilization. *Advances in Cereal Science and Technology* 5:157-210.
- Matsuo, H., Tsujino, Y., Takahashi, H., et al. Effects of Non-steroidal Anti-inflammatory Drugs (NSAIDs) On Serum Allergen Levels After Wheat Ingestion. *J Determatol Sci* 2015;53:241-3.
- Mazza, G. 1993. Buckwheat. *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*. R. Macrae, R.K. Robinson and M.K. Sadler (Ed) s 1:517–521, Academic Press, Toronto.
- Mazza, G., 1986. Buckwheat Browning and Color Assessment. *Cereal Chem*, 63 (4) 361-364.
- Mazza, G., 1988. Lipid Content and Fatty Acid Composition of Buckwheat Seed, *Cereal Chemistry*, 65(2), 122-126.
- Mezaize, S., Chevaller, S., Bail, A., And Lamballerie, M. 2009. Optimization of Gluten-free Formulations for French-style Breads. *Food Eng Phys Prop*. 74(3): 140-146.
- Özer, Ç., Ünal, S., 1998. Glutamatik 4+2 Sistemi ile Unların Niteliklerinde Değişmelerin Belirlenmesi, *Un Mamulleri Dünyası Dergisi*. 7(2): 26.
- Özkaya, B., 1999. Tahılların Neden Olduğu Alerjiler ve Önemi-2. *Food Hi-Tech*, Mart, 82- 88.
- Özkaya, H., “Buğday, Un ve Ekmeğin Besin Değeri ve Ekmeğin Zenginleştirilmesi”, *Gıda*, 11 (3), 165-173, (1986).
- Peressini, DI., Pin, M., Sensidoni, A., 2011. Rheology and Breadmaking Performance of Rice-buckwheat Batters Supplemented with Hydrocolloids. *Food Hydrocoll.*, 25: 340-349. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2010.06.012.
- Pomeranz, Y., and Robbins, G., S., 1972. Amino Acid Composition of Buckwheat, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 20, 270-274.

- Qian, J., Ryas-Duarte, P. and Grant, L. 1998. Partial Characterization of Buckwheat (*Fagopyrum Esculentum*) Starch. *Cereal Chem.* 75:365-373.
- Ran, B. ve Y., Soon, 2000. Study on Bread-Marking Quality with Mixture of Buckwheat-Wheat Flour. *Food of Agriculture Organization of the United Nations*, Vol. 29: 2.
- Rayas-Duarte, P., Mock, C. M. and Satterlee, L. D., 1996. Quality of Spaghetti Containing Buckwheat, Amaranth and Lupin Flours. *Cereal Chemistry*, 73, 381–387.
- Różyło, R., Rudy, S., Krzykowski, A., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Różyło, K., Skonecki, S., (2015). Effect of Adding Fresh and Freeze-dried Buckwheat Sourdough on Gluten-free Bread Quality. *Int J Food Sci Technol.*, 50(2): 313-322. DOI: 10.1111/ijfs.12622.
- Rufeng, N., L. Enqi, C. Chuangki and Z. Jiangping. 1995. A Study of the Production of Healthy Biscuit Made With Tartary Buckwheat Grown in North China. *Current Advances in Buckwheat Research*, 861-865.
- Saturni, L., Ferretti, G., And Bacchetti, T. 2010. The Gluten-free Diet: Safety and Nutritional Quality. *Nutrients*. 2: 16-34.
- Schober, T. J., O'Brien, C. M., McCarthy, D., Darnedde, A. and Arendt, E. K., 2003. Influence of Gluten-free Flour Mixes and Fat Powders on the Quality of Gluten-free Biscuits, *European Food Research and Technology*, 216, 369-376.
- Schober, T.J., 2009. Manufacture of Gluten-free Specialty Breads and Confectionery Products. In: *Gluten-free Food Science and Technology*, Gallagher E (ed.), Blackwell Publishing, UK, pp. 130-180.
- Sedej, Q., M., Sakac, A., Mandic, A., Misan, M., Pestoric, O., Simurina and C., Brunet. 2011. Quality Assessment of Gluten-free Crackers Based on Buckwheat Flour. *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 44: 694-699.
- Skrabanja, V., Elmstahl, HGML., Kreft, I., Björck, IME., 2001. Nutritional Properties of Starch in Buckwheat Products: Studies in Vitro and in Vivo. *J Agr Food Chem*, 49: 490-496.
- Skrabanja, V., Laerke, H. N. and Kreft, I., 1998, Effects of Hydrothermal Processing of Buckwheat (*Fagopyrum Esculentum Moench*) Groats on Starch Enzymatic Availability in Vitro and in Vivo in Rats, *Journal of Cereal Science*, 28, 209–214.
- Steadman, K.J., Burgoon, M.S., Lewis, B.A., Edwardson, S.E., Obendorf, R.L. 2001a. Buckwheat Seed Milling Fraction: Description, Macronutrient Composition and Dietary fibre. *Journal of Cereal Science* 33: 271–278.
- Steadman, K.J., Burgoon, M.S., Lewis, B.A., Edwardson, S.E., Obendorf, R.L. 2001b Minerals, Phytic Acid, Tannin and Rutin in Buckwheat Seed Milling Fractions. *Journal Science Food Agriculture* (81):1094-1100.

