



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü



**KASAVA (CASSAVA) UNU, SORGUM (SORGHUM)  
UNU VE BAMYA TOHUMU TOZU KULLANARAK  
FONKSİYONEL GLUTENSİZ EKMEK  
GELİŞTİRİLMESİ**

**Yüksek Lisans Tezi**

Abakar Kılıç SADİE

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İzmir

2023



T.C.  
EGE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**KASAVA (CASSAVA) UNU, SORGUM (SORGHUM)  
UNU VE BAMYA TOHUMU TOZU KULLANARAK  
FONKSİYONEL GLUTENSİZ EKMEK  
GELİŞTİRİLMESİ**

Abakar Kaila SADIE

Danışmanlar: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN  
Öğr. Gör. Dr. Burak ALTINEL

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir  
2023



# EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kasava (cassava) unu, sorgum (sorghum) unu ve bamyaya tohumu tozu kullanarak fonksiyonel glutensiz ekmek geliştirilmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

18 / 09 / 2023

Abakar Kırıla SADİE



**ÖZET****KASAVA (CASSAVA)UNU, SORGUM (SORGHUM) UNU VE  
BAMYA TOHUMU TOZU KULLANARAK FONKSİYONEL  
GLUTENSİZ EKMEK GELİŞTİRİLMESİ**

SADİE, Abakar Kaila

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Öğr. Gör. Dr. Burak ALTINEL

Eylül 2023, 104 sayfa

Çölyak hastalığının küresel farkındalığı ve tanı oranlarındaki artış nedeniyle yenilikçi ve daha kaliteli glutensiz ekmek üretimi günümüzde daha da önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada Çad'da ve genel olarak Afrika'da yerel olarak erişilebilir gıda kaynakları arasında bulunan ve ticari ekmek üretiminde yeterince kullanılmamış olan gluten içermeyen, kasava, sorgum unları ile bamya tohumları, kullanılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı, bamya tohumu, mısır nişastası, kasava, sorgum ve pirinç unu kullanarak fonksiyonel glutensiz ekmek geliştirilmesidir. Çalışmada elde edilen ekmeklere fiziko-kimyasal, doku profil analizi ve duyu analizler uygulanmıştır. Karışımın tasarımı amacıyla, farklı oranlarda kasava, sorgum ve pirinç unu, bamya tohumu ve mısır nişastası, içeren sekiz ekmek formülasyonu oluşturulmuş ve Kontrol örnekleriyle karşılaştırılmıştır.

Üretilen ekmeklerin kimyasal özellikleri (nem, protein, yağ, kül ve karbonhidrat), fiziksel özellikleri (hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, su aktivitesi ve ekmek iç renk) incelenmiştir. Ekmeklerin doku özellikleri (sertlik, esneklik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızimsılık, elastikiyet) değerleri belirlenmiş ve duyu özellikleri (renk, gözenek yapısı, elastikiyet, sertlik ve genel kabul edilebilirlik) açısından değerlendirmek için beş noktalı bir hedonik ölçek kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, ekmeklerde bamya tohumunun oranı arttıkça ekmeklerin hacim, spesifik hacim ve pişme kaybı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, %5 bamya tohumunu içeren ekmeklerin hacim ve spesifik hacim artmıştır. Ekmeklerin su aktivitesi değerleri 0.911 ile 0.952 arasında bulunmuştur. Ekmek karışımına %5 ve %10 bamya tohumu ilavesi, ekmek içlerinin L\* renk değerini azaltmış, ancak a\* ve b\* renk değerlerini artırmıştır.

Ekmek karışımına bamya tohumu eklenmesi, kül, yağ ve protein değerlerini önemli ölçüde arttırmıştır. Kasava unu, sorgum unu, mısır nişastası, pirinç unu ve %10 bamya tohumu içeren (KSMP-10B) ekmeğin kül, protein ve yağ açısından en yüksek değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Doku profil analizi sonuçlarına göre bamya tohumu oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değerleri artarken, elastikiyet değerleri azalmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Glutensiz ekmek, bamya tohumu, kasava, sorgum.

**ABSTRACT****DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL GLUTEN-FREE BREAD  
USING CASSAVA FLOUR, SORGHUM FLOUR AND OKRA SEED  
POWDER**

SADIE, Abakar Kaila

MSc. in Food Eng.

Advisor: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Co-adviser: Dr. Burak ALTINEL

September 2023, 104 pages

Due to the global awareness of celiac disease and the increase in diagnosis rates, innovative and better quality gluten-free bread production has become even more important today. In this study, gluten-free kasava, sorghum flours and okra seeds, which are among the locally accessible food sources in Chad and Africa in general and have not been used sufficiently in commercial bread production, were used. The main purpose of this study is to develop functional gluten-free bread using okra seeds, corn starch, kasava, sorghum and rice flours. Physico-chemical, texture profile analysis and sensory analyzes were applied to the breads obtained in the study. For the purpose of designing the mixture, eight bread formulations containing different proportions of kasava, sorghum and rice flours, okra seeds and corn starch were created and compared with the control samples.

The chemical properties (moisture, protein, fat, ash and carbohydrates) and physical properties (volume, specific volume, baking loss, water activity and bread interior color) of the produced breads were examined. Textural properties (hardness, springiness, gumminess, cohesiveness, chewiness and resilience,) of the breads were determined and a five-point hedonic scale was used to evaluate them in terms of sensory properties (color, pore structure, elasticity, hardness and general acceptability).

When the results obtained were evaluated, it was determined that as the proportion of okra seeds in the bread increased, the volume, specific volume and baking loss values of the bread decreased. Additionally, the volume and specific volume of breads containing 5% okra seeds increased. Water activity values of breads were found between 0.911 and 0.952. Addition of 5% and 10% okra seeds to the bread mixture decreased the L\* color value of bread crumbs, but increased the a\* and b\* color values.

Adding okra seeds to the bread mixture significantly increased the ash, fat and protein values. It was found that bread containing kasava flour, sorghum flour, corn starch, rice flour and 10% okra seeds (KSMP-10B) had the highest values in terms of ash, protein and fat. According to the results of texture profile analysis, as the okra seed ratio increased, the hardness values of the bread increased, while the elasticity values decreased.

**Keywords:** Gluten-free bread, Okra seed powder, Kasava, Sorghum.

## ÖNSÖZ

“Kasava (cassava) unu, sorgum (sorghum) unu ve bamya tohumu tozu kullanarak fonksiyonel glutensiz ekmek geliştirilmesi” başlıklı bu tez çalışması Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, Çad ülkesinden getirilmiş olan yaş kasava kökleri, laboratuvar ölçekli dönen kurutucu kullanarak 70 °C’de 2 m/s hızda kurutulup ardından öğütüp un haline getirilmiştir. Bamya tohumları Waring blender (Waring Products Division, New Hartford, CT) kullanarak öğütölüp 500 µm elek kullanarak elemiştir. Kasava, sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası %5 ve %10 u kullanarak 8 farklı glutensiz ekmek (u içeren) ve 4 farklı kontrol (u içermeyen) ekmekleri olmak üzere toplam 12 farklı glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmek örneklerin fiziko-kimyasal, dokusal ve duyusal niteliklerini incelenmiştir.

Glutensiz ekmek üretimde %5 ve %10 kullanımının ekmek örneklerin fiziksel, kimyasal, dokusal ve kalite parametreleri üzerine anlamlı bir etkisi olduğu yapılan analizlerle doğrulanmıştır. Ekmek karışımına %5 bamya tohumu eklenmesi kontrol ekmeğine göre hacim ve spesifik hacim değerleri artarken %10 u ilavesiyle ekmeklerin hacmi ve spesifik hacmi düşmüştür.

İZMİR

18 / 09 /2023

Abakar Kaıla SADİE



**İÇİNDEKİLER**Sayfa

|                                      |       |
|--------------------------------------|-------|
| İÇ KAPAK .....                       | ii    |
| KABUL ONAY SAYFASI .....             | iii   |
| ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....  | v     |
| ÖZET .....                           | vii   |
| ABSTRACT .....                       | ix    |
| ÖNSÖZ .....                          | xi    |
| İÇİNDEKİLER .....                    | xiii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                | xvi   |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....              | xviii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... | xx    |
| 1. GİRİŞ .....                       | 1     |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....              | 5     |
| 2.1 Glutensiz Ekmek.....             | 5     |
| 2.2 Kasava Unu.....                  | 9     |
| 2.3 Sorgum Unu.....                  | 13    |
| 2.4 Pirinç Unu.....                  | 17    |

## İÇİNDEKİLER (devam)

|                                                          | <u>Sayfa</u> |
|----------------------------------------------------------|--------------|
| 2.5 Mısır Nişastası.....                                 | 19           |
| 2.6 Bamya Tohumu.....                                    | 20           |
| 2.7 Glutensiz Ekmeklerde Hidrokolloidlerin Önemi .....   | 22           |
| 2.8 Ksantan Gam.....                                     | 23           |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                              | 25           |
| 3.1 Materyal .....                                       | 25           |
| 3.2 Yöntem.....                                          | 25           |
| 3.2.1 Hammaddelerin hazırlanması .....                   | 25           |
| 3.2.2 Hammaddelerde yapılan analizler.....               | 26           |
| 3.2.3 Ekmek üretim yöntemi.....                          | 27           |
| 3.2.4 Ekmekte yapılan analizler .....                    | 31           |
| 3.2.5 İstatistiksel değerlendirme .....                  | 33           |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                            | 34           |
| 4.1 Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları.....         | 34           |
| 4.2 Glutensiz Ekmeklerin Kimyasal Analiz Sonuçları ..... | 36           |
| 4.3 Glutensiz Ekmeklerin Kalite Özellikleri.....         | 43           |

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4 Glutensiz Ekmeklerin İçi Tekstür Analiz Sonuçları ..... | 62  |
| 4.5 Glutensiz Ekmeklerin Analiz Sonuçları .....             | 78  |
| 5. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER.....                             | 84  |
| KAYNAKLAR DİZİNİ.....                                       | 87  |
| TEŞEKKÜR .....                                              | 103 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                               | 104 |
| EKLER .....                                                 |     |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>Şekil</u>                                                                                                                                                                                                  | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2.1. (A) Kasava bitkisi (B) Kasava unu. ....                                                                                                                                                                  | 10           |
| 2.2. A- 1961'den 2017'ye kasava üretimi B- hasad alanı, C- verim trendi.....                                                                                                                                  | 11           |
| 2.3. Farklı Sorgum çeşitleri. ....                                                                                                                                                                            | 14           |
| 2.4. Beyaz sorgum unu. ....                                                                                                                                                                                   | 15           |
| 2.5. Pirinç unu. ....                                                                                                                                                                                         | 17           |
| 2.6. Mısır nişastası.....                                                                                                                                                                                     | 19           |
| 2.7. Taze bamya tohumu. ....                                                                                                                                                                                  | 20           |
| 2.8. Kuru bamya tohumu.....                                                                                                                                                                                   | 21           |
| 2.9. Ksantan gum kimyasal $Na^+$ , $K^+$ ve $Ca^{2+}$ , fermantasyon sürecinden kaynaklanan en sık karşıt iyonlardır.....                                                                                     | 24           |
| 3.1. Kasava kökünden kasava unu eldesi. ....                                                                                                                                                                  | 25           |
| 3.2. Bamya tohumları A-elek altında geçen ve glutensiz ekmek üretimde kullanılan bamya tohumu, B- elek üstünde kalan kabuğu 'dur. ....                                                                        | 26           |
| 3.3. Glutensiz ekmek üretim yöntemi. ....                                                                                                                                                                     | 28           |
| 4.1. Mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri<br>a) Mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren mısır-pirinç ekmeği..... | 45           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

### Şekil

### Sayfa

- 4.2. Sorgum-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği. ....49
- 4.3. Kasava-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.....52
- 4.4. Kasava-sorgum-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği. ....55
- 4.5. Glutensiz ekmeklerin analiz sonuçları. ....79

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Çizelge</u>                                                         | <u>Sayfa</u> |
|------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2.1. Kasava ununun kimyasal bileşimi.....                              | 11           |
| 2.2. Sorgum üreticisi ülkeler. ....                                    | 14           |
| 2.3. Hidrokolloidlerin sınıflandırılması.....                          | 23           |
| 3.1. Glutensiz ekmek formülasyonları. ....                             | 30           |
| 4.1. Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları. ....                     | 34           |
| 4.2. Mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları. ....               | 36           |
| 4.3. Sorgum-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları.....         | 38           |
| 4.4. Kasava-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları. ....        | 39           |
| 4.5. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları. .... | 40           |
| 4.6. Ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları.....                         | 41           |
| 4.7. Mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.....                    | 44           |
| 4.8. Sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri. ....            | 47           |
| 4.9. Kasava-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri. ....            | 51           |
| 4.10. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.....     | 54           |
| 4.11. Ekmeklerin kalite özellikleri. ....                              | 57           |
| 4.12. Mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları. ....  | 63           |

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

| <u>Çizelge</u>                                                                        | <u>Sayfa</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 4.13. Sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.....           | 66           |
| 4.14. Kasava-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.....           | 69           |
| 4.15. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz<br>sonuçları..... | 72           |
| 4.16. Ekmeklerin içi tekstür analiz sonuçları.....                                    | 74           |
| 4.17. Ekmeklerin analiz sonuçları.....                                                | 78           |

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

|   |                                                |
|---|------------------------------------------------|
| L | Parlaklık (L= 100 beyaz, L=0 siyah renk)       |
| a | Renk skalasında (+a) kırmızılık, (-a) yeşillik |
| b | Renk skalasında (+b) sarılık, (-b) mavilik     |

**Kısaltmalar**

|       |                                         |
|-------|-----------------------------------------|
| FAO   | Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgüt |
| WHO   | Dünya Sağlık Örgütü                     |
| KM    | Kuru madde                              |
| TPA   | Tekstür profil analiz                   |
| HPMC  | Hidroksipropil metilselüloz             |
| $a_w$ | Su aktivitesi                           |

**Ekmek Kodları**

|        |                                                   |
|--------|---------------------------------------------------|
| MP-K   | Mısır-pirinç kontrol ekmeği                       |
| MP-5B  | %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği        |
| MP-10B | %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği       |
| SMP-K  | Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği                |
| SMP-5B | %5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği |

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

| <u>Ekmek Kodları</u> | <u>Açıklama</u>                                           |
|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| SMP-10B              | %10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği        |
| KMP-K                | Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği;                       |
| KMP-5B               | %5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği         |
| KMP-10B              | %10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği        |
| KSMP-K               | Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği                        |
| KSMP-5B              | %5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği  |
| KSMP-10B             | %10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği |



## 1. GİRİŞ

Hububatlar ve hububat ürünleri, dünya çapındaki insanların diyetlerinin temel parçasını oluşturmaktadır. Bu gıdalar, herhangi iklimde uzun süre depolanabilme özellikleri sayesinde her iklimde bulunur. Ayrıca tahıllar ve tahıl ürünleri karbonhidrat, protein, antioksidanlar, fitokimyasallar ve biyoaktif birleşenler açısından da zengin gıdalar olarak bilinmektedir (McIntosh, 2001). Karbonhidratlar, insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için en önemli enerji kaynaklarıdır. Günlük enerjinin %55-60'ı karbonhidratlardan sağlanırken, %6-15'i proteinlerden elde edilir (Aksit et al., 1991).

Tahıllar dünyada Asya, Afrika, Güney Amerika, Avrupa ve Orta Amerika'nın bazı bölgelerinde kültürel olarak tüketilmektedir. En çok tüketilen yedi ana tahıl arasında pirinç, çavdar, mısır, arpa, darı, sorgum ve buğday bulunmaktadır. Bunların yanı sıra karabuğday, kinoa ve amarant gibi yalancı tahıllar da diyeteye önemli katkı sağlar (McKevith, 2004). İnsanoğlu tarafından işlenmiş ilk gıdalar arasında yer alan ekmek, dünyada en çok tüketilen gıda ürünlerinden biridir (Yıldız vd., 2021).

Tahılların işleme özelliklerine önemli etkisi olan gluten, bazı insanların sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kişilerde gluten alerjisi, gluten hassasiyeti veya çölyak hastalığı (gluten intoleransı) görülebilmektedir (Rosell et al., 2014). Çölyak hastalığı, otoimmün bir rahatsızlık olup, genetik yatkınlıkla ilişkilendirilen bu hastalık, gluten tüketimiyle tetiklenebilmektedir (Fasano and Catassi 2012).

Dünya nüfusunun %1'lik bir kesimi çölyak hastasıdır. Bazı Batı Avrupa bölgeleri ise bu oran daha yüksektir (Dubé et al., 2005). Ancak günümüzde glutensiz beslenme yalnızca gluten veya glutene karşı hassasiyet olan insanlar tarafından değil, aynı zamanda gluten tüketimini kısıtlayan veya tamamen diyetlerinden uzaklaştıran kişiler tarafından da tüketilmektedir. Bu nedenle glutensiz ürünlere olan talep artmaktadır ve bunun yanı sıra 2025 yılında glutensiz ürün ticaretinde 8.3 milyar ABD dolarına ulaşan sürekli bir artış öngörülmektedir (Wunsch et al., 2020; Skendi et al., 2021). Çölyak hastalığı olan insanlar için tek

tedavi ömür boyu glutensiz gıda tüketimi olduğundan, çölyak hastaları buğday, çavdar, arpa ve yulaf içeren hiçbir gıdayı tüketemezler (Vici et al., 2016; Baykut, 2021).

Glutensiz ürünlerin fiyatlarının yüksek olması, piyasada çeşitlerinin sınırlı olması, ürünlerin bulunabilirliği ve besin kalitelerinin düşük olması gibi sorunlar hala devam etmektedir (Prada et al., 2019; Sungur et al., 2018; Nadal et al., 2021). Bu tür sorunların olması fonksiyonel gıda için olan talep her geçen gün artmakta ve son zamanlarda fonksiyonel fırıncılık ürünleri de daha çok dikkat çekmektedir (Rahaie et al., 2014; Meral ve karaoğlu 2019). Ekmeğin protein veya diğer gıda bileşenlerince zenginleştirilmesi, yetersiz beslenmenin önüne geçmede en etkili yollardan biri olarak kabul edilmektedir (Menon et al., 2015; Callejo et al., 2016; Meral et al., 2019).

Bamya (*Abelmoschus esculentus*) ekonomik değere sahip olup tropikal ve subtropikal bölgelerde yetişen önemli sebze mahsulüdür (Gemedet et al., 2015). Nijerya, yaklaşık 1.4 milyon hektardan ortalama 2,7 milyon ton üretimi ile Hindistan'dan sonra dünyanın en büyük ikinci üreticisidir (Faostat, 2018; Daramola et al., 2020). Bamya tohumlarında protein içeriğinin diğer taze sebzelerle karşılaştırıldığında nispeten yüksek olduğu bilinmektedir. Bamya tohumlarının proteinindeki ana amino asidin aspartik asit olduğunu ve test edilen amino asitlerde on bir esansiyel amino asit bulunduğunu tespit edilmiştir (Sami et al., 2013).

Bamya tohumu tüketilmesi, doymamış yağ asitlerini ve esansiyel amino asitleri takviye etmenin iyi bir yolu olarak görülmektedir (Ndangui et al., 2010). Bamya sağlıklı beslenme için gerekli olan vitaminler açısından oldukça zengin bir sebze olup içerdiği A vitamini ve C vitamini ile, beta karoten açısından da oldukça zengindir. Ayrıca 100 gr bamya tohumun yaklaşık %20'sini C vitamini içeriği oluşturmaktadır. Mineraller açısından zengin olan özellikle bağışıklık sisteminin sağlığı için çok önemli Zn ve Fe mineralleri yoğun olarak bulunmaktadır (Petropoulos et al., 2018; Cook et al., 2000).

Bamya tohumu doğrudan tüketimin yanı sıra gıda katkı maddesi olarak da kullanılabilir. Örneğin, bamya zıkkı iyi bir emülsifiye edici stabilizeye

sahiptir ve içeceklerde emülgatör veya dengeleyici olarak kullanılabilir (Noorlaila et al 2015).

Günümüzde glutensiz ekmek konusunda birçok araştırmacı tarafından farklı katkı maddeleri ve tekniklerin kullanımı üzerinde çalışılmıştır. Literatürde bulunan araştırmalar arasında sorgum unu (Schober et al., 2005; Taylor et al., 2006; Onyango et al., 2011; Velázquez et al., 2012; Marston., et al 2016; Ardoin et al., 2023) fermente edilmiş kasava-tatlı patates-sorgum karışık unları (Mesa et al., 2019) kasava nişastası ve nohut unu (Garske et al., 2023) nohut unu ve esmer pirinç (Barışık et al., 2018) doğal kasava nişasta, kasava ekşi nişastası veya kasava unu (Sigüenza-Andrés et al., 2021), pirinç unu ile kasava nişastası (Nadal et al., 2021), kestane unu ve pirinç unu (Demirkese et al., 2010a), kasava nişastası (da Silva Kazerski et al., 2022; Dufour et al., 2022), kasava unu (Zaidiyah et al., 2022 ; Gborie et al., 2022) kinoa unu (Azizi vd., 2020; Turkut vd., 2016; Hayıt vd., 2019) kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Araştırmacılar tarafından glutensiz ekmeklerin organoleptik özellikleri, özgül hacimi, sertliği, çiğnenebilirliği, iç yapısı, yapışkanlığı, genel kabul edilebilirliği, doku, renk, besin değerleri, nemi, depolama süresi, glutensiz ekmeğin pişme kaybı, nişasta retrogradasyonu azaltılması gibi konular üzerinde çalışmıştır.

Bu tez çalışmasında; glutensiz ekmek üretimi için belirli oranlarda kasava unu, sorgum unu, pirinç unu, mısır nişastası ve bamya tohumu kullanılmıştır. Kasava (*Manihot esculenta* Crantz), çok yıllık bir yeni dünya çalısı olan tropikal ve subtropikal ülkelerde, Afrika, Asya ve Latin Amerika'da 500 milyondan fazla insanın diyetlerinin bir parçasıdır (Alves et al., 2001). Sorghum (*Sorghum bicolor* Moench), Afrika ve Asya'nın subtropikal ve yarı kurak bölgelerindeki yaklaşık 30 ülkede yaşayan milyonlarca insan için temel bir besin maddesi olarak kabul edilmektedir (Hariprasanna et al., 2016). Bu çalışmada kullanılan bamyanın (*Abelmoschus esculentus*) tohumu aslen Afrika'da yetiştirilmesi ve son dönemlerde Avrupa, Afrika, Orta Doğu, Hindistan ve Güneydoğu Asya'nın farklı tropikal ve sıcak subtropikal bölgelerinde yetiştirilmeye başlamıştır (Hu, L et al., 2020). Bunun yanında, bamya tohumu beslenme açısından zengin bir gıda olduğundan dolayı hem çölyak hastalığı olan bireylere hem de glutensiz diyet tercih eden kişilere besleyici ürünler sunabilmektir. Bamya tohumu besin içeriği sırasıyla: protein (39.4 g) kül

(4.83 g) yağ (26.0 g) karbonhidrat (29.7 g) enerji içeriği (510.9 kcal), nem (11.3 %). Ca, Mg, K, Na, Fe, Zn, Mn, (239.3; 600.0; 3066.7; 13.3; 6.98; 7.37; 0.73 mg) (Hu et al., 2020). Günümüzde bamya tohum tozları, glutensiz gıdalarının besin değerlerini, özellikle insanların sindirim direncini iyileştirmek için kullanılmaktadır (Arribas et al., 2017; Awolu et al., 2018; Giuberti et al., 2018). Örneğin; sorgum, chia ve keten tohumu (Maidana et al., 2020) kullanarak glutensiz ekmek üretilmiş ve kalite özelliklerini incelemiştir. Literatürde Tufaro et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada bamya kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Fakat bamya tohumu kullanarak glutensiz ekmek üretimi konusunda literatürde bulunmamaktadır. Bu çalışmada glutensiz ekmek üretimi için kasava unu, sorgum unu, pirinç unu, mısır nişastası, bamya tohumu ve ekmek mayası kullanılmıştır. Üretilen glutensiz ekmek numunelerinin, fiziko-kimyasal özellikleri, hacim, spesifik hacim, renk, besin değerleri, doku (tekstürel) özellikleri incelenmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Glutensiz Ekmek

Tarih boyunca insanlar tarafından en çok üretilip tüketilen gıda ürünü olan ekmek, temel besin kaynağından biridir. Doyurucu ve ekonomik olması sebebiyle insanların günlük besin gereksinimlerinin birçoğunu ekmek tüketerek karşılayabilmektedir (Anonim, 2014; Ertürk vd., 2015).

Türk Gıda Kodeksi, tebliği numarası 2012/2 olan Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmek; "buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) içme suyu, gerekirse şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten, buna ilaveten Türk gıda kodeksi tarafından izin verilen diğer katkı maddeleri ilave edilip karışım tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürün" olarak tanımlanmıştır (TGK Türk Gıda Kodeksi, 2012).

Buğday unu, mayalı ekmek üretimi için uygun bir şekilde yapışkan ve elastik bir hamur oluşturma özelliğine sahiptir (Serna-Saldivar, 2010).

Gluten unlu mamul kalitesinde önemli yer tutan temel protein olmasına rağmen, dünya nüfusunun en az %1'i gluten intoleransı "çölyak hastalığı" vardır (Novotni et al., 2012). Bu hastalığın küresel bir dağılımı bulunmakta ve prevalansı coğrafi konuma göre değişmektedir. Eskiden sadece gelişmiş ülkelerde yaygın olduğu düşünülen çölyak hastalığı günümüzde Orta Doğu, Asya ve Kuzey Afrika'da da yaygın olarak görülmektedir. Singh et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada, dünyanın farklı yerlerinde %0.05 ile %2,6 arasında çölyak prevalansı bildirilmiştir. Bu hastalığa neden olan faktörler arasında, genetik ve çevresel faktörlerin yanı sıra gluten tüketimi ile ilgilidir (Catassi and Fasano 2010; Lionetti and catassi 2011; Ludvigsson ve Lebowitz 2013; Bradauskiene et al., 2021).

Bu hastalık, yetişkinlerde genellikle kronik ishal, karın bölgesinde şişlik ve yetersiz beslenme gibi yaygın belirtilere neden olurken, küçük çocuklarda tipik olarak kilo alamama ve boy uzamasında yavaşlama gibi belirtilerle kendini gösterir

(Stepniak and Koning 2006). Bu hastalığın bugüne kadar bilinen tek tedavisi, ömür boyu gluten içermeyen bir diyet uygulamaktır (İşleroğlu vd., 2009).

Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization-FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization - WHO) kodeks standartlarına göre, glutensiz gıdaların buğday, çavdar, arpa, yulaf veya bunların farklı melez varyetelerini içermemesi ve hazır gıdalarda gluten içeriğinin 200 ppm'yi geçmemesi gerekmektedir. Ancak, "glutensiz" kavramı için dünya genelinde her ülkenin farklı standartları vardır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da bir gıda, glutensiz olarak kabul edilebilmesi için hiç gluten içermemelidir. Bununla birlikte, İngiltere standartlarına göre, glutensiz hazır gıdalarda buğday nişastası kullanılabilir.

Türk Standartları Enstitüsü'nün glutensiz gıda standartları, "gluteni azaltılmış" ve "glutensiz hale getirilmiş" olarak iki gruba ayrılmaktadır. "Gluteni azaltılmış" gıdalarda, gluten içeriği 200 mg/kg kuru madde (KM)'den fazla olmamalıdır. "Glutensiz hale getirilmiş" gıdalarda ise gluten içeriği 20 mg/kg KM'nın üzerinde olmamalıdır (Anon 2005; Türk Standartları Enstitüsü, Ankara).

Gobbetti et al. (2018) tarafından yapılan bir incelemeye göre, glutensiz bir diyetin folik asit, B12 vitamini, D vitamini, kalsiyum, demir ve diğer minerallerin alımını azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, glutensiz ürünlerin genel olarak daha yüksek glisemik indekslere, daha düşük protein içeriklerine ve daha yüksek yağ yüzdelere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Peñalver et al., 2023). Gluten eksikliği, hamurun daha az elastik ve daha az yapışkan bir yapıya sahip olmasına yana sıra işlenmesi zor ve ufalanabilen bir dokuya sahip ekmek üretilmesine yol açar. Ekmeğin pişmesinden sonra ufalanabilen bir yapıya sahip olmasına neden olabilir, daha kısa raf ömrü, pürüzlü yüzey ve tatmin edici olmayan özellikler gibi bir dizi kusur sıralanmıştır (Matos and rosell 2013). Gluten aynı zamanda hamurun karbondioksit (CO<sub>2</sub>) tutmasından sorumlu olduğundan dolayı, genelde glutensiz ekmeğin hacmi düşüktür (Matos et al., 2012; Houben et al., 2012).

Glutensiz diyetlere uygun ürünlerin üretimi için birçok çalışma yapılmıştır. Çölyak hastalığı olan bireylerin tüketebileceği ürün sayısı her geçen gün artmakta

olup, ancak glutensiz ürünlerin besin değeri genellikle düşük olmaktadır. Bu nedenle, glutensiz ürünlerin besin değerinin artırılması ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi önem taşımaktadır (Güngör ve göçmen 2019; Ceylan ve muştı 2021).

Bu amaç doğrultusunda, çeşitli un ve unlu mamuller, soslar, şeker şurupları ve şekerlemeler gibi birçok glutensiz gıda üretilmektedir. Glutensiz ürünlerin besin değerlerinin zenginleştirilmesi ve fonksiyonel özelliklerinin kazandırması için çeşitli baklagillerin unları (mercimek, bakla, bezelye, nohut vb.), süt ve süt ürünleri, tahıl benzeri ürünler (çiya, amarant, kinoa, karabuğday vb.), besinsel lifler ve kıvam artırıcılar (agar, aljinat, gamlar vb.) kullanılmaktadır (Mutlu vd., 2019).

Zhang et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, gluten hassasiyeti veya çölyak hastalığı olan bireyler için gluten içermeyen ekmeklerin yapımında kullanılan farklı bileşenlerin ve işlemlerin ekmeklerin dokusu ve kokusunu nasıl etkilediğini incelemiştir. Çalışmada, çeşitli formülasyonlar kullanılarak glutensiz ekmek alternatifleri, maya türleri ve fermantasyon süreleri test edilmiştir. Araştırmacılar tarafından, glutensiz ekmeklerin dokusunu geliştirmek için hidroksipropil metilselüloz (HPMC), ksantan gam ve guar gam gibi farklı bileşenlerin kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, fermantasyon süresinin artırılmasının ekmeklerin aromasını artırdığı ve farklı maya türlerinin kullanımının da ekmeklerin aromasını etkileyebileceği vurgulanmıştır.

Başka bir çalışmada, glutensiz ekmek üretimi için genel yaklaşımlar incelenmiştir. Araştırmacılar, geleneksel buğday bazlı ürünlerin yerini alabilen glutensiz alternatif ürünlerin geliştirilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Bu amaçla, çalışmada çeşitli bileşenlerin (un, nişasta, protein kaynakları, vb.) ve işlemlerin (yoğurma, fermentasyon, vb.) glutensiz ürünlerin kalitesini artırmak için nasıl kullanılabileceği ele alınmıştır. Ayrıca, yazarlar gıda endüstrisi tarafından kullanılan bazı bileşenlerin (enzimler, emülsiyonlar, hidrokoloidler vb.) glutensiz ekmeklerin kalitesini nasıl iyileştirebileceğini tartışmıştır. Sonuç olarak, makalede glutensiz ürünlerin kalitesini artırmak için geniş bir yaklaşım yelpazesi olduğuna dikkat çekmiştir (Padalino et al., 2016).

Barışık ve Tavman (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, esmer pirinç ununa %0-20-40-60 nohut unu ile karıştırarak glutensiz ekmek geliştirilmiştir. Pişmiş glutensiz ekmeklerin kalite özelliklerini belirlemek amacıyla pişme kaybı, spesifik hacim, protein, kül, nem ve su aktivitesi, renk ve tekstür profillerinin analizi yapılmış ve bulunan değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını göstermiştir. Çalışmanın bulgularına göre glutensiz ekmek örneklerinde nohut unu miktarı arttıkça nem içeriği (%40 NU hariç) azaldığını belirlemiştir. Glutensiz ekmeklerdeki protein ve kül değerlerindeki artışı, ekmek içeriğindeki nohut unu miktarının artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Özgül hacim değeri ise en yüksek olanı kontrol ekmek örneğinde bulunmuştur. Ekmeklerin hacim değeri nohut unu oranı artmasıyla azaldığı ve %40 NU ile %60 NU glutensiz ekmek örneklerinde özgül hacimleri benzer bulunmuştur. Ekmek numunelerin renk özelliklerini nohut unun konsantrasyonu arttıkça ekmek örneklerinin sarılık değerlerini de arttığını bulunmuştur. Nohut unu miktarı arttıkça ekmek kabuğu L\* değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Ekmek numunelerin a\* ve b\* değerlerinde ise doğrusal bir artış olmadığı belirtilmiştir. Glutensiz ekmeğin iç sertliği ve çiğnenebilirlik değerleri hem depolama süresiyle nohut unu miktarı arttıkça arttığını ve en düşük ekmek içi sertlik ve çiğnenebilirlik değeri %0 NU(Kontrol) ekmeğinde gözlemlenmiştir.

Hayıt ve Hülya (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, glutensiz ekmek formülasyonda %5, %10, %20 ve %30'a kadar kinoa unu ilave edilerek kısmi pişirilerek dondurma işlemi uygulanmıştır. Kısmi pişme işlemi gören glutensiz ekmekler dondurulup 0, 5, 10, 15, 30, 45 gün süre ile depolanarak süreç sonlarında çözdürülüp tekrar pişirilip ekmek özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bulgulara göre pişirilerek dondurulmuş ekmeklerin ilk günden sonra spesifik hacim değerleri azalmış fakat depolama süresinin artışıyla bu değer olarak sabit kalmıştır. Glutensiz ekmek formülasyonunda kinoa unu artmasıyla glutensiz ekmek örneklerinin sertlik değerleri önemli oranda artış göstermiştir. Depolama süresi ile kinoa ilaveli ekmek örneklerinde sadece 45 gün sonunda sertlik değeri istatistiki olarak önemli ( $p<0.01$ ) oranda artarken kontrol-1 (glutenli normal ekmek unundan yapılmış) ekmeklerinde 5 gün depolama ile sertlik değeri arttığını vurgulamıştır. Glutensiz ekmeklerin depolama boyunca elastikiyet değeri tüm ekmek örneklerinde genel olarak azalmıştır. Depolama süresine bağlı olarak Kontrol-1 (glutenli normal

ekmek unundan yapılmış) ekmeklerinde kohezif, yapışkanlık değeri azalmıştır. Çiğnenebilirlik özelliği ise kinoa oranı artıkça azalma meydana gelmiştir. Kinoa ilaveli glutensiz ekmeklerde depolama süresince genel olarak çiğnenebilirlik değeri değişmemiştir. Örneklerin esneklik değerleri kinoa konsantrasyonuyla değişmediği vurgulanmıştır. Ekmek örneklerinin kabuk rengi  $L^*$  değeri incelendiğinde kinoa oranı artıkça istatistiki olarak önemli azalma olduğunu gösterilmiştir, fakat dondurma işlemi ile renk üzerinde etki olmadığı belirtmiştir. Kinoa ilavesi, glutensiz ekmeklerin mineral madde değerini ve kül içeriğini arttırmıştır. Çalışmanın sonucuna göre kinoa ilavesi sayesinde glutensiz ekmeklerin besin içeriğini arttırılmıştır ve kinoa oranını %30'a kadar ilavesinin yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca pişirilerek dondurulan glutensiz ekmeklerin depolama boyunca kalitesini olumsuz etkilemediğini ve taze ekmeğe ulaşım probleminin kısmi pişirerek dondurma yöntemi ile çözülebileceği vurgulanmıştır.

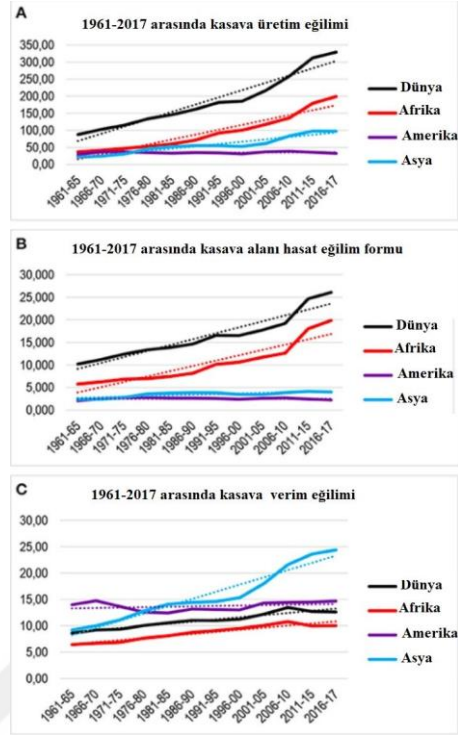
## 2.2 Kasava Unu

Kasava (*Manihot esculenta* Crantz), dünya genelinde tropikal ve subtropikal iklimlere sahip ülkelerde yetişen, yenilebilir köklü çok yıllık odunsu çalıdır. Kasava kökü enerji bakımından zengin gıda kaynağıdır, hektar başına yüksek karbonhidrat üretimi ile yaklaşık 250.000 kalori/gün'dür, bu nedenle mısır, pirinç, sorgum ve buğdaydan önce gelir (Julie et al., 2009). Kasava unu yüksek karbonhidrat içeriği ile fizyolojik bir enerji rezervi olarak kullanılmaktadır (Stone et al., 2002; Onyenwoke and Simonyan 2014). Karbonhidratların %80'i nişasta, %83'ü amilopektin ve %17'si amiloz formundadır. Kasava kökü doğal olarak nişastalı bir hammaddedir ve gluten içermediği için çölyak hastaları için ideal bir besindir (Pasqualone et al., 2008). 2020 yılında 18,5 milyon ton kasava, pirinç dışında en çok üretilen karbonhidrat kaynağı olmuştur (Laporan Tahunan Tahun, 2020; Nainggolan et al., 2023).



Şekil 2.1. (A) Kasava bitkisi (B) Kasava unu.

1961'de dünya çapındaki kasava üretimi için 9.6 milyon hektarlık alan, Afrika'nın yaklaşık %44'ünde gerçekleşen ve 78.5 milyon ton ürün kaydedilmiştir (FAOSTAT, 2018). Son 60 yılda kasava üretimi istikrarlı bir büyüme göstermiştir. Afrika ve Asya'da 1996 ile 2017 arasında üretim artışı Şekil 2.2'de gösterilmiştir, Latin Amerika'da ise kasava üretimi daha ılımlı bir şekilde kaydedilmiş. Afrika'da görülen artış alandaki artışa ve iyileştirilmiş tarımsal uygulamalara bağlanabilir. Afrika'da (Şekil 2.2 B ve C) kasava üretim talebi gıda uygulamaları tarafından yönlendirilirken, Asya'da talep artışı, hayvan yemi ve biyo yakıt üretimi gibi endüstriyel uygulamalar ile açıklanmaktadır (Aye et Howeler, 2017; Amelework et al., 2021). Endonezya, Nijerya, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Tayland, Gana ve Brezilya ile dünyanın en büyük altı kasava üreticisinden biridir (FAOSTAT, 2020; Nainggolan et al., 2023).



Şekil 2.2. A- 1961'den 2017'ye kasava üretimi B- hasad alanı, C- verim trendi (Faostat, 2019; Amelework et al., 2021).

Kasava unu farklı yöntemlerle üretilmektedir. Batı Afrika'da, özellikle Nijerya'da, kasava unu taze hasat edilmiş köklerden yapılır. Kökler soyulur, yıkanır ve dilimlenir. Dilimlenmiş kasava parçaları güneşte kurutulur, ince toz halinde öğütülür ve nem almayacak şekilde uygun malzemelerle paketlenir (Falade et al., 2010).

Çizelge 2.1. Kasava ununun kimyasal bileşimi (Sumardiono et al., 2017).

| Bileşen      | Değerler |
|--------------|----------|
| Kalori       | 146 kal  |
| Protein      | 1.2 g    |
| Yağ          | 0.3 g    |
| Karbonhidrat | 347 mg   |
| Kalsiyum     | 33 mg    |
| Fosfat       | 40 mg    |
| Demir        | 0.7 g    |
| Vitamin A    | 0 mg     |
| Vitamin B1   | 0.06 mg  |
| Vitamin C    | 30 mg    |
| Su           | 62.5 g   |

Sigüenza-Andrés et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, mısır nişastası ve pirinç unu karışımının %20'ye kadar olan oranlarının (doğal kasava nişasta, ekşi kasava nişastası veya kasava unu) kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin kalitesini nasıl etkilediği analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, %10 oranında kasava nişastası veya unu eklendiğinde, kontrol ekmeğine kıyasla spesifik hacmini artırmıştır, Kasava ununun kullanımı, ekmeklerin yapılarını daha yumuşak hale getirilmiştir ve doku özelliklerini iyileştirmiştir. Ayrıca, %10 kasava ununun ekmeğin rengi, organoleptik özellikleri (tad, aroma, doku) olumsuz etkilememiştir fakat, kasava unu %20 oranında eklendiğinde, spesifik hacim %10'a kıyasla azaltılmıştır.

Nadal et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç unu ile kasava nişastası ikili farklı karışımlarından elde edilen glutensiz ekmeğin kimyasal ve özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, kasava nişastası ve pirinç unu karışımlarının, ekmeklerin reolojik ve dokusal özelliklerini etkileyerek daha kaliteli bir ürün sağladığını göstermiştir. Pirinç unu ilavesi lipit ve protein içeriğini geliştirirken, kasava nişastası ilavesi, daha yüksek özgül hacimli ve ekmeğin özellikleri geliştirmiştir. Kaliteyi optimize etmek için glutensiz ekmek formülasyonlarında pirinç unu ve kasava nişastasının karışık kullanımı teşvik edilmiştir.