- Süzer, S. 2007. Karabuğday'ın (Buckwheat) Besin Değerleri ve Sağlığa Faydaları. <http://www.ziraatci.com>.
- Tang, CH., 2007. Thermal Properties of Buckwheat Proteins as Related to Their Lipid Contents. *Food Res Int*, 40: 381-387.
- Thompson, T., 2000. Folate, Iron, and Dietary Fiber Contents of the Gluten-free Diet, *Journal of The American Dietetic Association*, 100, 11, 1389-1396.
- TMO, 2018. Türkiye'de Ekmek İsrافی Raporu. <http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/Kampanya/ArastirmaKitabi.pdf>-(24.02.2019).
- Tomar O, Kumlay AM, Çağlar A. 2008. Antioksidan ve Flavonoid Kaynağı Olarak Karabuğday (*Fagopyrum Esculentum Moench*). *Hasad Gıda*, 23 (274) 44-49.
- Torbica, A., M. and T. Dapcevic, 2010. Rheological, Textural and Sensory Properties of Gluten-free Bread Formulations Based on Rice and Buckwheat Flour. *Food Hydrocolloids*, Vol. 24: 626-632.
- Türksoy, S., ve Özkaya, B., 2006, Gluten ve Çölyak Hastalığı, Türkiye 9. Gıda Kongresi 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Udesky, J. 1992. *The book of soba*. Harper & Row, New York.
- Urgancı, N., 2005, Çölyak Hastalarına Ekmek Zehir Oluyor, <http://212.174.46.149/w/Dergi/Basinpdf/> (08.11.2004).
- Ünal, S., 1991. *Hububat Teknolojisi*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın No: 29.
- Ünal, S.S., 2003. Buğday ve Un Kalitesinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler, Nevşehir Ekonomisinin Sorunları ve Çözüm önerileri. *Un Sanayi Örneği*. 27-28 Haziran 2003. Nevşehir. pp. 15-30.
- Wei C, Wei-Jun C, Zhi-Rong S, Ya-Ping Y. 2008. Protective effects of ethanolic extracts of buckwheat groats on DNA damage caused by hydroxyl radicals. *Food Res Int*, 41: 924-929.
- Wieslander G, Norbäck D. 2001. Buckwheat allergy. *Allergy*, 56: 703-704.
- Wijngaard HH, Arendt EK. 2006. Buckwheat. *Cereal Chem*, 83 (4) 391-401.
- Yano, H., Kusada, O., Kuroda, S., Kato-Emori, S., 2006. Disulfide Proteome Analysis of Buckwheat Seeds to Screen Putative Allergens. *Cereal Chem*, 83 (2) 132-135.
- Yarpuz, D., 2011, *Glutensiz Ekmek Üretimi Üzerine Araştırmalar*, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Konya.
- Yashimoto Y, Egashira T, Hanashiro I, Ohinata H, Takase Y, Takeda Y. 2004. Molecular structure and some physicochemical properties of buckwheat starches. *Cereal Chem*, 81 (4) 515-520.

- Yıldız, G. ,2009. Karabuğday Ununun (*Fagopyrum esculentum* Moench) Geleneksel Türk Ekmeklerinde Kullanılma İmkanları Üzerine Araştırmalar. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 114s.
- Yıldız, M., 2012. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.) ve Lüpen (*Lupinus albus* L.) Unlarının Glutensiz Bisküvi Üretiminde Kullanımı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 88s.
- Zheng, G.H., Sosulski, F.W., Tyler, R. 1998. Wet-milling, Composition and Functional Properties of Starch and Protein Isolated From Buckwheat Groats. *Food Research International* 30: 493-502.

## **EKLER**



## EK-1. Duyusal analiz formu

PUANLAMA TESTİ											
Panelistin Adı- Soyadı :						Tarih:19/06/2019					
Ürün : EKMEK						Saat :					
Açıklama: Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 10 puan üzerinden değerlendiriniz. Her örnekten sonra su içiniz.											
Kalite Kriterleri	Örnek Kodları										
	1	1	1								
GÖZENEK YAPISI(10P)											
RENK(10P)											
HACİM (10P)											
TAT AROMA (10P)											
ÇİGNENE BİLİRLİK(10P)											
AĞIZDA BIRAKTIĞI HİS (10P)											
GENEL KABUL EDİLEBİLİRLİK (10P)											
Ekmekte Kalite Kriterleri											
<b>İstenen özellikler</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyut, şekil düzgünlüğü</li> <li>• Ağızda dağılılabirlik</li> <li>• Dış kabuk renginin homojen dağılması</li> <li>• Gözenekli yapısının olması</li> <li>• Tat ve lezzet olarak yenilebilir olması</li> </ul>						<b>İstenmeyen özellik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boyut, şekil bozukluğu</li> <li>• Ağızda dağılmayan tane</li> <li>• Arzu edilmeyen tat, acılık</li> <li>• Homojen olmayan kabuk rengi</li> <li>• Gözenekli yapının olmaması</li> <li>• Tat ve lezzet olarak yenilemez durumda olması</li> </ul>					

**EK-2.** Ekmek görselleri

**RESİM EK 2.1.** Son formülasyon (%25 karabuğday unu, %1,26 elma lifi, %75 su)'a ait ekmek görselleri

## ÖZ GEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : GÜL,Hatice

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü	2013
Lise	Alaca Mehmet Çelik Anadolu Lisesi	2009

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-2016	Alaca Ziraat Odası (OKA Projesi)	Gıda Mühendisi
2017-2018	Alaca Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi	Biyoloji öğr.

### Yabancı Dil

İngilizce