Mesa et al. (2019) yapmış olduğu bir çalışmada, fermente edilmiş kasava, patates nişastası ve sorgum unu, gluten yerine ksantan gum kullanılarak donmuş hamurdan hazırlanan glutensiz peynirli ekmeğin kalite özellikleri incelemiştir. Glutensiz peynirli ekmeklerin hazırlanmasında altı (6) farklı nişastalar kullanılmıştır: Okside kasava nişastası (OCS), modifiye kasava nişastası (MCS) ve ekşi kasava nişastaları (Yucauca, ekspres ve ekstra) kullanılmıştır. Üretilen altı (6) farklı glutensiz ekmeklerin ağırlık kaybı (g/100g), yükseklik (mm), özgül hacim (mL/g), su aktivitesi ( $a_w$ ), kabuk ve kırıntı nem içerikleri dahil olmak üzere glutensiz peynirli ekmek numunelerinin kalite özellikleri incelemiştir. Ekmek numunelerin su aktivitesi ve kırıntı nem içeriği de önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Fakat OCS ekmek numunelerinin yüksekliği sırasıyla 31.3 mm ve MCS 29.4 mm ve kabuk nem içeriği tüm ekmek örneklerine göre en yüksek olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, OCS ekmek numunelerin 6.5 g/100g ile en düşük ağırlık

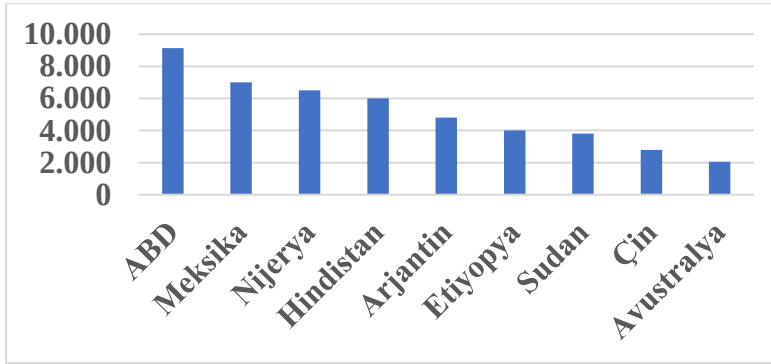
kaybına sahiptir. MCS ve ekstra yapılan glutensiz peynirli ekmek 4.4 mL/g ile en yüksek özgül hacmi kaydedilmiştir.

Garske et al. (2023) tarafından yapılan çalışmada, kasava nişastası ve nohut unu kullanarak mikrodalgada bir ön işlem uygulanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Mikrodalga işlemi, glutensiz ekmek örneklerin kasava nişastası ve nohut unu her birine ayrı ayrı uygulanmış. Karışımın su içeriği %20, %30 ve %40 olarak değiştirilmiştir, Böylece pişme süreleri de su içeriğine göre %20, 30 ve 40'ına sahip kasava nişastası için sırasıyla 4, 5 ve 6 dakika mikrodalgada muamele edilmiştir. Nohut unu için ise aynı başlangıç su içeriklere 3, 4 ve 5 dakika mikrodalgada uygulanmıştır. Bu çalışmaya göre mikrodalga işlemi, 70 °C'den daha yüksek sıcaklıklara çıkarak, tam tahıllı ekmeklerin pişme kaybında bir azalma meydana gelmiştir. Böylece glutensiz ekmek gibi fırıncılık ürünleri için faydalı olan su tutma kapasitesi artırılmış olur. Bu ön işlem sayesinde nohut unu ve kasava nişastasının ekmek hamurunun termal özelliklerini ve morfolojik yapılarını değiştirildiği gözlemlenmiştir.

### 2.3 Sorgum Unu

Sorgum (*Sorghum bicolor Moench*), dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerde, Afrika, Asya, Orta ve Güney Amerika'da yetişen önemli bir tahıldır. İnsan tüketim oranı, toplam dünya üretimine göre yaklaşık %40'ını oluşturur ve geri kalanı sanayi, alkol ve yem üretimi için kullanılır (Awika ve Rooney, 2004; Schober et al., 2005; Adiamo et al., 2018). Sorgum, çölyak hastalığı olan bireyler için uygun olması ve dünya çapında üretilen beşinci tahıl olmasıyla dikkat çeker. Ancak, glutensiz gıda üretimi için sorgum kullanımı, literatürde mısır ve pirinç ile kıyaslandığında nispeten azdır. Son yıllarda, bazı gelişmiş ülkelerde glutensiz gıdaların üretiminde sorgum kullanılmaya başlanmıştır (Taylor, et al 2006; Onyango et al., 2011). İmmünolojik analiz çalışmalara göre, sorgum unu glutensiz ekmekler, makarnalar, kurabiyeler ve atıştırmalıklar gibi unlu mamullerde uygun olduğunu tespit edilmiştir. (Carson et al., 2000; Ciacci et al 2007; Adiamo et al., 2018).

Çizelge 2.2. Sorgum üreticisi ülkeler (Popescu and Condei, 2014).



2011'de dünya sorgum üretimi 61.167 bin metrik ton'den, 2013 yılında 63.811 bin metrik ton'ye yükselmiştir. Böylece dünya sorgum üretimi %4.32'lik artış sergilemiştir. En çok sorgum tüketen ülkelerden başlıca şunlardır: Çin, Meksika, Sudan, Etiyopya, Nijerya olarak sıralanabilir. Sorgum tüketimi ise 2010/2011'de 6.639 bin metrik ton iken, 2014/2013 döneminde 7.690 bin metrik tona yükselmiştir. Bu da sorgum tüketiminde %15.83'lük bir artış temsil ettiğini vurgulamıştır (Popescu and Condei, 2014).

Sorgum çeşitlerinde, perikarp renkleri arasında beyaz, kırmızı, sarı ve kahverengi tonları gözlemlenebilir. Ayrıca önemli bir nişasta kaynağı olan sorgum aynı zamanda mısır'a göre daha fazla enzime dirençli nişasta içerdiği bilinmektedir (Yalçın et al., 2021).



Şekil 2.3. Farklı Sorgum çeşitleri (Pineli et al., 2015).



Şekil 2.4. Beyaz sorgum unu.

Sorgum tanesi, yaklaşık bileşimi ve beslenme yönleri açısından birkaç bilim adamlar tarafından özenle incelenmiştir (Kandasamy and Subramaniam, 1980). Sorgum tanesinin protein miktarı %4.4 ile %21.1 arasında değişmektedir. Diğer tahıllara kıyasla sorgum tanesi daha serttir ve bu sertliğin nedeni sorgum içindeki yüksek miktarda bulunan prolamindir. Prolamin içeriği %3.6 ila %5.1 arasında, lizin içeriği ise %1.06 ila %3.64 arasında değişmektedir. Sorgumdaki protein çeşitleri arasında albümin-globulin, prolamın ve glutelin bulunur ve toplam nitrojenin sırasıyla yaklaşık %15, %26 ve %44'ünü oluşturur. Tahıldaki ana bileşen, toplam kuru maddenin %56 ila %75'ini nişastadan oluşur (Adiamo et al., 2018).

Dykes et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada, sorgum ve darı üzerinde inceleme yapılmıştır, benzersiz fenolik bileşiklerini içerdikleri vurgulamıştır. İçerdikleri fenolik birleşikleri potansiyel sağlık yararları sahip olduğu, antioksidan ve nutrasötik özelliklere ve fonksiyonel gıdalar üretmek için kullanımına uygun olduğunu bildirilmiştir. Sorgum içerdiği fenoliklerin olumlu sağlık yararlarından yana sıra, sorgum mumu da benzersiz sağlık özelliklerine sahip olduğunu vurgulamıştır. Örneğin, sorgum perikarbinin yüzeyinde yoğunlaşan sorgum mumunda yaklaşık: %46 yağ aldehytleri, %7,5 yağ asitleri, %41 yağ alkoller, %0,7 hidrokarbonlar, %1,4 mum, sterol, esterler ve %1 triaçilgliseroller içerdiğini vurgulamıştır (Hwang et al., 2002; Dykes et al., 2006).

Velázquez et al. (2012), farklı oranlarda mısır nişastası, sorgum unu, su ve hidroksipropilmetil selüloz kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Su miktarı, mısır nişastası/sorgum unu ve Hidroksipropil Metil Selüloz (Hydroxypropyl Methylcellulose- HPMC) konsantrasyonu deney tasarımına göre oranları

belirlenmiştir. Bulgulara göre Mısır nişastası ile sorgum ununun kombinasyonu, sırasıyla %0,11 ve %1,00 ile %3,00 HPMC ve %90 su ilavesiyle yapılan ekmekler, düşük ve yüksek hacimli olarak bulunmuş. Mısır nişastası ile sorgum ununun oranı %1,00 - %1,00 ve %3,00 HPMC kullanılarak yapılan ekmekler, homojen gözenek yapısına sahip yüksek hacim değere sahip olduğunu vurgulamıştır. Ancak %3,00 HPMC kullanımında ekmeğin hacim değeri %1,00'den daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Benzer şekilde dokuz hibrit sorgum çeşidi ve ticari sorgum unu karşılaştırması yapılmış glutensiz üretmek için 70/30 oranında sorgum unu ve mısır nişastası, tuz, şeker ve maya bazlı bir formülasyonuna %95-120 su ilave edilmiş. Çalışmanın bulgulara göre karışım hibritten elde edilen ekmeklerin hacmini etkilememiş, fakat ekmek iç yapısı ve dokusu üzerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Kırıntı yapısı hasarlı nişastadan dolayı büyük ölçüde etkilenmiş ve yüksek hasarlı nişasta ile yapılan glutensiz ekmek en yüksek sertliğiyle ve daha düşük kırıntı yapısına sahip olduğunu vurgulamıştır. Sadece sorgum unu kullanarak yapılan glutensiz ekmekler daha yüksek su içeriği gerektirmiş ve buğday bazlı hamurla karşılaştırıldığından farklı olarak hamur benzeri bir sistem oluşturulmuş, buna ilaveten hidrokolloidler ve stabilizatörler kullanılmadan üretilen glutensiz sorgum ekmeği küçük hacimli ve gevrek bir kırıntıya sahip olduğunu bildirilmiştir (Schober et al., 2005).

Başka bir çalışmada, glutensiz ekmek üretiminde, sorgum ununa ısıtılmanın özellikleri üzerindeki etkisini ve ısıtılma işlemi görmüş unun glutensiz kek ve ekmek üretiminde potansiyel kullanımını incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda, iki (2) kilo sorgum unu konveksiyonel fırında 90 °C veya 125 °C'de 15, 30 ve 45 dakika ısıtılmış ardından soğutulduğunda yaklaşık %12 nem içeriğine yeniden hidratlandırılmıştır. Isıtılma işlemi görmüş sorgum unu yaklaşık analiz sonuçlarına göre %10.72 nem içeriği, %5.96 protein, %3.05 yağ, %0.24 lif ve %1.9 kül içerdiğini ortaya konulmuştur. Isıtılma işlemi sorgum ununun renk parametreleri ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) arasında önemli fark görülmemiştir. Buna ilaveten, işlenmemiş ve ısıtılma işlemi görmüş sorgum ununun pH'ları arasında önemli bir fark bulunmuştur. Isıtılmış sorgum unundan yapılan ekmek, kontrol ekmeğe göre spesifik hacim açısından daha yüksek bulunmuştur, sırasıyla 2.90 cm<sup>3</sup>/g ve 2.62 cm<sup>3</sup>/g. Araştırmacılar tarafından bu artışı serbest sülfhidril gruplarını oksitleyerek sorgum unundaki proteinlerin

modifikasyonuna bağlı olabileceğini açıklanmıştır. Hücre hacmi, ap ve duvar kalınlığı gibi özellikler aısında ısıtılmış sorgum unundan yapılan ekmekler ve kontrol ekmek arasında olarak önemli farklılık bulunmamıştır. 125  C ve 45 dakikada ısıl işlem görmüş sorgum unu ile yapılan ekmek için dilim parlaklığı ve hafifliği ( $L^*$ ) değeri kontrol ekmeğe göre kıyasladığında azalma meydana gelmiştir. Araştırmacılara göre, ısıl işlemin oksidatif süreç biçimlerinin dezavantajlarından biri olduğunu vurgulamıştır (Marston et al., 2016).

## 2.4 Piri Unu

Piri unu, 100 gramında ortalama olarak 80.1 gram karbonhidrat, 5.9 gram protein, 2.4 gram besinsel lif, 1.4 gram yağ ve 0.6 gram kl içermektedir. Ayrıca, kalsiyum, demir, magnezyum, fosfor, potasyum, vitamin E, tiamin, niasin, piridoksin, folat ve pantotenik asit gibi mineraller ve diğer bileşenler de bulunmaktadır (Yarpuz, 2011).

İnsanlar, özellikle buğday tketemeyenler için iyi bir alternatif olan piriç ununu unlu mamullerde kullanmaya başlamıştır. Piri unu, ekmek, kek, erişte, kraker gibi birçok dünya çapında üründe kullanılabilmektedir. Bunun yanı sıra, kestane, karabuğday gibi diğer un türleriyle karıştırılarak da kullanılabilmektedir (Mert, 2014).



şekil 2.5. Piri unu.

Pirinç unu, fırıncılık işlemler için en uygun unlardan biridir. Bu unu uygun olmasının nedenleri arasında, glutensiz ürünler için uygun olması, yüksek sindirilebilir karbonhidrat içeriği, hipoalerjenik özellikleri, düşük sodyum içeriği, hafif tat ve solgun görünüm yer almaktadır. Ayrıca, glutensiz ekmek yapımında pirinç ununun parçacık boyutu önemlidir. Farklı un türleri arasında, daha büyük parçacık boyutuna sahip olanlar daha yüksek özgül hacim ve daha düşük sertlikte ekmek üretirler (Mancebo et al., 2015).

Demirkese et al. (2010a) tarafından yapılan çalışmada, glutensiz ekmek üretimi için %30 kestane unu ve %70 pirinç unu karışımının kullanıldığını ve bu karışımla üretilen ekmeğin kaliteli olduğunu ve tüketiciler tarafından beğenildiğini bildirmiştir. Çalışmada, ksantan gam ve emülgatörler gibi bileşenlerin eklenerek tekstürü iyileştirildiği de belirtilmektedir.

Alvarenga et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada, mısır, pirinç ve tapyoka (kasava) unlarından yapılan glutensiz ekmek üretiminde hidrokolloid olarak agar-agar kullanımını tartışılmıştır. Çalışmada, ekmeğin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra özelliklerini de incelemiştir. Sonuçlarda, agar agar ilavesinin ekmeğin dokusunu ve genel kalitesini iyileştirdiğini ve bu hidrokolloid, glutensiz ürünlerin üretiminde potansiyel olarak faydalı bir bileşen haline getirdiğini göstermiştir.

Clerici et al. (2009) tarafından yapılan araştırmada, pirinç ununun asidik ekstrüzyon yöntemiyle nasıl işlendiği açıklanmıştır. Asidik ekstrüzyon, pirinç ununun belirli sıcaklık ve nem koşullarında asitli bir ortamda işlenmesini içerir. Bu işlem, pirinç ununun yapısal ve kimyasal özelliklerini değiştirerek daha asidik bir özelliğe sahip bir ürün elde edilmesini sağladığını açıklamıştır. Çalışmanın bir diğer odak noktası, bu asidik ekstrüzyon yöntemiyle elde edilen pirinç ununun glutensiz ekmek kalitesi üzerindeki etkisi incelemiştir. Çalışmada, bu asidik pirinç ununun kullanıldığı glutensiz ekmeklerin fiziksel ve özelliklerini değerlendirmişlerdir. Ekstrüzyon işlemine tabi tutulan pirinç ununun ekmek kalitesini nasıl etkilediği, ekmek dokusu, hacim, nem içeriği ve özellikler gibi faktörler üzerinde durmuştur. Çalışmanın sonuçları, asidik ekstrüzyon işlemiyle elde edilen pirinç ununun, glutensiz ekmeklerin kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. Bu

işlem, ekmeklerin daha iyi bir yapı, hacim ve nem içeriği sağlamasının yanı sıra, tüketici için de olumlu bir deneyim sunulmuştur.

## 2.5 Mısır Nişastası

Glutensiz ekmek üretiminde mısır nişastası kullanımı ile ilgili, bir dizi bilimsel araştırma mevcuttur. Örneğin bir çalışmada, farklı oranlarda mısır nişastasının kullanımıyla elde edilen glutensiz ekmeklerin fiziksel ve kimyasal özellikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışma, mısır nişastasının ekmeğin hacmi, dokusal özellikler ve raf ömrü üzerinde olumlu etkisi olduğunu ortaya koymuştur (Maalej et al., 2009).

Lopez et al. (2004) tarafından yapılan çalışmada, pirinç unu, mısır nişastası ve kasava nişastası kullanarak 3 farklı glutensiz ekmek üretilmiştir. Çalışmanın bulgulara göre mısır nişastası ile hazırlanan ekmek, diğerler glutensiz ekmeklere göre (kasava nişastası ve pirinç unu) en iyi görünüm, yeterli hacim, düzensiz beyazımsı renk ile hafif kırılkan kabuk sergilenmiştir.

Benzer şekilde, başka bir çalışmada mısır nişastasının ekmeğin kalitesi üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, glutensiz ekmek üretiminde mısır nişastası kullanımı ekmeğin reolojik, tekstürel ve özelliklerini etkilediğini ve ekmeğin daha yumuşak ve kabarık olmasına yardımcı olduğunu göstermiştir (Małgorzata et al., 2015).



Şekil 2.6. Mısır nişastası.

## 2.6 Bamya Tohumu

Bamya (*Abelmoschus esculentus* L) *Malvaceae* ailesine ait bir bitkidir. Dünya genelinde çoğunlukla tropikal ve subtropikal bölgelerde yetiştirilir ve popüler bir bahçe mahsulüdür. Dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bir gıda ürünüdür. Bamya farklı isimlerle bilinir; *Leydi'nin parmağı*, *Bhindi*, *Okura*, *Quimgombo*, *Bamia*, *Bombo* ve *Lai long ma* gibi yerel adları vardır (Jain et al., 2012). 12. yüzyılda Mısırlılar tarafından sıklıkla yetiştirilmiş olup, daha sonra Etiyopya, Orta Doğu ve Kuzey Afrika'ya yayılmıştır. Bamyanın olgunlaşmamış yeşil baklaları genellikle sebze olarak tüketilirken, bamya tohumu çorbaların ve sosların viskozitelerini artırmak için kullanılmaktadır (Kumar et al., 2013). Bamya yapısında bulunan polisakkaritler, sağlık açısından çok yararlı olması ve daha uzun raf ömrü nedeniyle, unlu mamüllerde, dondurmalarda ve şekerli dondurulmuş gıdalarda kullanılır (Yuennan et al., 2014).

Bamya anatomik olarak, meyveleri, gövdesi ve yaprakları çok ince, yumuşak tüylü yapıya sahiptir. Çiçekleri, koyu kırmızı bir merkezle hafif sarımsı renkleri nedeniyle kolayca tanınabilir. Bitkisi çiçeklenmesi çok yıllık olmasına rağmen, çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlere oldukça bağımlıdır. Yaprakları, tüylü üst ve alt yüzeyler ile karakterize edilen polimorftur. Yaprak sapları yaklaşık 15 cm uzunluğundadır. Bamyanın yenilebilir kısmı, yaklaşık 15-20 cm uzunluğunda ve piramidal-dikdörtgen bir görünüme sahip olan kapsülü (pod) olarak bilinir. Tarihsel olarak bamya yemek, iştah artırıcı, afrodizyak gibi çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Ayrıca bamya dizanteri, bel soğukluğu ve idrar komplikasyonlarını tedavi ettiği tespit edilmiştir (Islam, 2019).



Şekil 2.7. Taze bamya tohumu.



Şekil 2.8. Kuru bamya tohumu.

Habtam et al. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, bamya tohumlarının besin değeri, fonksiyonel özellikleri ve antioksidan özellikleri incelenmiştir. İlk olarak, çalışmada kullanılan larının kimyasal bileşimi incelenmiştir. Bulgulara göre, bamya tohumları %22.3 protein, %14.6 yağ, %2.7 kül, %6.4 lif ve %46.6 karbonhidrat içermektedir. Ayrıca, bamya tohumları B vitamini kompleksi, E vitamini ve mineraller açısından zengin bir kaynak olarak belirtilmiştir. Bamya tohumlarının fonksiyonel özelliklerini de değerlendirmiştir. Bamya tohumlarının su emme kapasitesi, yağ emme kapasitesi, köpürme kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi gibi özellikleri incelenmiştir. Bulgulara göre, bamya tohumları yüksek su emme kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi göstermiştir. DPPH radikal giderme kapasitesi, toplam fenolik madde içeriği ve toplam flavonoid içeriği açısından zengin bir kaynak olduğunu belirtilmiştir.

Tufaro et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada, bamya düşük sıcaklıkta kurutulup öğütülmüş ve farklı hidrokolloidlerle (HPMC ve psyllium) karıştırılmış. Glutensiz ekmeklerin potansiyel sinerji etkisi üzerinde incelenmiştir. Çalışmanın bulgulara göre, HPMC ile bamya kombinasyon halinde kullanarak üretilen ekmekler, yüksek özgül hacim ve yumuşak doku özellikleri ve daha uzun raf ömrüne sahip bulunmuştur. Psyllium ile bamya kombinasyon halinde üretilen ekmekler daha az gelişmiş, aynı zamanda daha sert ve daha koyu bir ekmek elde edilmiştir. Bu çalışmada, bamyanın yenilikçi bir doğal hidrokolloid olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Şahan (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, glutensiz keklerin üretiminde bamya tozu, pirinç ununa %15, %30 ve %45 oranlarında ilave edilmiştir. Bu çalışmada, üretilen keklerin kimyasal, fiziksel ve mikroyapı özellikleri diğer pirinç unu bazlı kontrol grubu keklerle karşılaştırılmıştır. Kimyasal sonuçlara göre, bamya tozu içeren kekler yağ, protein, çözünür ve çözünmez diyet lifi bakımından kontrol (bamya tozu içermeyen) grubundakilere göre daha zengindir. Mineral madde, esansiyel ve esansiyel olmayan amino asitler ve toplam fenolik madde miktarları ile antioksidan aktivite değerleri bamya tozu ilavesiyle artmıştır.

## 2.7 Glutensiz Ekmeklerde Hidrokolloidlerin Önemi

Hidrokolloidler, polisakkarit grubunda yer alan farklı kimyasal yapılar ve yüksek moleküler ağırlığa sahip polar bileşenlerdir. Suyla yüksek afiniteye sahip olan hidrokolloidler, negatif yüklü olanlar su molekülleriyle hidrojen bağları oluştururlar. Ancak, yüksüz hidrokolloidler molekül içi hidrojen bağlarına sahip olduğundan, suyla etkileşimleri azaltılır (Anton and Artfield, 2008). Hidrokolloidler, glutensiz tahıl ürünlerine ilave edildiğinde, son ürünlerin yapısını, hacmini, dokusunu, tadını ve genel kalitesini iyileştirir. Ayrıca, ürünün raf ömrünü de uzatır (Zoghi et al., 2021). Hidrokolloidlerin kullanımı, glutensiz gıda ürünlerinde gaz oluşumunu ve tutulmasını da fermantasyon sırasında iyileştirir (Padalino et al., 2016). Hidrokolloidler, kökenlerine göre hayvansal ve bitkisel olarak sınıflandırılırlar (Xu, J et al., 2020). Su bağlama yeteneği nedeniyle, gluten ağının benzer yapısını oluşturma ajanları olarak hidrokolloidler işlev görürler. Hidrokolloidlerin yükü ve moleküler ağırlığı, ekmek kalitesini etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır (Horstmann et al., 2018). Glutensiz ekmek hamurlarında farklı hidrokolloidler kullanılması, gluten eksikliğini dengelemeyi ve bu şekilde ekmek dokusunun viskoelastik özelliklerinde olumlu etki sağlamayı amaçlar (Mir et al., 2016). Glutensiz ekmek geliştirme sürecinde, ekmek kırıntısı sertliği, tazelik algısı ve ürünün raf ömrü gibi parametreler büyük önem taşır. Ekmek kırıntısı dokusu, kullanılan malzemeler ve tarifeye bağlı olarak değişebilir. Hidrokolloid eklenmesi genellikle ekmek sertliğini azaltma potansiyeline sahiptir. Hidrokolloid tipi, konsantrasyonu ve etkileşimi, ekmek kırıntısı sertliğine katkıda bulunan faktörler arasında yer almaktadır (Horstmann et al., 2018).

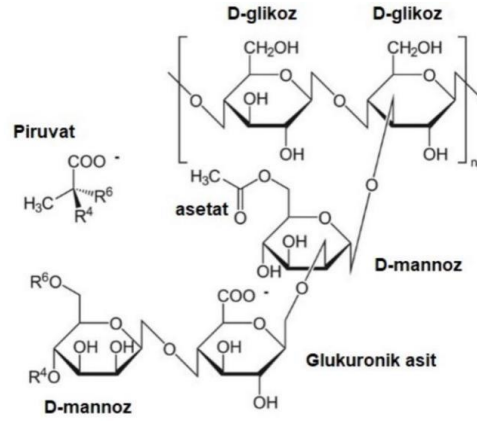
Demirkese et al. (2010b) tarafından yapılan çalışmada, emülgatör ve farklı hidrokolloid türleri kullanılarak hazırlanan glutensiz pirinç ekmeği, hidrokolloid ilavesiz kontrol (hidrokolloid ve emülgatör içermeyen ekmek) örneğine göre daha yumuşak bir iç kısım göstermiştir. Sertlik düzeni aşağıdaki sıraya göre artmıştır: karışım ksantan–Gura gam <Hidroksipropil metilselüloz < Guar gam < Ksantan gam olarak bulunmuştur.

Çizelge 2.3. Hidrokolloidlerin sınıflandırılması (Culetu et al., 2021).

|                                           |                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Selüloz türevlerinden moleküller          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metil selüloz</li> <li>• Karboksimetilselüloz</li> <li>• Hidroksipropil metil selüloz</li> </ul> |
| Bitki doku özleri                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pektin</li> <li>• <math>\beta</math>-glukan</li> </ul>                                           |
| Bitki salgıları                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arap gum</li> <li>• kitre</li> </ul>                                                             |
| Yapışkan bitki maddeleri(müsilajlar)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Guar gum</li> <li>• Psilyum</li> <li>• Keçiboynuzun gum</li> </ul>                               |
| Fermantasyon gumları (mikrobiyal kökenli) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ksantan gum</li> <li>• Gellan gum</li> <li>• Dekstran</li> </ul>                                 |
| Deniz yosunu türleri                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aljinatlar</li> <li>• Ağar</li> <li>• Karagenan</li> </ul>                                       |
| Hayvansal kökenli                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jelatin</li> <li>• Albümin</li> <li>• Kaseinat</li> </ul>                                        |

## 2.8 Ksantan Gam

Ksantan gam dallı polisakkarit grubunda yer alan bakteriyel fermantasyon yoluyla üretilmektedir, Şekil 2.7'de şematik olarak temsil edildiği gibi omurga 1,3 bağlantıları,2. Terminal D-mannozun yaklaşık yarısı, bilinmeyen bir dağılımla, keto grup yoluyla 4 ve 6 pozisyonlarına bağlanan bir piruvik asit tortusu içerir (Petri, 2015).



Şekil 2.9. Ksantan gum kimyasal Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve Ca<sup>2+</sup>, fermantasyon sürecinden kaynaklanan en sık karşıt iyonlardır (Petri, 2015).

Danesi et al. (2018) tarafından yapılan çalışmada, ksantan gam ve HPMC gibi diğer katkı maddelerinin farklı oranlarda kullanımının glutensiz ekmeklerin reolojik, mikro yapısal ve özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bulgularda, ksantan gam'un ekmeklerin hacim, nem, elastikiyet ve yumuşaklık özelliklerini artırdığını ve ayrıca mikro yapısal özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir.

Başka bir çalışmada ise ksantan gam kullanımının glutensiz ekmeklerin tekstürünü nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu çalışmada, farklı oranlarda ksantan gam eklenerek üretilen ekmeklerin yapıları ve tekstürleri değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, ksantan gam içeren ekmeklerin dokuları daha yumuşak olduğunu vurgulamıştır (Wang et al., 2017).

Bir diğer çalışmada, ksantan gam kullanımının gluten içermeyen ekmeklerin yapısını nasıl etkilediğini araştırmıştır. Bu çalışmada, farklı oranlarda ksantan gam eklenen ekmeklerin yapıları incelenmiştir. Sonuçlar, ksantan gam eklenen ekmeklerin daha yüksek hacimli ve daha hafif olduklarını göstermiştir (Sivaramakrishnan et al., 2018).

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Bu çalışmada, fonksiyonel glutensiz ekmek üretimi için sorgum unu, kasava unu, pirinç unu, mısır nişastası ve bamya tohumu kullanılmıştır. Yaş kasava kökü, sorgum ve bamya tohumu Çad'dan getirilmiştir.

#### 3.2 Yöntem

##### 3.2.1 Hammaddelerin hazırlanması

###### 3.2.1.1 Kasava kökü una dönüştürülmesi

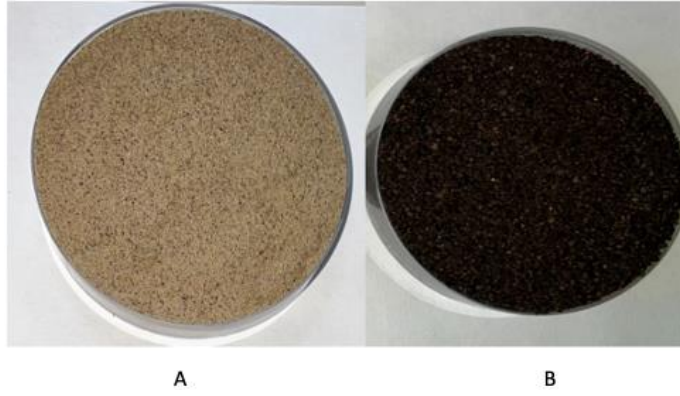
Aşağıdaki şekilde (Şekil 3.1) gösterildiği gibi, Pornpraipech et al. (2017) tarafından kullanılan yöntemle göre, kasava kökleri un haline getirilmiştir. Öncelikle kasava kökleri kabukları soyulmuş ve saf suyla yıkanmıştır. Elektrikli, paslanmaz çelik bıçak kullanılarak yaklaşık 5 cm çapında kesilmiştir ve daha sonra laboratuvar ölçekli, dönen kurutucuda 70°C ve 2 m/s sabit hızda kurutulmuştur. Son olarak, waring blender (Waring Products Division, New Hartford, CT) kullanılarak un haline getirilmiştir.



Şekil 3.1. Kasava kökünden kasava unu eldesi.

###### 3.2.1.2 Unun toz haline getirilmesi

Bamya tohumları, bir öğütücü kullanılarak öğütülmüş ve ardından 500 µm elekten elenmiştir. Glutensiz ekmek üretiminde kullanılan bamya tohum tozu, ekmek üretimine kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Bamya tohumları A-elek altında geçen ve glutensiz ekmek üretimde kullanılan bamya tohumu, B- elek üstünde kalan kabuğu 'dur.

### 3.2.2 Hammaddelerde yapılan analizler

#### 3.2.2.1 Nem analizi

Pirinç unu, mısır nişastası ve bamya tohumunun nem miktarı Cappa et al. (2016)'da belirtilen yöntemle göre, kasava ununun nem miktarı Nurdjanah et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre, sorgum ununun nem miktarı ise Pezzali et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir.

#### 3.2.2.2 Kül analizi

Pirinç unu ve mısır nişastasının kül miktarı analizleri Altındağ et al. (2015)'da belirtilen yöntemle göre, bamya tohumunun kül miktarı analizi Altındağ et al. (2015)'da belirtilen yöntemle göre, kasava ununun kül miktarı analizi Nurdjanah et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre, sorgum ununun kül miktarı analizi ise Pezzali et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre yapılmıştır.

#### 3.2.2.3 Protein analizi

Pirinç unu ve mısır nişastasının protein miktarı, Kjeldahl AOAC (1995) yöntemi kullanılarak (Kjeltec™2300 FOSS Company, Danimarka) belirlenmiştir. bamya tohumunun protein miktarı Hu et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre, kasava ununun protein miktarı Nurdjanah et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre, sorgum ununun protein miktarı ise Pezzali et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre belirlenmiştir.

#### **3.2.2.4 Yağ analizi**

Pirinç unu ve mısır nişastasının yağ miktarı Altındağ et al. (2015)'da belirtilen yöntemle göre, kasava unu ve bamya tohumunun yağ miktarı Nurdjanah et al. (2020)'da belirtilen yöntemle göre, sorgum ununun yağ miktarı ise Trappey et al. (2015)'da belirtilen yöntemle göre yapılmıştır.

#### **3.2.2.5 Karbonhidrat analizi**

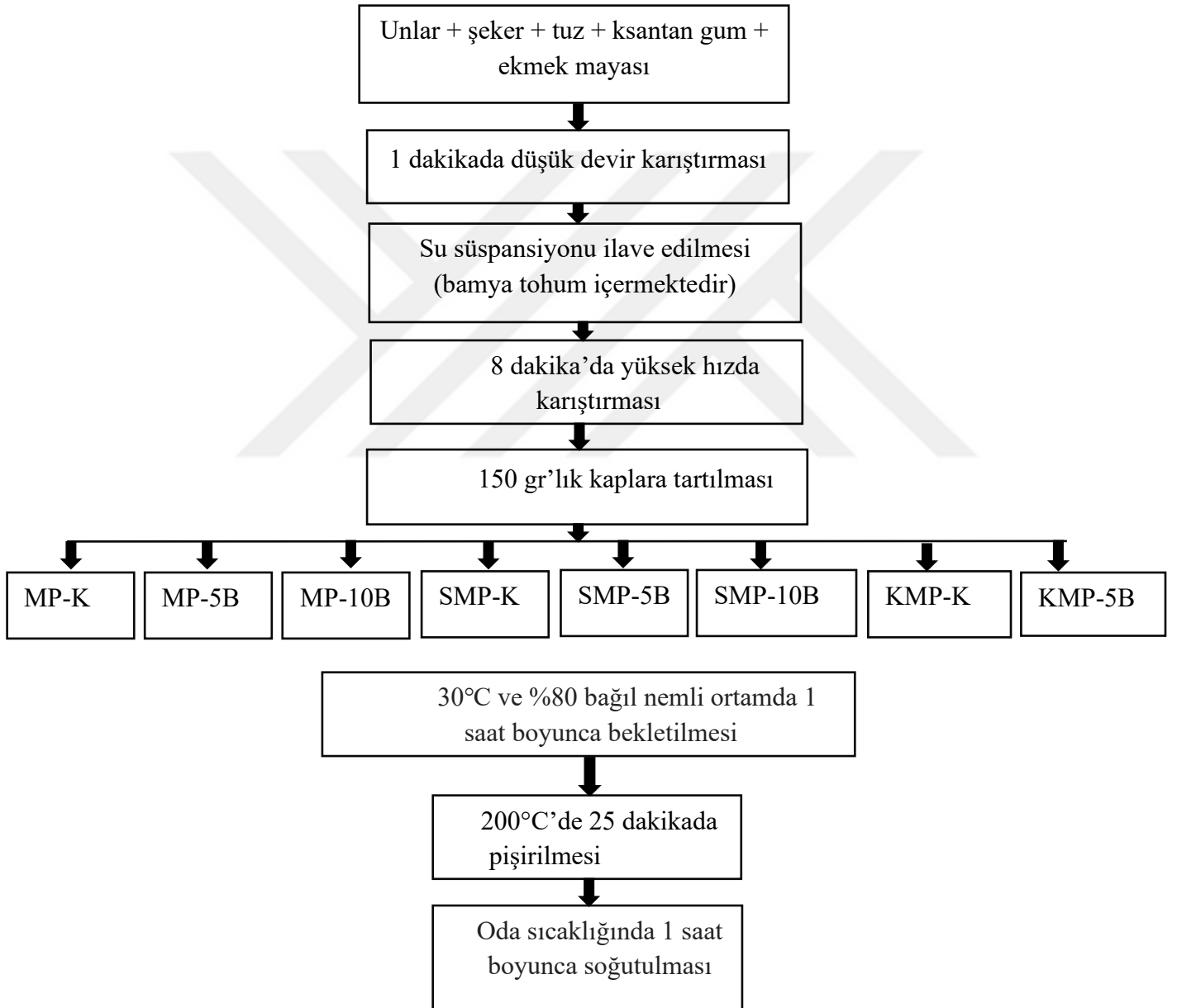
Karbonhidrat içeriği, FAO'nun (2003) Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization-FAO) tarafından belirttiği formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu formül, bir besinin karbonhidrat içeriğini hesaplamak için kullanılan bir standart formüldür. Formüle göre; örnekteki yağ, nem, kül ve protein miktarlarını dikkate alınarak karbonhidrat içeriğini hesaplanmaktadır. Bu hesaplama, birçok farklı gıda ürünüde kullanılabilir.

#### **3.2.3 Ekmek üretim yöntemi**

Glutensiz ekmek yapımında Sigüenza-Andrés, et al. (2021) ve Tufaro, D et al. (2022)'da yer alan yöntemler modifiye edilerek kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de glutensiz ekmek formülasyonları sunulmuştur. Glutensiz ekmek üretimlerinde; kasava unu, sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastasının yanında, su, tuz, ekmek mayası, ayçiçek yağı, şeker, ksantan gam ve ekmeği zenginleştirilmek için %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu kullanılmıştır. Ekmek üretimlerinde; kasava unu, sorgum unu, pirinç unu, mısır nişastası, tuz, ekmek mayası, şeker ve ksantan gam, yoğurucuda (KitchenAid Mixer, USA) 1 dakika boyunca karıştırılmıştır. Karıştırma işleminin ardından su, ayçiçek yağı ve bamya tohumu yoğurma kabındaki karışıma eklenip 8 dakika boyunca yoğurulmuştur. Bamya tohumu yoğurma işleminden önce su içinde ve belirli aralıklarla karıştırılarak 1 saat bekletilmiştir. Yoğurma süresi yapılan ön denemeler ile belirlenmiştir. Yoğurma işlemi tamamlandıktan sonra elde edilen hamurdan 150 g'lık parçalar alınarak yuvarlak şeklindeki pişirme kaplarına yerleştirilmiştir. Bu işlemin ardından hamurlar 30 °C sıcaklıkta ve %75-80 bağıl

nemdeki fermantasyon kabiniinde (FGM 100, İnoksan, Türkiye) 1 saat boyunca bekletilmiştir. Fermantasyon kabiniinden alınan hamurlar buhar enjeksiyonlu fırında (FBE 010, İnoksan, Türkiye) 200 °C’de 25 dakika boyunca pişirilmiştir. Pişirme işleminin ardından elde edilen glutensiz ekmekler laboratuvar koşullarında 60 dakika bekletilerek soğutulmuş ve sonra ekmek kalite analizleri uygulanmıştır. Ekmek üretimleri iki tekerrür olarak yapılmıştır ve her tekerrürde 6 adet ekmek üretilmiştir. Ekmek üretim yönteminin aşamaları Şekil 3.3’te sunulmuştur.



Şekil 3.3. Glutensiz ekmek üretim yöntemi.

**Açıklama:** MP-K: mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: %5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: %10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.



Çizelge 3.1. Glutensiz ekme   formülasyonları.

|                      | MP-K | MP-5B | MP-10B | SMP-K | SMP-5B | SMP-10B | KMP-K | KMP-5B | KMP-10B | KSMP-K | KSMP-5B | KSMP-10B |
|----------------------|------|-------|--------|-------|--------|---------|-------|--------|---------|--------|---------|----------|
| Kasava unu (g)       | 0    | 0     | 0      | 0     | 0      | 0       | 210   | 210    | 210     | 105    | 105     | 105      |
| Sorgum unu (g)       | 0    | 0     | 0      | 210   | 210    | 210     | 0     | 0      | 0       | 105    | 105     | 105      |
| Pirin   unu (g)      | 255  | 255   | 255    | 150   | 150    | 150     | 150   | 150    | 150     | 150    | 150     | 150      |
| Mısır ni  astası (g) | 255  | 255   | 255    | 150   | 150    | 150     | 150   | 150    | 150     | 150    | 150     | 150      |
| Ksantan gam (g)      | 6    | 6     | 6      | 6     | 6      | 6       | 6     | 6      | 6       | 6      | 6       | 6        |
| bamya tohumu (g)     | 0    | 30    | 60     | 0     | 30     | 60      | 0     | 30     | 60      | 0      | 30      | 60       |
|   eker (g)           | 24   | 24    | 24     | 24    | 24     | 24      | 24    | 24     | 24      | 24     | 24      | 24       |
| Tuz (g)              | 12   | 12    | 12     | 12    | 12     | 12      | 12    | 12     | 12      | 12     | 12      | 12       |
| Sıvı ya   (g)        | 30   | 30    | 30     | 30    | 30     | 30      | 30    | 30     | 30      | 30     | 30      | 30       |
| Maya (g)             | 18   | 18    | 18     | 18    | 18     | 18      | 18    | 18     | 18      | 18     | 18      | 18       |
| Su (ml)              | 480  | 480   | 480    | 480   | 480    | 480     | 480   | 480    | 480     | 480    | 480     | 480      |

**Açıklama:** MP-K: mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: % 5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: % 10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.

### 3.2.4 Ekmekte yapılan analizler

#### 3.2.4.1 Nem analizi

Glutensiz ekmeklerin nem miktarı analizi AACC Method 44-15A yöntemine göre yapılmıştır.

#### 3.2.4.2 Kül analizi

Glutensiz ekmeklerin kül miktarı analizi AACC Method 08-01 yöntemine göre yapılmıştır.

#### 3.2.4.3 Protein miktarı analizi

Glutensiz ekmeklerin protein miktarlarını belirlemek için Mikro Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Toplam azot miktarı bulunduğundan sonra azot çeviri faktörü 6.25 ile çarpılarak örneklerin % protein içeriği belirlenmiştir (Aniszewski et al. 2013).

#### 3.2.4.4 pişme kaybı

Glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değerlerini belirlemek için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Milde et al., 2012).

$$\text{Pişme Kaybı (\%)} = ((\text{Hamur Ağırlığı} - \text{Ekmek Ağırlığı}) / (\text{Hamur Ağırlığı})) \times 100$$

#### 3.2.4.5 Hacim analizi

Gluteniz ekmeklerin hacim değerleri lazerli hacim ölçülme cihazı (VolScan Profiler, VSP 600, Stable Microsystems, UK) kullanılarak belirlenmiştir.

#### 3.2.4.6 Spesifik hacim analizi

Ekmek spesifik hacim değerleri ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (Schober et al., 2005).

### **3.2.4.7 Renk analizi**

Glutensiz ekmek örneklerinin ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CM-700D) kullanılarak ölçülmüştür. Bu cihaz, dikey eksenli üç boyutlu bir sistemdeki renk spektrumunu tanımlar. Renk ölçüsüne göre Y eksenindeki L değeri, siyahtan beyaza kadar değişen renk tonunu gösterirken, X eksenindeki  $a^*$  değeri yeşilden kırmızıya, Z eksenindeki  $b^*$  değeri ise maviden sarıya doğru renk boyutunu veya rengini belirtir (Komerovski et al., 2021). L değeri numunenin renginin açıklık veya koyuluğu hakkında bilgi verirken, +a değeri kırmızı, -a değeri yeşil, +b değeri sarı, -b değeri ise mavi renk yoğunluğunu gösterir (Elgün vd., 2002).

### **3.2.4.8 Tekstür profil analizi**

Glutensiz ekmeklerin ekmek içi tekstürel özelliklerini belirlemek için tekstür ölçüm cihazı (TA-XT Plus, Texture Analyser, İngiltere) kullanılarak Tekstür Profil Analizi (TPA) uygulanmıştır (AACC Method 74-09).

### **3.2.4.9 Duyusal analizler**

Glutensiz ekmeklerin duyusal analizinde Barışık ve Tavman (2018)'da belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmış ve ekmek örnekleri kabuk rengi, gözenek yapısı, elastikiyet, sertlik, koku, genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirmiştir. Duyusal analizler için panelistler Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ndeki Lisansüstü Öğrencilerden seçilmiştir. Duyusal analizler Gıda Mühendisliği Bölümü'nde bulunan duyusal analiz laboratuvarında yapılmıştır. Ekmeklerin duyusal özelliklerinin belirlenmesinde panelistler 1-5 puan arasında (1: Çok zayıf, 2: Zayıf, 3: Orta, 4: İyi, 5: Çok iyi) değerlendirme yapmıştır. Duyusal analizlerde kullanılan değerlendirme formu Ek'1'de sunulmuştur.

### 3.2.5 İstatistiksel değerlendirme

Glutensiz ekmek örneklerine ait tüm analiz sonuçları %95 güven aralığında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan (oklu karşılaştırma) testi kullanılarak Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) v.15.0 (2006, SPSS Inc., USA) ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Hammaddelerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Glutensiz ekmek üretimi için kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                   | Nem (%)      | Kül* (%)    | Protein* (%) | Yağ* (%)    | Karbonhidrat* (%) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------------|
| Bamya tohumu                                                                                                                                                                      | 6.59 ± 0.08  | 7.04 ± 0.03 | 32.63 ± 0.34 | 14.82± 0.84 | 45.51± 1.29       |
| Sorgum Unu                                                                                                                                                                        | 9.93 ± 0.06  | 1.84 ± 0.01 | 10.35 ± 0.79 | 3.93 ± 0.28 | 83.88± 1.14       |
| Kasava Unu                                                                                                                                                                        | 9.65 ± 0.18  | 2.26 ± 0.03 | 2.00 ± 0.05  | 0.40 ± 0.17 | 95.34± 0.43       |
| Pirinç Unu                                                                                                                                                                        | 10.73 ± 0.07 | 2.08 ± 0.02 | 7.16 ± 0.16  | 0.40 ± 0.02 | 90.36± 0.27       |
| Mısır Nişastası                                                                                                                                                                   | 10.79 ± 0.06 | 0.17 ± 0.05 | 1.09 ± 0.02  | 0.05 ± 0.03 | 98.69± 0.16       |
| *: Kuru maddede verilmiştir.<br>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=3). |              |             |              |             |                   |

Bu çalışmada; bamya tohumunun protein miktarı %32.63, kül miktarı ise %7.04 bulunmuştur. Hu et al. (2020) tarafından yapılan çalışmada bamya tohumunun protein miktarının %17.55 - 38.00 arasında değiştiği, kül miktarının ise %4.83 - 5.70 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bamya tohumunun nem ve yağ miktarları sırasıyla %6.59 ve %14.82 olarak belirlenmiştir. Abouel-Yazeed et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada Mısır’da yetişen bamya tohumunun tozunun nem miktarı %10.29, yağ miktarı ise %14.91 olarak bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise Nijerya’daki yetiştiren bamya tohumunun nem miktarı %10.38, yağ miktarı ise %31.04 olarak bulunmuştur (Adelakun et al., 2009). Bu sonuçlara göre; bamya tohumun kimyasal özelliklerinin yetiştirildiği iklim koşullarına bağlı olarak değiştiği ifade edilebilir.

Sorgum ununun nem, protein ve karbonhidrat miktarları sırasıyla %9.93, %10.35 ve %73.95 olarak bulunmuştur. Bernardo et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada, sorgum ununun nem, protein ve karbonhidrat miktarları sırasıyla %9.73

- 12.30; %9.14 - 9.93 ve %55.14 - 64.28 arasında değiştiği bulunmuştur. Curti et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada sorgum ununun yağ miktarının %3.08 - 4.57 ve kl miktarının %0.63 - 1.45 arasında değiştiği bulunmuştur.

Kasava ununun protein, yağ ve karbonhidrat değerleri sırasıyla %2.00, %0.40 ve %95.34 bulunmuştur. Ajibola et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada ise kasava ununun protein, yağ ve karbonhidrat içeriği sırasıyla %1.89, %0.54 ve %86.98 olarak bulunmuştur. Bu değerler, bu çalışmada elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Kasava unu yüksek karbonhidrat içeriğinden dolayı önemli bir enerji kaynağıdır. Ayrıca, insanların hücrelerinin ve merkezi sinir sisteminin beslenmesi için gerekli olan karbonhidrat açısından önemli bir kaynaktır (Alvares et al., 2016; Andrade de Oliveira et al., 2021).

Mısır nişastası ve pirinç unun nem içerikleri sırasıyla %10.79 ve %10.73 olarak bulunmuştur. Matia-Merino et al. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, doğal mısır nişastasının nem içeriği %10.72 olarak tespit edilmiştir. Başka bir çalışmada mısır nişastasının nem içeriği %8.07 olarak bulunmuştur (Pico et al., 2019). Clerici et al. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada ise pirinç ununun nem içeriği %12.88 olarak belirlenmiştir.

Mısır nişastasının kül, protein, yağ ve karbonhidrat içeriği sırasıyla %0.17, %1.09, %0.07 ve %98.69 olarak bulunmuştur. Piga et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada mısır nişastası %0 kül, %0.3 protein, %0 yağ ve % 88 karbonhidrat olarak bulunmuştur.

Pirinç ununun kül, protein, yağ ve karbonhidrat içeriği sırasıyla %2.08, %7.16, %0.40 ve %90.36 olarak bulunmuştur. Piga et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada, 100gr pirinç ununda sırasıyla 0.8 gr kül, 7.1 g protein, 1.3 g yağ, 76.5 g karbonhidrat bulunmuştur.

## 4.2 Glutensiz Ekmeklerin Kimyasal Analiz Sonuçları

Mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.2. Mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Nem (%)                   | Kül* (%)                 | Protein* (%)              | Yağ* (%)                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| MP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 45.49 ± 1.19 <sup>a</sup> | 3.44 ± 0.07 <sup>c</sup> | 9.29 ± 0.28 <sup>c</sup>  | 6.14 ± 0.65 <sup>b</sup> |
| MP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 46.06 ± 0.62 <sup>a</sup> | 4.71 ± 0.29 <sup>b</sup> | 12.64 ± 0.61 <sup>b</sup> | 6.83 ± 0.59 <sup>b</sup> |
| MP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 46.56 ± 1.06 <sup>a</sup> | 6.53 ± 0.22 <sup>a</sup> | 15.55 ± 0.17 <sup>a</sup> | 8.60 ± 0.19 <sup>a</sup> |
| MP-K: mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği.<br>*: Kuru maddede verilmiştir.<br>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=8 nem değerleri için; n=3 kül, protein ve yağ değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). |                           |                          |                           |                          |

Glutensiz ekmek örneklerinin nem değerleri %45.49 ile 46.56 arasında bulunmuştur. %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren ekmeklere ait nem içeriği sırasıyla %46.06 ve %46.56’dır. Kontrol ekmeği (bamya tohumu içermeyen mısır-pirinç ekmeği) nem değeri ise %45.49 olarak bulunmuştur. %5 ve %10 bamya tohumu tozu içeren ekmek örneklerinin nem değerlerini kontrol ekmeği ile kıyasladığında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Tufaro et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada; pirinç unu, mısır nişastası, bezelye proteinleri, HPMC (Hidroksipropil metilselüloz), Psyllium lifi ve bütün bamya tozu kullanarak üretilen glutensiz ekmek örneklerinin nem içeriğinin %45.15 - 47.30 arasında değiştiği bulunmuştur. Bu sonuçlar, bu çalışmada elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Mısır-pirinç ekmek örneklerinin kül değerleri %3.44 ile 6.53 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.2). MP-5B ve MP-10B ekmek örnekleri kontrol ekmeği ile kıyasladığında istatistiksel olarak önemli seviyede bir fark olduğu belirlenmiştir (p<0.05). En yüksek kül değerine MP-10B örneğinin sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada ekmekte bamya tohumunun oranı arttıkça ekmekteki kül miktarının da arttığı belirlenmiştir. Omran et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, %100 pirinç unu kullanarak üretilen glutensiz ekmek örneklerin kül değeri %2.27 olarak bulunmuştur.

Mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin protein ve yağ değerleri Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Protein değerleri %9.29 ile 15.55 arasında bulunmuş ve ekmek örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). En yüksek protein değerine sahip ekmek MP-10B örneğidir. Mısır-pirinç glutensiz ekmek örneklerin yağ değerleri %6.14-8.60 arasında bulunmuştur. %5 bamya tohumu içeren ekmeğinin yağ oranı ile kontrol ekmeğinin yağ oranı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Ancak %10 bamya tohumu ilavesi ile ekmeğin yağ oranı kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli seviyede artmıştır ( $p<0.05$ ). Matos et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada; pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastası, soya proteini, yumurta ve yağsız süt tozu kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerinin protein değeri %14.97, yağ değeri ise %0.20 olarak bulunmuştur. Başka bir çalışmada, sadece pirinç unu kullanarak glutensiz ekmek üretilmiş ve ekmeğin protein değeri %7.51, yağ değeri içeriği %0.36 olarak bulunmuştur (Gui et al., 2022).

Çizelge 4.2’de elde edilen sonuçlara göre; ekmek üretiminde kullanılan bamya tohumunun oranı arttıkça glutensiz ekmek örneklerin protein ve kül değerlerinin kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir seviyede arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3’te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Sorgum-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Nem (%)                    | Kül* (%)                  | Protein* (%)              | Yağ* (%)                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| SMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 41.54 ± 1.37 <sup>b</sup>  | 5.42 ± 0.11 <sup>c</sup>  | 10.41 ± 0.09 <sup>c</sup> | 5.78 ± 0.20 <sup>c</sup> |
| SMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 42.57 ± 1.60 <sup>ab</sup> | 7.70 ± 0.12 <sup>b</sup>  | 12.82 ± 0.20 <sup>b</sup> | 7.50 ± 0.57 <sup>b</sup> |
| SMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 43.15 ± 1.26 <sup>a</sup>  | 10.31 ± 0.82 <sup>a</sup> | 16.16 ± 0.04 <sup>a</sup> | 9.69 ± 0.58 <sup>a</sup> |
| <p>SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: %5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: %10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>*: Kuru maddede verilmiştir.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=8 nem değerleri için; n=3 kül, protein ve yağ değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                            |                           |                           |                          |

Sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamya tohumu ilavesi ile elde edilen ekmeğin nem miktarı ile kontrol ekmeğinin nem miktarı arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Ancak, %10 oranında bamya tohumu ilavesi ekmeğinin nem değeri kontrol ekmeğin nem değerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı seviyede arttırmıştır (p<0.05).

Ekmeklerin kül, protein ve yağ miktarı incelendiğinde (Çizelge 4.3); sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilavesi ile ekmeklerin kül, protein ve yağ değerleri kontrol ekmeğinin kül, protein, yağ değerlerine göre istatistiksel olarak önemli seviyede artmıştır (p<0.05).

Dos Reis Gallo et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada; üç farklı sorgum genotipleri kullanılarak üretilen glutensiz sorgum ekmeğinin nem değerlerinin %40.97 ile 48.80, kül değerlerinin %1.35 ile 1.53, protein değerlerinin %5.36 ile 6.13, yağ değerlerinin ise %6.41 ile 8.68 arasında değiştiği bulunmuştur.

De Oliveira et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada, farklı sorgum genotipleri kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin nem değerlerinin %12.01 - 14.45, kül değerlerinin %1.19 - 1.78, protein değerlerinin %9.57 - 11.13, yağ değerlerinin ise % 2.49 - 5.53 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Kasava unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamyaya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmuştur.

Çizelge 4.4. Kasava-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Nem (%)                   | Kül* (%)                 | Protein* (%)              | Yağ* (%)                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| KMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 40.74 ± 1.13 <sup>b</sup> | 5.63 ± 0.09 <sup>b</sup> | 5.71 ± 0.04 <sup>c</sup>  | 5.13 ± 0.03 <sup>c</sup> |
| KMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 41.19 ± 0.66 <sup>b</sup> | 5.86 ± 0.47 <sup>b</sup> | 8.38 ± 0.12 <sup>b</sup>  | 6.62 ± 0.04 <sup>b</sup> |
| KMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 42.58 ± 0.99 <sup>a</sup> | 7.26 ± 0.04 <sup>a</sup> | 10.93 ± 0.02 <sup>a</sup> | 7.90 ± 0.56 <sup>a</sup> |
| <p>KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>*: Kuru maddede verilmiştir.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=8 nem değerleri için; n=3 kül, protein ve yağ değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                           |                          |                           |                          |

Kasava, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamyaya tohumu ilavesi ile üretilen ekmeğin nem değeri ile kontrol ekmeğinin nem değeri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Ancak, bamyaya tohumunun %10 oranında ilavesi ile ekmeğin nem değeri istatistiksel açıdan önemli bir seviyede artmıştır (p<0.05).

Ekmeğin karışımına %5 oranında bamyaya tohumu kullanılarak üretilen ekmeğin kül miktarı ile kontrol ekmeğinin kül miktarı arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır (p>0.05). Ancak %10 oranında bamyaya tohumu ilavesi ekmeğin kül değerini istatistiksel açıdan önemli bir seviyede arttırmıştır (p<0.05).

Ekmeğin protein ve yağ değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.4); kasava, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamyaya tohumu eklenmesinin, ekmeğin protein ve yağ değerlerini kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli seviyede artırdığı belirlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 4.2'de elde edilen sonuçlara göre; ekmeğin üretiminde kullanılan bamyaya tohumunun oranı arttıkça glutensiz ekmeğin örneklerin protein ve yağ

değerlerinin kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir seviyede arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Kasava unu, sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.5'te sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Nem (%)                   | Kül* (%)                  | Protein* (%)              | Yağ* (%)                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| KSMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 43.57 ± 2.19 <sup>a</sup> | 5.91 ± 0.30 <sup>c</sup>  | 11.02 ± 0.14 <sup>c</sup> | 5.75 ± 0.16 <sup>c</sup>  |
| KSMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 43.89 ± 2.04 <sup>a</sup> | 7.69 ± 0.54 <sup>b</sup>  | 16.31 ± 1.95 <sup>b</sup> | 8.27 ± 0.02 <sup>b</sup>  |
| KSMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 44.84 ± 1.64 <sup>a</sup> | 12.36 ± 0.25 <sup>a</sup> | 19.21 ± 0.52 <sup>a</sup> | 10.78 ± 0.19 <sup>a</sup> |
| <p>KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>*: Kuru maddede verilmiştir.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=8 nem değerleri için; n=3 kül, protein ve yağ değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (<math>p&lt;0.05</math>).</p> |                           |                           |                           |                           |

Kasava, sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilavesi ile elde edilen ekmeklerin nem değerleri ile kontrol ekmeğinin nem değeri arasında istatistiksel açıdan önemli seviyede bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ekmek örneklerinde kül, protein ve yağ değerlerinin sırasıyla %5.91-12.36, %11.02-19.21 ve %5.75-10.78 arasında değiştiği belirlenmiştir. Kontrol ekmeğinin kül, protein ve yağ değerleri ile %5 ve %10 oranında bamya tohumu içeren ekmeklerin kül, protein ve yağ değerleri kıyaslandığında bamya tohumunun ilave edilen oranı arttıkça ekmek örneklerinin de kül, protein ve yağ değerlerinin istatistiksel açıdan önemli bir seviyede arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Bu çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin tümüne ait nem, kül, protein ve yağ değerleri Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Ekmeklerin kimyasal analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Nem (%)                    | Kül* (%)                  | Protein* (%)              | Yağ* (%)                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| MP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 45.49 ± 1.19 <sup>ab</sup> | 3.44 ± 0.07 <sup>g</sup>  | 9.29 ± 0.28 <sup>e</sup>  | 6.14 ± 0.65 <sup>ef</sup> |
| MP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 46.06 ± 0.62 <sup>ab</sup> | 4.71 ± 0.29 <sup>f</sup>  | 12.64 ± 0.61 <sup>c</sup> | 6.83 ± 0.59 <sup>e</sup>  |
| MP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 46.56 ± 1.06 <sup>a</sup>  | 6.53 ± 0.22 <sup>d</sup>  | 15.55 ± 0.17 <sup>b</sup> | 8.60 ± 0.19 <sup>c</sup>  |
| SMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 41.54 ± 1.37 <sup>ef</sup> | 5.42 ± 0.11 <sup>e</sup>  | 10.41 ± 0.09 <sup>d</sup> | 5.78 ± 0.20 <sup>fg</sup> |
| SMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 42.57 ± 1.60 <sup>de</sup> | 7.70 ± 0.12 <sup>c</sup>  | 12.82 ± 0.20 <sup>c</sup> | 7.50 ± 0.57 <sup>d</sup>  |
| SMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 43.15 ± 1.26 <sup>d</sup>  | 10.31 ± 0.82 <sup>b</sup> | 16.16 ± 0.04 <sup>b</sup> | 9.69 ± 0.58 <sup>b</sup>  |
| KMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 40.74 ± 1.13 <sup>f</sup>  | 5.63 ± 0.09 <sup>e</sup>  | 5.71 ± 0.04 <sup>f</sup>  | 5.13 ± 0.03 <sup>g</sup>  |
| KMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 41.19 ± 0.66 <sup>ef</sup> | 5.86 ± 0.47 <sup>e</sup>  | 8.38 ± 0.12 <sup>e</sup>  | 6.62 ± 0.04 <sup>e</sup>  |
| KMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 42.58 ± 0.99 <sup>de</sup> | 7.26 ± 0.04 <sup>c</sup>  | 10.93 ± 0.02 <sup>d</sup> | 7.90 ± 0.56 <sup>cd</sup> |
| KSMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 43.57 ± 2.19 <sup>cd</sup> | 5.91 ± 0.30 <sup>e</sup>  | 11.02 ± 0.14 <sup>d</sup> | 5.75 ± 0.16 <sup>fg</sup> |
| KSMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 43.89 ± 2.04 <sup>cd</sup> | 7.69 ± 0.54 <sup>c</sup>  | 16.31 ± 1.95 <sup>b</sup> | 8.27 ± 0.02 <sup>c</sup>  |
| KSMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 44.84 ± 1.64 <sup>bc</sup> | 12.36 ± 0.25 <sup>a</sup> | 19.21 ± 0.52 <sup>a</sup> | 10.78 ± 0.19 <sup>a</sup> |
| MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: % 10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: %5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: % 10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği. |                            |                           |                           |                           |
| *: Kuru maddede verilmiştir.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                           |                           |                           |
| Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=8 nem değerleri için; n=3 kül, protein ve yağ değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                           |                           |                           |

Çizelge 4.6 incelendiğinde; MP-K, MP-5B ve MP-10B ekmeklerinin en yüksek nem miktarına (sırasıyla %45.49, %46.06, %46.56) ( $p<0.05$ ), SMP-K, KMP-K ve KMP-5B ekmeklerinin ise en düşük nem miktarına (sırasıyla %40.74, %41.19 ve %41.54) sahip olduğu görülmektedir.

Crockett et al. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada; %36.75 pirinç unu, %18.5 kasava nişastası, %5 maya ve %1.5 şeker kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiş ve üretilen ekmeklerin nem değerleri nem değerleri % 42.1 ile % 46.7 arasında bulunmuştur. Crockett et al. (2011) tarafından elde edilen bulgular bu çalışmada elde edilen bulgular ile benzerlik göstermektedir.

Glutensiz ekmeklerin kül miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.6); en yüksek kül miktarına sahip olan örneğin KSMP-10B (%12.36), en düşük kül miktarına sahip olan örneğin ise MP-K (%3.44) olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). KMP-K, KMP-5B ve KMP-10B örnekleri hariç tüm ekmek örneklerinin kül miktarı, bamya tozunun artan kullanım oranına bağlı olarak kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). KMP-10B örneğinin kül miktarı KMP-K ve KMP-5B örneklerine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir seviyede yüksek olsa da ( $p<0.05$ ), KMP-K ve KMP-5B örneklerinin kül miktarları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Glutensiz ekmeklerin protein miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.6); en yüksek protein miktarına sahip olan örneğin KSMP-10B (%19.21), en düşük protein miktarına sahip olan örneğin ise KMP-K (%5.71) olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). Tüm ekmek örneklerinin protein miktarı, bamya tozunun artan kullanım oranına bağlı olarak kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Barışık ve Tavman (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; glutensiz ekmek üretiminde esmer pirinç unu, patates nişastası ve %0, %20, %40 ve %60 oranlarında nohut unu kullanılmıştır. Kontrol ekmeğinin (%0 nohut unu içeren ekmeği) protein ve kül miktarları sırasıyla %4.44 ve %1.62 olarak bulmuştur. Nohut unu içeren ekmeklerde ise nohut ununun kullanım oranına bağlı olarak protein ve kül değerleri sırasıyla %7.33-13.37 ve %1.93-2.45 arasında bulunmuştur.

Pasqualone et al. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada; kasava unu, yumurta akı ve sızma zeytinyağı kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiş ve kasava unu kullanılarak üretilen ekmeklerin protein ve nem değerlerinin sırasıyla %1.3 ile 5.4 ve % 35.8 ile 53.3 arasında değiştiği, kontrol ekmeğinin protein ve nem değerlerinin ise sırasıyla %10.2 ve %31.7 olduğu belirlenmiştir.

Glutensiz ekmeklerin yağ miktarları incelendiğinde (Çizelge 4.6); en yüksek yağ miktarına sahip olan örneğin KSMP-10B (%10.78), en düşük yağ miktarına sahip olan örneğin ise KMP-K (%5.13) olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). MP-K, MP-5B ve MP-10B örnekleri hariç tüm ekmek örneklerinin yağ miktarı, bamya tozunun

artan kullanım oranına bağlı olarak kontrol örneklerine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). MP-10B örneğinin yağ miktarı MP-K ve MP-5B örneklerine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir seviyede yüksek olsa da ( $p<0.05$ ), MP-K ve MP-5B rneklerinin yağ miktarları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

#### **4.3 Glutensiz Ekmeklerin Kalite zellikleri**

Mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kalite özelliklerine ait sonuçlar izelge 4.7’de, glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri ise şekil 4.1’de sunulmuştur.



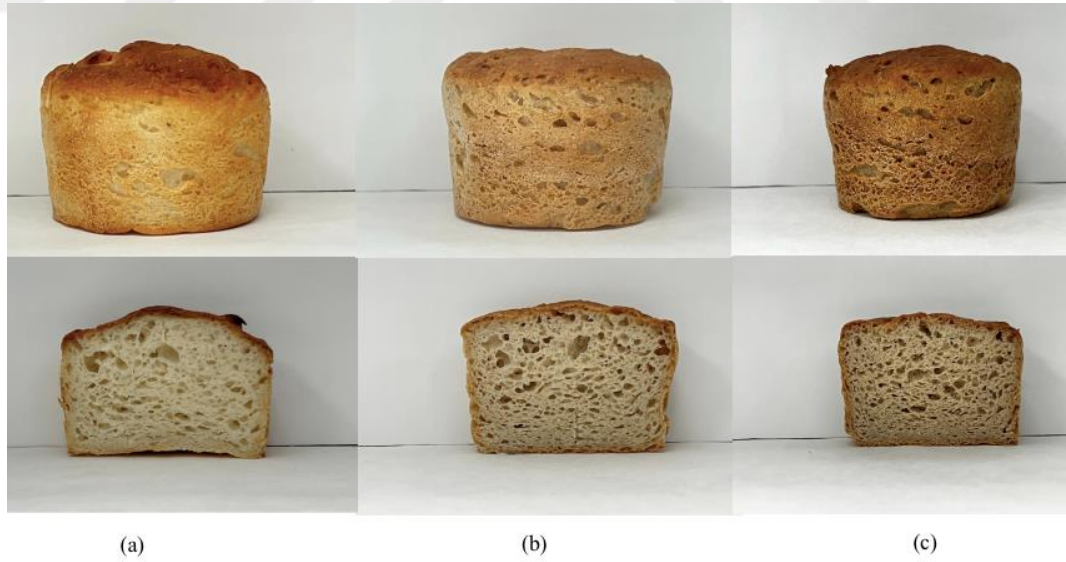
Çizelge 4.7. Mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Hacim (cm <sup>3</sup> )    | Spesifik hacim (cm <sup>3</sup> /g) | Pişme Kaybı (%)           | Nem (%)                   | L*                        | a*                       | b*                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| MP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 255.13 ± 12.19 <sup>b</sup> | 2.02 ± 0.11 <sup>a</sup>            | 15.78 ± 1.41 <sup>a</sup> | 45.49 ± 1.19 <sup>a</sup> | 65.55 ± 5.79 <sup>a</sup> | 0.76 ± 0.41 <sup>c</sup> | 10.29 ± 1.29 <sup>c</sup> |
| MP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 264.91 ± 15.34 <sup>a</sup> | 2.08 ± 0.13 <sup>a</sup>            | 15.31 ± 0.37 <sup>a</sup> | 46.06 ± 0.62 <sup>a</sup> | 62.33 ± 5.03 <sup>a</sup> | 1.96 ± 0.37 <sup>b</sup> | 12.60 ± 0.92 <sup>b</sup> |
| MP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 244.71 ± 4.90 <sup>c</sup>  | 1.92 ± 0.04 <sup>b</sup>            | 15.03 ± 0.35 <sup>a</sup> | 46.56 ± 1.06 <sup>a</sup> | 58.28 ± 1.86 <sup>b</sup> | 2.91 ± 0.44 <sup>a</sup> | 14.52 ± 0.71 <sup>a</sup> |
| MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği;<br>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12 hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, L*, a* ve b* değerleri için; n=8 nem değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p<0.05). |                             |                                     |                           |                           |                           |                          |                           |

Çizelge 4.7 incelendiğinde; MP-K ve MP-5B ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel olarak önemli seviyede bir farkın olmadığı görülmektedir ( $p>0.05$ ). Ancak, bamya tohumunun %10 oranında kullanılması ile birlikte ekmeğin spesifik hacim değeri kontrol ekmeğine ve %5 bamya tohumu içeren ekmeğe kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede azalmıştır ( $p<0.05$ ).

Xu et al. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa bamya unu ilave edilerek ekmek üretilmiş ve kontrol ekmeğinin (bamya içermeyen) spesifik hacim değerinin 4.43 ml/g olduğu belirlenirken, %5 bamya tohumu içeren ekmeğinin spesifik hacim değerinin 2.78 ml/g olduğu tespit edilmiştir. %15 oranında bamya unuyla üretilen ekmeğinin spesifik hacim değerinin ise 1.84 ml/g olduğu belirlenmiştir.

MP-K, MP-5B ve MP-10B glutensiz ekmeklerinin pişme kaybı değerleri %15.03-15.78 arasında, nem miktarları ise %45.49-46.56 arasında değişmektedir. Ancak ekmeklerin pişme kaybı ve nem miktarı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).



Şekil 4.1. Mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren mısır-pirinç ekmeği.

Ekmeklerin ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri incelendiğinde; kontrol ekmeği ile %5 bamya tohumu ilave edilerek üretilen ekmeğin  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak, bamya tohumunun %10 oranında kullanılması ile birlikte ekmeğin  $L^*$  değeri kontrol ekmeğine ve %5 bamya tohumu içeren ekmeğe kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede azalmıştır ( $p<0.05$ ). bamya tohumunun artan kullanım oranına bağlı olarak ekmek içi  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri istatistiksel olarak önemli seviyede artmıştır ( $p<0.05$ ).

Tufaro et al. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada; pirinç unu, mısır nişastası, bezelye proteinleri, HPMC (hidroksipropil metilselüloz), psyllium lifi ve farklı oranlarda bamya tozu içeren glutensiz ekmek üretilmiştir. Kontrol ekmeğinin pişme kaybı, spesifik hacim ve ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri sırasıyla %22.29, 3.99 ml/g, 84.57, -2.90, 9.08 olarak belirlenmişken, bamya tozu ve HPMC ile üretilen ekmeklerin pişme kaybı, spesifik hacim ve ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri sırasıyla %47.40, 3.07 mL/g, 77.59, -2.91, 13.96 olarak bulunmuştur. Psyllium lifi ve bamya tozu ile üretilen ekmeklerin ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri ise sırasıyla 64.97, 2.48, 15.38 olarak tespit edilmiştir. Alamri (2014); Xu et al. (2020) yaptıkları çalışmaların sonucunda; bamya gamı veya bamya tozu kullanılarak üretilen ekmeklerin daha koyu bir renge sahip olduklarını ifade etmişlerdir.

Sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kalite özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 4.8’de, glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri ise Şekil 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.8. Sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Hacim (cm <sup>3</sup> )   | Spesifik hacim (cm <sup>3</sup> /g) | Pişme Kaybı (%)            | Nem (%)                    | L*                        | a*                       | b*                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| SMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 220.75 ± 3.03 <sup>c</sup> | 1.69 ± 0.04 <sup>c</sup>            | 13.72 ± 0.32 <sup>a</sup>  | 41.54 ± 1.37 <sup>b</sup>  | 63.50 ± 1.75 <sup>a</sup> | 2.21 ± 0.42 <sup>c</sup> | 13.23 ± 1.72 <sup>b</sup> |
| SMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 233.52 ± 4.70 <sup>a</sup> | 1.79 ± 0.03 <sup>a</sup>            | 13.12 ± 0.50 <sup>ab</sup> | 42.57 ± 1.60 <sup>ab</sup> | 55.08 ± 6.29 <sup>b</sup> | 3.39 ± 0.64 <sup>b</sup> | 13.91 ± 1.15 <sup>b</sup> |
| SMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 227.45 ± 3.57 <sup>b</sup> | 1.75 ± 0.03 <sup>b</sup>            | 13.03 ± 1.10 <sup>c</sup>  | 43.15 ± 1.26 <sup>a</sup>  | 52.12 ± 2.35 <sup>b</sup> | 4.51 ± 0.61 <sup>a</sup> | 15.41 ± 0.80 <sup>a</sup> |
| <p>SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: % 10 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12 hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, L*, a* ve b* değerleri için; n=8 nem değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                            |                                     |                            |                            |                           |                          |                           |

Çizelge 4.8 incelendiğinde; SMP-K, SMP-5B ve SMP-10B ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel olarak önemli seviyede bir olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Ekmek örnekleri arasında en yüksek hacim ve spesifik hacim değerlerine SMP-5B örneği (sırasıyla  $233.52 \text{ cm}^3$ ,  $1.79 \text{ cm}^3/\text{g}$ ), en düşük hacim ve spesifik hacim değerlerine ise kontrol örneği (sırasıyla  $220.75 \text{ cm}^3$ ,  $1.69 \text{ cm}^3/\text{g}$ ) sahiptir.

Acquistucci and Francisci (2002) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday unu kullanılarak dört farklı formülasyonda ekmek üretilmiştir. İlk formülasyonda yalnızca %2.5 oranında maya kullanılmıştır. İkinci formülasyonda ise %2.5 maya ve banya unu birlikte kullanılmıştır. Üçüncü formülasyonda ise sadece %4 maya kullanılmıştır. Dördüncü formülasyonda ise %4 maya ve banya unu kullanılmıştır. Üretilen ekmeklerin hacim değerlerinin 484-565 ml arasında değiştiği, spesifik hacim değerlerinin ise 2.12-2.59 ml/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

Onyango et al. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada; glutensiz ekmek üretimi için pirinç nişastası, sorgum unu ve kasava unu kullanılmıştır. %40 pirinç ve %60 sorgum unu kullanılarak üretilen ekmeklerin pişme kaybı ve hacim değerleri sırasıyla %9.1 ve  $1770 \text{ cm}^3$  olarak belirlenmiştir. %50 pirinç unu ve %50 sorgum unu kullanılarak üretilen ekmeklerin pişme kaybı ve hacim değerleri ise sırasıyla %10.2 ve  $1885 \text{ cm}^3$  olarak tespit edilmiştir. %40 kasava ve %60 sorgum unu kullanılarak üretilen ekmeklerin pişme kaybı ve hacim değeri sırasıyla %8.9 ve  $1910 \text{ cm}^3$  olarak bulunmuştur. %50 kasava unu ve %50 sorgum unu kullanılarak üretilen ekmeklerin pişme kaybı ve hacim değerleri ise sırasıyla %11.1 ve  $1980 \text{ cm}^3$  olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Sorgum-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği.

SMP-K, SMP-5B ve SMP-10B glutensiz ekmeklerinin pişme kaybı değerleri %13.03-13.72 arasında, nem miktarları ise %41.54-43.15 arasında değişmektedir. SMP-K ve SMP-5B ekmek örneklerinin nem miktarları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak SMP-10B ekmeğinin pişme kaybı değerinin SMP-K ve SMP-5B örneklerine kıyasla daha düşük bir değerde olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Örnekler arasında en düşük nem miktarına sahip olan örneğin kontrol ekmeği, en yüksek nem miktarına sahip olan örneğin ise %10 bamya tohumu içeren ekmek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.8’de sunulan ekmek içi  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  renk değerleri incelendiğinde; %5 ve %10 bamya tohumu ilavesi ile ekmek içi  $L^*$  değerinin kontrol ekmeğine kıyasla önemli seviyede azaldığı görülmektedir ( $p<0.05$ ). Ancak, SMP-5B ve SMP-10B ekmeklerinin ekmek içi  $L^*$  değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Bamya tohumunun artan kullanım oranına bağlı olarak ekmek içi  $a^*$  değeri de artmıştır ( $p<0.05$ ). SMP-K ve SMP-5B ekmek örneklerinin ekmek içi  $b^*$  değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak SMP-10B ekmeğinin ekmek içi  $b^*$  değerinin SMP-K ve SMP-5B örneklerine kıyasla daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Alamri et al. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; bamya özünün farklı konsantrasyonları (%0, %4, %7, %10, %13) ekmek üretimi için kullanılmıştır. Üretilen ekmeklerin ekmek içi L\* değerlerinin 68.3-71.2 arasında değiştiği ve bamya özü konsantrasyonunun artmasıyla birlikte L\* değerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir. Ekmeklerin a\* ve b\* değerleri ise sırasıyla 1.6-2.4 ve 23.4-29.0 aralığında bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise muffin benzeri bir ürün olarak glutensiz tatlı ekmeklerin geliştirilmesi için sorgum unu, pirinç unu ve amaranth ununun kullanım miktarları optimize edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; ürünün L\*, a\* ve b\* renk değerlerinin sırasıyla 49.54, 7.24 ve 28.48 olduğu belirlenmiştir (Nieto-Mazzocco et al., 2020).

Kasava unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kalite özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 4.9'da, glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri ise Şekil 4.3'te sunulmuştur.

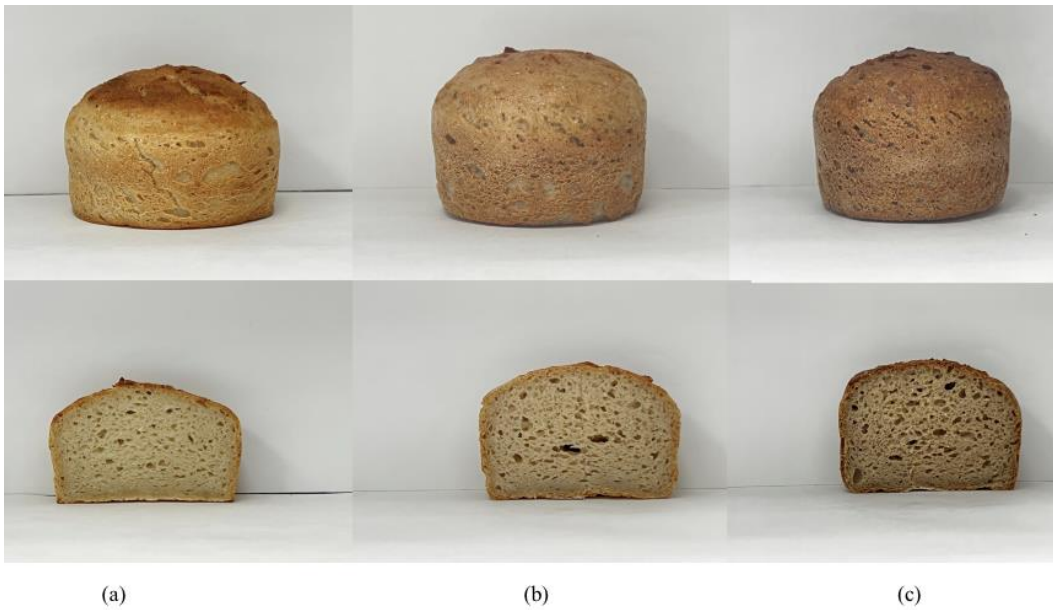
Çizelge 4.9. Kasava-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Hacim (cm <sup>3</sup> )   | Spesifik hacim(cm <sup>3</sup> /g) | Pişme Kaybı (%)            | Nem (%)                   | L*                        | a*                       | b*                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| KMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 206.46 ± 8.23 <sup>a</sup> | 1.58 ± 0.08 <sup>a</sup>           | 13.06 ± 0.76 <sup>a</sup>  | 40.74 ± 1.13 <sup>b</sup> | 64.27 ± 4.74 <sup>a</sup> | 1.16 ± 0.47 <sup>c</sup> | 13.89 ± 1.00 <sup>c</sup> |
| KMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 210.05 ± 4.32 <sup>a</sup> | 1.60 ± 0.06 <sup>a</sup>           | 12.62 ± 1.55 <sup>ab</sup> | 41.19 ± 0.66 <sup>b</sup> | 59.36 ± 2.67 <sup>b</sup> | 2.98 ± 0.54 <sup>b</sup> | 16.05 ± 1.20 <sup>b</sup> |
| KMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 205.69 ± 5.90 <sup>a</sup> | 1.55 ± 0.05 <sup>a</sup>           | 12.02 ± 0.54 <sup>b</sup>  | 42.58 ± 0.99 <sup>a</sup> | 56.49 ± 1.94 <sup>c</sup> | 4.22 ± 0.33 <sup>a</sup> | 17.29 ± 0.72 <sup>a</sup> |
| <p>KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12 hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, L*, a* ve b* değerleri için; n=8 nem değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                            |                                    |                            |                           |                           |                          |                           |

Çizelge 4.9 incelendiğinde; KMP-K, KMP-5B ve KMP-10B glutensiz ekmek örneklerinin hacim ve spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığı görülmektedir ( $p>0.05$ ).

Ekmeklerinin pişme kaybı değerleri %12.02-13.06 arasında, nem miktarları ise %40.74-42.58 arasında değişmektedir. Ekmek örnekleri arasında en yüksek pişme kaybı değerine kontrol ekmeği sahiptir. KMP-5B ve KMP-10B ekmek örneklerinin pişme kaybı değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ekmek örnekleri arasında en yüksek nem miktarı değerine KMP-10B örneği sahiptir ( $p<0.05$ ). Kontrol ekmeği ve KMP-5B ekmeklerinin nem miktarları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tuluk vd. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, buğday ununa %1, 2, 3, 4 ve 5 oranlarında bamya tozu ilave edilerek ekmek üretilmiştir. Bamya tozu içermeyen kontrol ekmeğin hacim, spesifik hacim, pişme kaybı ve nem miktarı değerlerinin sırasıyla 1504.55 cm<sup>3</sup>, 4.36 cm<sup>3</sup>/g, %13.76 ve %39.14 olduğu belirlenmiştir. Bamya tozu içeren ekmeklerin hacim, spesifik hacim, pişme kaybı ve nem değerlerinin ise sırasıyla 940.44-1444.80 cm<sup>3</sup>, 2.69-4.23 cm<sup>3</sup>/g, %11.40-14.86, %37.34-39.25 arasında değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Kasava-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri a) Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.

Kasava unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranlarında bamy tohumu tozu ilavesi ekmek içi  $L^*$  değerini kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak anlamlı seviyede azaltmıştır ( $p<0.05$ ). Bamy tohumu tozunun artan ilave oranlarına bağlı olarak ekmek içi  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri de artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Kasava unu, sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamy tohumu tozu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin kalite özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 4.10'da, glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri ise Şekil 4.4'te sunulmuştur.



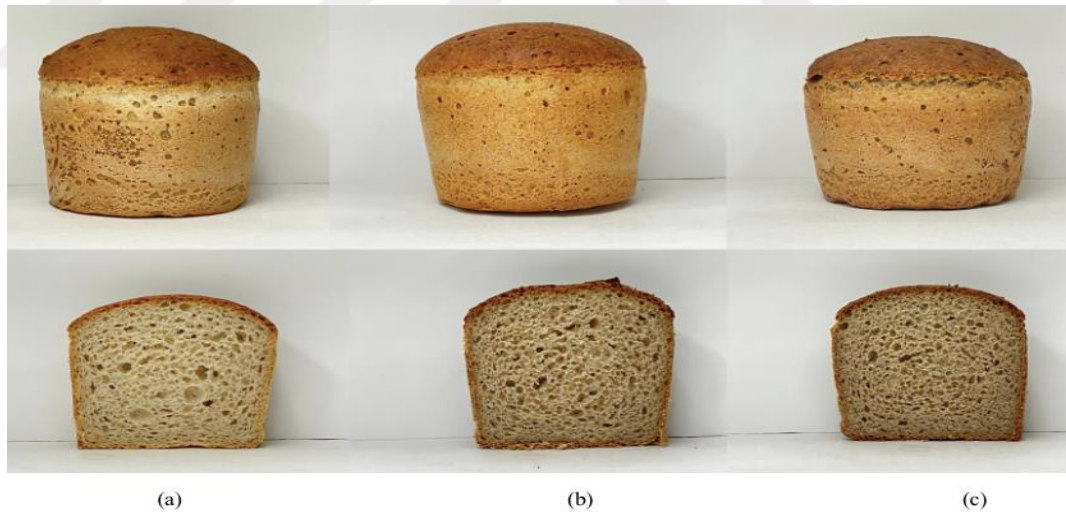
Çizelge 4.10. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin kalite özellikleri.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Hacim (cm <sup>3</sup> )   | Spesifik hacim (cm <sup>3</sup> /g) | Pişme Kaybı (%)            | Nem (%)                   | L*                        | a*                       | b*                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| KSMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 249.86 ± 5.52 <sup>b</sup> | 1.95 ± 0.06 <sup>a</sup>            | 14.53 ± 0.90 <sup>a</sup>  | 43.57 ± 2.19 <sup>a</sup> | 64.09 ± 3.18 <sup>a</sup> | 1.10 ± 0.40 <sup>c</sup> | 11.00 ± 1.01 <sup>c</sup> |
| KSMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 253.72 ± 3.53 <sup>a</sup> | 1.97 ± 0.02 <sup>a</sup>            | 14.20 ± 0.73 <sup>ab</sup> | 43.89 ± 2.04 <sup>a</sup> | 59.17 ± 3.74 <sup>b</sup> | 2.70 ± 0.64 <sup>b</sup> | 13.54 ± 1.00 <sup>b</sup> |
| KSMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 236.89 ± 3.27 <sup>c</sup> | 1.83 ± 0.03 <sup>b</sup>            | 13.63 ± 0.31 <sup>b</sup>  | 44.84 ± 1.64 <sup>a</sup> | 56.23 ± 3.71 <sup>b</sup> | 3.68 ± 0.40 <sup>a</sup> | 15.11 ± 1.07 <sup>a</sup> |
| <p>KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: %5 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12 hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, L*, a* ve b* değerleri için; n=8 nem değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                            |                                     |                            |                           |                           |                          |                           |

Çizelge 4.10 incelediğinde; en yüksek hacim ve spesifik hacim değerine %5 oranında bamya tohumu içeren ekmeğin sahip olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ).

KSMP-K ve KSMP-5B ekmeğin örneklerinin spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). %13.63-14.53 arasında değişen pişme kaybı değerleri incelendiğinde; en yüksek pişme kaybı değerine kontrol ekmeğinin en düşük pişme kaybı değerine ise %10 oranında bamya tohumu içeren ekmeğin sahip olduğu görülmektedir. Ekmeklerin %43.57-44.84 arasında değişen nem miktarları değerlendirildiğinde ise ekmeğin örnekleri arasında nem miktarı açısından istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).

Xu et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada; buğday ununa %15 oranında bamya tohumu ilave edilerek ekmeğin üretimi yapılmıştır. Bamya tohumu içeren ekmeğin bamya tozu içermeyen kontrol ekmeğine göre daha düşük bir spesifik hacme sahip olduğu belirtilmiştir.



Şekil 4.4. Kasava-sorgum-mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin dış görünüşleri ve kesit görünüşleri  
a) Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği, b) %5 bamya tozu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği, c) %10 bamya tozu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.

Çizelge 4.10’da sunulan ekmek içi L\*, a\*, b\* renk değerleri incelendiğinde; %5 ve %10 bamya tohumu ilavesi ile ekmek içi L\* değerinin kontrol ekmeğine kıyasla önemli seviyede azaldığı görülmektedir ( $p<0.05$ ). Ancak, KSMP-5B ve KSMP-510B ekmeklerinin ekmek içi L\* değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Bamya tohumunun artan kullanım oranına bağlı olarak ekmek içi a\* ve b\* değerleri de artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Bu çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, nem miktarı ve ekmek içi L\*, a\*, b\* renk değerleri Çizelge 4.11’de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. Ekmeklerin kalite özellikleri.

|          | Hacim (cm <sup>3</sup> )    | Spesifik hacim (cm <sup>3</sup> /g) | Pişme Kaybı (%)            | Nem (%)                    | Su Aktivitesi (a <sub>w</sub> ) | L*                         | a*                       | b*                         |
|----------|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| MP-K     | 255.13 ± 12.19 <sup>b</sup> | 2.02 ± 0.11 <sup>b</sup>            | 15.78 ± 1.41 <sup>a</sup>  | 45.49 ± 1.19 <sup>ab</sup> | 0.952 ± 0.003 <sup>a</sup>      | 65.55 ± 5.79 <sup>a</sup>  | 0.76 ± 0.41 <sup>c</sup> | 10.29 ± 1.29 <sup>g</sup>  |
| MP-5B    | 264.91 ± 15.34 <sup>a</sup> | 2.08 ± 0.13 <sup>a</sup>            | 15.31 ± 0.37 <sup>ab</sup> | 46.06 ± 0.62 <sup>ab</sup> | 0.929 ± 0.005 <sup>cd</sup>     | 62.33 ± 5.03 <sup>ab</sup> | 1.96 ± 0.37 <sup>d</sup> | 12.60 ± 0.92 <sup>f</sup>  |
| MP-10B   | 244.71 ± 4.90 <sup>c</sup>  | 1.92 ± 0.04 <sup>c</sup>            | 15.03 ± 0.35 <sup>bc</sup> | 46.56 ± 1.06 <sup>a</sup>  | 0.918 ± 0.008 <sup>e</sup>      | 58.28 ± 1.86 <sup>cd</sup> | 2.91 ± 0.44 <sup>c</sup> | 14.52 ± 0.71 <sup>cd</sup> |
| SMP-K    | 220.75 ± 3.03 <sup>f</sup>  | 1.69 ± 0.04 <sup>f</sup>            | 13.72 ± 0.32 <sup>ef</sup> | 41.54 ± 1.37 <sup>ef</sup> | 0.946 ± 0.004 <sup>ab</sup>     | 63.50 ± 1.75 <sup>a</sup>  | 2.21 ± 0.42 <sup>d</sup> | 13.23 ± 1.72 <sup>ef</sup> |
| SMP-5B   | 233.52 ± 4.70 <sup>d</sup>  | 1.79 ± 0.03 <sup>de</sup>           | 13.12 ± 0.50 <sup>fg</sup> | 42.57 ± 1.60 <sup>de</sup> | 0.941 ± 0.004 <sup>b</sup>      | 55.08 ± 6.29 <sup>de</sup> | 3.39 ± 0.64 <sup>b</sup> | 13.91 ± 1.15 <sup>de</sup> |
| SMP-10B  | 227.45 ± 3.57 <sup>e</sup>  | 1.75 ± 0.03 <sup>e</sup>            | 13.03 ± 1.10 <sup>fg</sup> | 43.15 ± 1.26 <sup>d</sup>  | 0.930 ± 0.003 <sup>c</sup>      | 52.12 ± 2.35 <sup>e</sup>  | 4.51 ± 0.61 <sup>a</sup> | 15.41 ± 0.80 <sup>bc</sup> |
| KMP-K    | 206.46 ± 8.23 <sup>g</sup>  | 1.58 ± 0.08 <sup>g</sup>            | 13.06 ± 0.76 <sup>fg</sup> | 40.74 ± 1.13 <sup>f</sup>  | 0.911 ± 0.007 <sup>e</sup>      | 64.27 ± 4.74 <sup>a</sup>  | 1.16 ± 0.47 <sup>e</sup> | 13.89 ± 1.00 <sup>de</sup> |
| KMP-5B   | 210.05 ± 4.32 <sup>g</sup>  | 1.60 ± 0.06 <sup>g</sup>            | 12.62 ± 1.55 <sup>gh</sup> | 41.19 ± 0.66 <sup>ef</sup> | 0.951 ± 0.006 <sup>ab</sup>     | 59.36 ± 2.67 <sup>bc</sup> | 2.98 ± 0.54 <sup>c</sup> | 16.05 ± 1.20 <sup>b</sup>  |
| KMP-10B  | 205.69 ± 5.90 <sup>g</sup>  | 1.55 ± 0.05 <sup>g</sup>            | 12.02 ± 0.54 <sup>h</sup>  | 42.58 ± 0.99 <sup>de</sup> | 0.945 ± 0.002 <sup>ab</sup>     | 56.49 ± 1.94 <sup>cd</sup> | 4.22 ± 0.33 <sup>a</sup> | 17.29 ± 0.72 <sup>a</sup>  |
| KSMP-K   | 249.86 ± 5.52 <sup>bc</sup> | 1.95 ± 0.06 <sup>c</sup>            | 14.53 ± 0.90 <sup>cd</sup> | 43.57 ± 2.19 <sup>cd</sup> | 0.920 ± 0.008 <sup>de</sup>     | 64.09 ± 3.18 <sup>a</sup>  | 1.10 ± 0.40 <sup>e</sup> | 11.00 ± 1.01 <sup>g</sup>  |
| KSMP-5B  | 253.72 ± 3.53 <sup>b</sup>  | 1.97 ± 0.02 <sup>bc</sup>           | 14.20 ± 0.73 <sup>de</sup> | 43.89 ± 2.04 <sup>cd</sup> | 0.918 ± 0.008 <sup>e</sup>      | 59.17 ± 3.74 <sup>bc</sup> | 2.70 ± 0.64 <sup>c</sup> | 13.54 ± 1.00 <sup>e</sup>  |
| KSMP-10B | 236.89 ± 3.27 <sup>d</sup>  | 1.83 ± 0.03 <sup>d</sup>            | 13.63 ± 0.31 <sup>ef</sup> | 44.84 ± 1.64 <sup>bc</sup> | 0.915 ± 0.005 <sup>e</sup>      | 56.23 ± 3.71 <sup>cd</sup> | 3.68 ± 0.40 <sup>b</sup> | 15.11 ± 1.07 <sup>c</sup>  |

MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: %5 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: %10 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.

Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12 hacim, spesifik hacim, pişme kaybı, L\*, a\* ve b\* değerleri için; n=8 nem değerleri için). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).

Glutensiz ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerleri incelendiğinde, mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeğin hacim ve spesifik hacim değerleri sırasıyla 264.91 cm<sup>3</sup> ve 2.08 cm<sup>3</sup>/g olarak bulunmuştur. Bu bulgu Çizelge 4.11'deki ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerleri arasında, istatistiksel olarak en yüksek değerlere sahip oldukları gözlemlenmiştir (p<0.05).

Bir çalışmada, glutensiz ekmek üretmek için farklı parçacık boyutlara sahip pirinç unu kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2.19 ile 3.74 ml/g arasında bulunmuştur (Qin et al., 2021).

KMP-K, KMP-5B, KMP-10B ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerleri sırasıyla 206.46 cm<sup>3</sup>, 210.05 cm<sup>3</sup>, 205.69 cm<sup>3</sup> ve 1.58 cm<sup>3</sup>/g, 1.60 cm<sup>3</sup>/g, 1.55 cm<sup>3</sup>/g olarak belirtilmiştir; bu bulgular Çizelge 4.11'deki ekmek örneklerin hacim ve spesifik hacim değerlerine kıyasladığında en düşük hacim ve spesifik hacim değerlere sahip oldukları vurgulanmıştır (p<0.05).

Sigüenza-Andrés et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada, glutensiz ekmek üretiminde, %10 veya %20 oranında kasava unu ve geri kalan yüzdesi ise mısır nişastası ve pirinç unu kullanılmıştır. Ekmek üretiminde, %10 kasava unu kullanıldığında spesifik hacim değeri 5.39 cm<sup>3</sup>/g olarak ve pişme kaybı ise %25.73 olarak bulunmuştur. %20 kasava unu kullanımında ise spesifik hacim değeri 2.08 cm<sup>3</sup>/g olarak belirlenmiş ve pişme kaybı %22.57 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular çalışmaya göre benzerlik göstermiştir.

Ekmeklerin pişme kaybı değerleri bakıldığında, MP-K ekmeğin pişme kaybı değeri %15.78 olarak bulunmuştur. %5 bamya tohumu eklenmesiyle üretilen ekmeğin pişme kaybı değeri %15.31 olarak bulunmuştur. Bu bulgulara göre, MP-K pişme kaybı değeri MP-5B değerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Ancak %10 bamya tohumu içeren ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir azalma meydana gelmiştir (p<0.05). Ayrıca, MP-K ve MP-5B ekmeklerin pişme kaybı değerleri, MP-10B, SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-K, KMP-5B, KMP-10B, KSMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B

ekmeklerinin pişme kaybı değerleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak en yüksek pişme kaybı değere sahip oldukları gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Qin et al. (2021) yapmış olduğu çalışmada, glutensiz ekmek üretmek için farklı parçacık boyutlara sahip pirinç unu kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin pişme kaybı değerleri %5.38-6.55 arasında bulunmuştur.

KMP-5B ve KMP-10B ekmeklerin pişme kaybı değerleri, çizelge 4.11'deki diğer ekmeklerin pişme kaybı değerlerine kıyaslandığında istatistiksel olarak en düşük pişme kaybı değerlere sahip oldukları belirtilmiştir ( $p<0.05$ ).

Pasqualone et al. (2010), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, kasava ununa sadece yumurta akısı ve/veya sızma zeytinyağı ile katkı, herhangi bir hidrokolloid veya endüstriyel geliştirici yardımı olmadan ve soya unu ile zenginleştirme yapılmadan glutensiz ekmek yapımında kullanılmasının etkinliğini değerlendirmiştir. Bu çalışmada, kontrol ekmeği olarak buğday unuyla yapılan ekmeği varsayılmıştır. Kasava unu kullanılarak üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2.24 ile 3.95 ml/g arasında bulunmuşken, kontrol ekmeğin spesifik hacim değeri 4.04 ml/g olarak belirtilmiştir.

SMP-kontrol ekmeği ile %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren ekmeklerin; KMP-kontrol ekmeği ile %5 oranında bamya tohumu içeren ekmeklerin; kasava, sorgum, mısır ve pirinç kontrol ekmeği ve bunların karışımına %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren ekmeklerin; pişme kaybı değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Bir çalışmada, farklı sorgum genotipleri ve mısır nişastası kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri 1.77 - 1.84 ml/g arasında, pişme kaybı değerleri ise 13.4 - 14.7 g arasında bulunmuştur (Schober et al., 2005). Bu çalışma, bulgulara göre yakın değerlere sahiptir.

Kasava, sorgum, mısır ve pirinç kontrol ekmeğin pişme kaybı değeri, mısır nişastası ve pirinç ununa %10 oranında bamya tohumu içeren ekmeğin pişme kaybı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.11’de ekmeklerin nem değerlerine bakıldığında; MP-K, MP-5B, MP-10B ekmeklerin nem değerleri sırasıyla %45.49, %46.06, %46.56 olarak belirtilmiştir. Bu değerler bulgulardaki diğer ekmeklerin nem değerlerine göre istatistiksel açıdan en yüksek nem değerlere sahip oldukları bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

KMP-K ekmeğin nem değeri %40.74 olarak belirtilmiştir. Bu bulgu Çizelge 4.11’deki ekmeklerin nem değeri arasında istatistiksel olarak en düşük nem değere sahip ekmek olduğu belirtilmiştir( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.11’de ekmeklerin su aktivitesi değerleri incelendiğinde; MP-5B, MP-10B, KMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerin su aktivite değerleri diğer ekmeklerin  $a_w$  değerlerine kıyasla istatistiksel olarak en düşük su aktivitelere sahip ekmekler oldukları sergilenmiştir ( $p<0.05$ ). Ancak MP-5B ekmeğin su aktivite değeri MP-10B ekmeğin  $a_w$  değerine kıyasla istatistiksel anlamda artış gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Gıdaların birçok önemli özelliği, özellikle mikrobiyal gelişmeye olan hassasiyetleri, gıdanın içerdiği su ile yakından ilişkilidir. Ancak, bir gıdanın su içeriği, kararlılık üzerindeki tek belirleyici faktör değildir (Coulter, 1996). Mikroorganizmaların gelişme ve hayatta kalma yetenekleri, gıdanın mutlak nem içeriği yerine kullanılabilir veya aktif su içeriğine bağlıdır. Tüm mikroorganizmalar, 1.0 ile 0.98 su aktivitesi ( $a_w$ ) değerleri arasında, çoğalma yeteneklerinde herhangi bir azalma olmaksızın büyüyebilirler. 0.90  $a_w$  değerinde, mikroorganizmaların çoğu büyümesini engellenir. Mikroorganizmaların büyüme hızı, su aktivitesi 0.90  $a_w$ 'dan 0.60  $a_w$ 'a düştükçe yavaşlar; 0.60'ın altındaki  $a_w$  değerlerinde ise hiçbir büyüme gerçekleşmez (Seki ve Karagözlü 2004).

Glutensiz ekmeklerin su aktivitesi değerleri, Çizelge 4.11'de sunulmuştur. Bu çizelgeye göz atıldığında, deneme ekmeklerinin su aktivitesi değerlerinin mikroorganizma gelişimi için oldukça uygun bir aralıkta (0.9'un üzerinde) olduğu görülmektedir. Bu durum, ekmeklerin uygun sıcaklıklarda saklanması durumunda bakteri gelişiminin kolayca başlayabileceğini ve ekmeklerin bozulabileceğini göstermektedir. Kirschner and von Holy (1989) çalışmalarında, ekmek içinde yüksek nem seviyelerinin sünme gelişimini teşvik ettiğini ve su aktivitesinin bakteri

çoğalmasını, metabolik aktiviteyi ve yüksek sıcaklığa dayanıklılığı etkilediğini belirtmişlerdir.

MP-K, SMP-K, SMP-5B, KMP-5B ve KMP-10B ekmeklerin su aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklı yokken, MP-K ekmeğın su aktivite değeri SMP-5B ekmeğın su aktivite değeriine kıyasla istatistiksel olarak artış gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ancak sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 bamya tohumu ilaveli ekmeğın su aktivite değeri MP-kontrol ekmeğın  $a_w$  değeriine kıyasla istatistiksel anlamda önemli seviyede azalmıştır( $p<0.05$ ).

Tufaro et al. (2022) tarafından yapılan çalışmada, kontrol ekmeğı (bamya tozu içermeyen) 24 saat depolama süresinden sonra  $a_w$  değeri 0,975iken HPMC ve bütün bamya tozu içeren ekmeğın  $a_w$  değeri 0,968 olarak belirtilmiştir. Ancak psyllium ve bütün bamya tozu içeren ekmeğın 24 saat sonraki  $a_w$  değeri ise 0.961 olarak bulunmuştur.

Schober et al. (2005) tarafından yapılan çalışmada, dokuz hibrit sorgum çeşidi ve ticari sorgum una %90-125 su ilave edilmiş, üretilen glutensiz ekmeklerin su aktivite değerleri 0.986 0.988 arasında bulunmuş ve su aktivite değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığını vurgulamıştır.

Çizelge 4.11'deki ekmeklerin renk değerlerini bakıldığında; MP-K, MP-5B, KMP-K, SMP-K, KSMP-K ekmeklerin iç  $L^*$  değerleri sırasıyla 65.55, 62.33, 64.27, 64.09 olarak belirtilmiştir. Bu değerler bulgulardaki ekmeklerin  $L^*$  değerleri ile kıyasladığında istatistiksel olarak en yüksek  $L^*$  değerlere sahip ekmekler olduğu belirtilmiştir( $p<0.05$ ).

Qin et al. (2021) bir çalışmada glutensiz ekmek üretmek için farklı parçacık boyutlara sahip pirinç unu kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin iç renk değerleri  $L^*$  88.04 - 95.16,  $a^*$ -1.46 ile -0.55 ve  $b^*$  değeri ise 25.89 - 19.33 arasında bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise, pirinç unu, mısır nişastası ve ksantan gam kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin renk değerleri

L\* değeri 75.46, a\* değeri 0.34 ve b\* değeri ise 14.49 olarak bulunmuştur (Lazaridou et al., 2005).

SMP-10B ve KMP-10B ekmeklerin a\* değerleri sırasıyla 4.51 ve 4.22 olarak belirtilmiştir. SMP-10B ve KMP-10B ekmeklerin a\* değerleri bulgulara göre istatistiksel açıdan en yüksek değerlere sahip oldukları bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

MP-K ve KSMP-K ekmeklerin a\* ve b\* değerleri sırasıyla 0.76, 1.10, 10.29 ve 11.00 olarak belirtilmiştir. Bu ekmeklerin a\* ve b\* değerleri bulgulara kıyaslandığında istatistiksel olarak en düşük değerlere sahip oldukları gösterilmiştir ( $p<0.05$ ).

SMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerinin a\* değerleri sırasıyla 3.68 ve 3.39 olarak belirlenmiştir. MP-K, KMP-5B ve KSMP-5B ekmeklerinin a\* değerleri ise sırasıyla 1.96, 2.98 ve 2.70 olarak bulunmuştur. SMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerinin a\* değerleri, MP-K, KMP-5B ve KSMP-5B ekmeklerinin a\* değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Schober et al. (2005) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı sorgum genotipleri kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin iç renk değerleri L\* 54.8 ile 62.9 arasında, a\* değerleri -5.7 ile 0.3 arasında ve b\* değerleri ise 15.2 ile 19.3 arasında ölçülmüştür.

Kasava, mısır, pirinç karışımına %10 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeği b\* değeri 17.29 olarak bulunmuştur. KMP-10B ekmeğin b\* değeri bulgulara göre istatistiksel olarak en yüksek değere sahip olduğu belirtilmiştir( $p<0.05$ ).

#### **4.4 Glutensiz Ekmeklerin İçi Tekstür Analiz Sonuçları**

Çizelge 4.12’de mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin tekstür profil analizi sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.12. Mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sertlik (N)              | Esneklik                 | Yapışkanlık              | Sakızimsılık                | Çiğnenebilirlik            | Elastikiyet              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| MP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3.53 ± 0.31 <sup>c</sup> | 0.33 ± 0.05 <sup>a</sup> | 0.38 ± 0.02 <sup>a</sup> | 136.64 ± 11.44 <sup>c</sup> | 44.75 ± 8.17 <sup>c</sup>  | 0.17 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| MP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.47 ± 0.58 <sup>b</sup> | 0.32 ± 0.03 <sup>a</sup> | 0.37 ± 0.03 <sup>a</sup> | 168.37 ± 23.44 <sup>b</sup> | 54.13 ± 10.22 <sup>b</sup> | 0.16 ± 0.02 <sup>b</sup> |
| MP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 5.37 ± 0.57 <sup>a</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>a</sup> | 0.37 ± 0.02 <sup>a</sup> | 201.82 ± 20.23 <sup>a</sup> | 67.19 ± 9.00 <sup>a</sup>  | 0.14 ± 0.01 <sup>c</sup> |
| <p>MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=24). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                          |                          |                          |                             |                            |                          |

Mısır nişastası, pirinç unu ve %5 ve %10 oranlarında bamyaya tohumu ilavesi, ekmeklerin sertlik değerlerini kontrol ekmeklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artırmıştır ( $p<0.05$ ). Bununla birlikte, %10 bamyaya tohumu ilavesi en yüksek sertlik değerine sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Esneklik ve yapışkanlık değerlerinde ise %5 ve %10 bamyaya bamyaya tohumu ilavesiyle kontrol ekmeklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Sakızimsılık ve çiğnenebilirlik açısından ekmek karışımına %5 ve %10 bamyaya bamyaya tohumu lavesi, kontrol ekmeklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Mısır-pirinç glutensiz ekmeklerin elastikiyet değerleri bakıldığında %5 ve %10 bamyaya bamyaya tohumu ilavesiyle birlikte istatistiksel olarak anlamlı seviyede azalmıştır ( $p<0.05$ ).

Xu et al. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, ekmek üretmek için buğday ununa bamyaya unu ve bamyaya bamyaya tohumu eklenmiştir. Kontrol ekmeğinin sertliği 3.801 N, esnekliği 0.75, yapışkanlığı 0.75 ve elastikiyeti 0.39 olarak bulunmuştur. Buğday ekmeğine, %5 bamyaya bamyaya tohumu eklendiğinde sertlik değeri 10.024 N, esnekliği 0.86 yapışkanlığı 0.67 ve elastikiyeti 0.37 olarak bulunmuştur. Bu çalışma bulgulara göre benzerlik göstermiştir.

Elzoghby et al. (2023) tarafından yapılan çalışmada, 100 gram pirinç ununa 3 gram bamyaya zakkı eklenerek üretilen glutensiz ekmeklerin kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ekmeklerin sertlik değeri 3.75 N, elastikiyet değeri 0.86 esneklik değeri 3.52 çiğnenebilirlik değeri 13.09 MJ ve yapışkanlık değeri 0.97 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, sakızimsı değeri 3.75 N olarak tespit edilmiştir. %15 ince bamyaya unuyla üretilen buğday ekmeğinin ise sertliği 8.928 N, esnekliği 0.45, yapışkanlığı 0.81 ve elastikiyeti 0.38 olarak belirlenmiştir.

Cornejo et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, altı farklı uzun pirinç unu kullanılarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen glutensiz ekmek örneklerinin dokusal özellikleri (sertlik, elastikiyet, esneklik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık) ve teknolojik özellikleri (spesifik hacim, renk) özellikleri incelemiştir. Bulgulara göre, ekmek örneklerin sertlik, elastikiyet, esneklik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerleri sırasıyla 3.54-10.84 N, 0.20-0.35, 0.68-0.80, 8.97-20.26 ve

0.44-0.67 arasında belirlenmiş, spesifik hacim,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla 1.80 - 2.41 ml/g, 72.00 - 74.67, 2.67 - 3.77, 18.00 - 21.00 arasında bulunmuştur.

Çizelge 4.13'te sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin tekstür profil analizi sonuçları sunulmuştur.



Çizelge 4.13. Sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sertlik (N)                | Esneklik                 | Yapışkanlık              | Sakızımsılık                 | Çiğnenebilirlik             | Elastikiyet              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| SMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 11.34 ± 1.28 <sup>b</sup>  | 0.32 ± 0.01 <sup>a</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>a</sup> | 384.71 ± 40.04 <sup>b</sup>  | 124.05 ± 14.42 <sup>b</sup> | 0.13 ± 0.01 <sup>b</sup> |
| SMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 11.67 ± 1.54 <sup>ab</sup> | 0.32 ± 0.01 <sup>a</sup> | 0.33 ± 0.01 <sup>a</sup> | 400.82 ± 40.97 <sup>ab</sup> | 128.08 ± 16.36 <sup>b</sup> | 0.14 ± 0.01 <sup>a</sup> |
| SMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 12.37 ± 0.71 <sup>a</sup>  | 0.33 ± 0.02 <sup>a</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>a</sup> | 419.84 ± 30.66 <sup>a</sup>  | 137.09 ± 11.67 <sup>a</sup> | 0.13 ± 0.01 <sup>b</sup> |
| <p>SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: %5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: %10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=24). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                            |                          |                          |                              |                             |                          |

Ekmek iç sertlik değerleri incelendiğinde; sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %10 oranında bamya tohumu ilavesinin ekmek içi sertlik değerini kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli seviyede arttırdığı ( $p<0.05$ ) ve ekmek içi yapısını sertleştirdiği tespit edilmiştir. Ancak %5 oranında bamya tohumu ilavesinin ekmek içi sertlik değerini kontrol ekmeğine nazaran istatistiksel açıdan önemli seviyede fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Glutensiz ekmeklerin esneklik ve yapışkanlık özellikleri bakıldığında, ekmek karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilavesinin ekmek iç esneklik ve yapışkanlık değerlerini kontrol ekmeğine nazaran istatistiksel olarak önemli seviyede fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin sakızimsılık özelliği bakıldığında, bulunan değerler kontrol ekmeğine göre istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmiş ( $p<0.05$ ) ve en yüksek sakızimsılık değerine sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Ancak ekmek karışımına %5 oranında bamya tohumu ilave edilmesiyle birlikte kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p>0.05$ ).

Ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerine bakıldığında, ekmek karışımına %5 oranında bamya tohumu ilave edilmesiyle kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ( $p<0.05$ ). Ancak, sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin çiğnenebilirlik değeri, kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

Sorgum, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamya tohumu eklenerek üretilen glutensiz ekmeğin elastikiyet değerleri, kontrol ekmeğin elastikiyet değerlerine kıyasla anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ). Bununla birlikte, %10 bamya tohumu eklenmesi durumunda, ekmeğin elastikiyet değeri kontrol ekmeğiyle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.14'te kasava unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin tekstür profil analizi sonuçları sunulmuştur.



Çizelge 4.14. Kasava-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sertlik (N)       | Esneklik          | Yapışkanlık          | Sakızımsılık         | Çiğnenebilirlik      | Elastikiyet       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| KMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $6.79 \pm 1.29^b$ | $0.32 \pm 0.01^a$ | $0.38 \pm 0.01^a$    | $261.60 \pm 49.59^d$ | $83.97 \pm 17.67^b$  | $0.15 \pm 0.01^a$ |
| KMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | $6.81 \pm 0.59^b$ | $0.35 \pm 0.13^a$ | $0.37 \pm 0.02^{ab}$ | $265.53 \pm 76.60^d$ | $83.06 \pm 9.76^b$   | $0.15 \pm 0.01^b$ |
| KMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $8.94 \pm 0.94^a$ | $0.33 \pm 0.01^a$ | $0.36 \pm 0.01^{bc}$ | $326.52 \pm 30.87^c$ | $106.87 \pm 11.18^a$ | $0.14 \pm 0.01^c$ |
| <p>KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve <math>\pm</math> standart sapma değerlerini göstermektedir (n=24). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                   |                   |                      |                      |                      |                   |

Kasava, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamya tohumu eklenmesi durumunda, sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri kontrol ekmeğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak, %10 bamya tohumu eklenmesi, ekmeğin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde kontrol ekmeğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur ( $p<0.05$ ).

Ekmek karışımına %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu eklenmesi, ekmek esnekliği değerlerini kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmemiştir ( $p>0.05$ ).

Kasava, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına % 5 oranında bamya tohumu ilavesi, yapışkanlık değeri KMP-K ve KMP-10B ekmeklerine karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak %10 bamya tohumu eklenmesi ile birlikte ekmeğin yapışkanlık değerini kontrol ekmeğin yapışkanlık değerine nazaran istatistiksel anlamda önemli seviyede artış meydana gelmiştir ( $p<0.05$ ).

Monthe et al. (2019) tarafından yapılan çalışmada, kasava unu %18.5 oranı ve %36.75 pirinç unu kullanarak üretilen glutensiz ekmeğin kırıntı sertlik değeri 8.4 N olarak bildirilmiştir. Bu çalışma, bulgulara göre KMP-10B sertlik değerine benzerlik göstermiştir.

Ekmek örneklerinin sakızımsılık özellikleri incelendiğinde; kasava, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamya tohumu eklenmesi, KMP-K ekmeğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak ekmek karışımına %10 bamya tohumu eklenmesi, sakızımsılık değerinde kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak önemli bir artışa neden olmuştur ( $p<0.05$ ).

Ekmek numunelerinin elastikiyet özellikleri incelendiğinde; ekmek karışımına %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu eklenmesi, ekmelerin elastiklik değerini kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalttığı görülmüştür ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.15’de kasava unu, sorgum unu, pirinç unu ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin tekstür profil analizi sonuçları sunulmuştur.



Çizelge 4.15. Kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeğinin ekmek içi tekstür analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sertlik (N)       | Esneklik          | Yapışkanlık          | Sakızımsılık         | Çiğnenebilirlik     | Elastikiyet          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|
| KSMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | $3.39 \pm 0.39^c$ | $0.31 \pm 0.02^a$ | $0.37 \pm 0.03^{ab}$ | $115.77 \pm 8.72^c$  | $36.07 \pm 5.06^b$  | $0.14 \pm 0.01^{ab}$ |
| KSMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | $4.47 \pm 0.50^b$ | $0.34 \pm 0.13^a$ | $0.38 \pm 0.08^a$    | $173.79 \pm 58.01^b$ | $66.07 \pm 75.59^a$ | $0.15 \pm 0.06^a$    |
| KSMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | $6.36 \pm 0.56^a$ | $0.32 \pm 0.02^a$ | $0.35 \pm 0.03^b$    | $224.44 \pm 27.28^a$ | $72.53 \pm 8.71^a$  | $0.13 \pm 0.01^b$    |
| <p>KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve <math>\pm</math> standart sapma değerlerini göstermektedir (n=24). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                   |                   |                      |                      |                     |                      |

Kasava, sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilave edilerek üretilen glutensiz ekmeklerin sertlik ve sakızimsılık değerlerini incelendiğinde, kontrol ekmeğin sertlik ve sakızimsılık değerlerine kıyasladığında istatistiksel olarak önemli seviyede artış gösterilmiştir ( $p<0.05$ ). bamya tohumu oranı artıkça sakızimsılık ve sertlik değerinin de arttığı tespit edilmiştir.

Ekmek karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu eklenmesi durumunda, esneklik, yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini KSMP-kontrol ekmeğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak %5 bamya tohumu ilavesi, ekmeğin yapışkanlık ve elastikiyet değerlerini %10 bamya tohumu içeren ekmeğin yapışkanlık ve elastikiyet değerlerine karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı şekilde artırmıştır ( $p<0.05$ ).

Ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde, ekmek karışımına %5 ve %10 oranlarında, bamya tohumu ilavesinin kontrol ekmeğiyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak artış sağladığı gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ancak %5 ve %10 bamya tohumu içeren ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Tuluk vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada, buğday ununa (%1, 2, 3, 4 ve 5) oranına bamya tozu eklenerek, ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin kalite özellikleri incelendiğinde, bamya tozu içermeyen kontrol ekmeğin sertlik, esneklik yapışkanlık sakızimsılık, çiğnenebilirlik, elastikiyet değerleri sırasıyla 2.50 N, 1.41, 0.84, 2.11 N, 2.95 N, 0.52 olarak bulmuşken, bamya tozu içeren ekmeklerin sertlik, esneklik yapışkanlık sakızimsılık, çiğnenebilirlik, Elastikiyet değerleri sırasıyla 1.85 - 11.4 3N, 0.82 - 0.97, 0.64-0.76, 1.41 - 7.82 N, 1.37 - 6.85 N, 0.28 - 0.40 arasında bulmuştur. Bu bulgular, bulunan değerlere benzerlik gösterilmiştir.

Bu çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin ekmek içi tekstür profil analizi sonuçları Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Ekmeklerin içi tekstür analiz sonuçları.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Sertlik (N)               | Esneklik                  | Yapışkanlık               | Sakızimsılık                 | Çiğnenebilirlik             | Elastikiyet                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| MP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3.53 ± 0.31 <sup>g</sup>  | 0.33 ± 0.05 <sup>ab</sup> | 0.38 ± 0.02 <sup>a</sup>  | 136.64 ± 11.44 <sup>h</sup>  | 44.75 ± 8.17 <sup>fg</sup>  | 0.17 ± 0.01 <sup>a</sup>    |
| MP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4.47 ± 0.58 <sup>f</sup>  | 0.32 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 0.37 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 168.37 ± 23.44 <sup>g</sup>  | 54.13 ± 10.22 <sup>ef</sup> | 0.16 ± 0.02 <sup>b</sup>    |
| MP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 5.37 ± 0.57 <sup>e</sup>  | 0.33 ± 0.02 <sup>ab</sup> | 0.37 ± 0.02 <sup>ab</sup> | 201.82 ± 20.23 <sup>f</sup>  | 67.19 ± 9.00 <sup>de</sup>  | 0.14 ± 0.01 <sup>cde</sup>  |
| SMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 11.34 ± 1.28 <sup>b</sup> | 0.32 ± 0.01 <sup>ab</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>d</sup>  | 384.71 ± 40.04 <sup>b</sup>  | 124.05 ± 14.42 <sup>a</sup> | 0.13 ± 0.01 <sup>g</sup>    |
| SMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 11.67 ± 1.54 <sup>b</sup> | 0.32 ± 0.01 <sup>ab</sup> | 0.33 ± 0.01 <sup>d</sup>  | 400.82 ± 40.97 <sup>ab</sup> | 128.08 ± 16.36 <sup>a</sup> | 0.14 ± 0.01 <sup>efg</sup>  |
| SMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 12.37 ± 0.71 <sup>a</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>ab</sup> | 0.33 ± 0.02 <sup>d</sup>  | 419.84 ± 30.66 <sup>a</sup>  | 137.09 ± 11.67 <sup>a</sup> | 0.13 ± 0.01 <sup>fg</sup>   |
| KMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 6.79 ± 1.29 <sup>d</sup>  | 0.32 ± 0.01 <sup>ab</sup> | 0.38 ± 0.01 <sup>a</sup>  | 261.60 ± 49.59 <sup>d</sup>  | 83.97 ± 17.67 <sup>c</sup>  | 0.15 ± 0.01 <sup>bc</sup>   |
| KMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 6.81 ± 0.59 <sup>d</sup>  | 0.35 ± 0.13 <sup>a</sup>  | 0.37 ± 0.02 <sup>ab</sup> | 265.53 ± 76.60 <sup>d</sup>  | 83.06 ± 9.76 <sup>c</sup>   | 0.15 ± 0.01 <sup>bcde</sup> |
| KMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 8.94 ± 0.94 <sup>c</sup>  | 0.33 ± 0.01 <sup>ab</sup> | 0.36 ± 0.01 <sup>bc</sup> | 326.52 ± 30.87 <sup>c</sup>  | 106.87 ± 11.18 <sup>b</sup> | 0.14 ± 0.01 <sup>def</sup>  |
| KSMP-K                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 3.39 ± 0.39 <sup>g</sup>  | 0.31 ± 0.02 <sup>b</sup>  | 0.37 ± 0.03 <sup>ab</sup> | 115.77 ± 8.72 <sup>h</sup>   | 36.07 ± 5.06 <sup>g</sup>   | 0.14 ± 0.01 <sup>cde</sup>  |
| KSMP-5B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4.47 ± 0.50 <sup>f</sup>  | 0.34 ± 0.13 <sup>ab</sup> | 0.38 ± 0.08 <sup>ab</sup> | 173.79 ± 58.01 <sup>g</sup>  | 66.07 ± 75.59 <sup>de</sup> | 0.15 ± 0.06 <sup>bcd</sup>  |
| KSMP-10B                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 6.36 ± 0.56 <sup>d</sup>  | 0.32 ± 0.02 <sup>ab</sup> | 0.35 ± 0.03 <sup>cd</sup> | 224.44 ± 27.28 <sup>e</sup>  | 72.53 ± 8.71 <sup>cd</sup>  | 0.13 ± 0.01 <sup>fg</sup>   |
| <p>MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: %5 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: %10 bamya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: % 5 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: %10 bamya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: %5 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: %10 bamya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği.</p> <p>Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=24). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p&lt;0.05).</p> |                           |                           |                           |                              |                             |                             |

Kontrol örnekleri (bamya tohumu içermeyen ekmeleri) ile %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren ekmeklere ait sertlik, esneklik, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik, elastikiyet değerleri Çizelge 4.16' de gösterilmiştir.

Sertlik, gıdaların yapısal özellikleriyle bağlantılı olduğu için bir insan duyu kalitesi kriteri olarak kabul edilmektedir (Dalbhagat et al., 2019). Kırıntı sertliği, müşterilerin somunlarının tazeliğini nasıl değerlendirdiği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğundan, unlu mamullerde çok önemli bir yönüdür (Ahlborn vd., 2005).

Bu çalışmada glutensiz ekmeklerin sertlik değerleri incelendiğinde; Sorgum, mısır, pirinç karışımına %10 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeğin sertlik değeri 12.37 N olarak belirtilmiştir. SMP-10B ekmeğin sertlik değeri diğer ekmeklerin sertlik değerlerine kıyasla en yüksek sertlik değere sahip olduğu belirtilmiştir ( $p<0.05$ ).

KSMP-K ve MP-K ekmekleri sertlik değerleri sırasıyla 3.39 ve 3.53 olarak bulunmuştur. KSMP-K ve MP-Kontrol ekmeklerin sertlik değerleri, çizelge 4.16'deki yer alan diğer ekmeklerin sertlik değerlerine kıyasladığında istatistiksel olarak en düşük sertlik değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Qin et al. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada glutensiz ekmek üretmek için farklı parçacık boyutlara sahip pirinç unu kullanarak glutensiz ekmek üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 87.39 ile 200.94 g, %34.49 - 48.70, %0.66 ile 0.89, %94.18 ile 163.83 ve 54.20 ile 124.54 g arasında bulunmuştur.

Başka bir çalışmada, farklı sorgum genotipleri ve pirinç unu kullanılarak üretilen ekmeklerin sertlik değerleri 7.5 ile 21.6 N arasında ve yapışkanlık değerleri ise 0.46 ile 0.71 arasında tespit edilmiştir (Schober et al., 2005).

Ekmeklerin esneklik değerleri incelendiğinde, çizelge 4.16'deki yer alan ekmeklerin esneklik değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak kasava, mısır, pirinç karışımına %5 bamya tohumu

eklenerek üretilen ekmeğin esneklik değeri, kasava, sorgum, mısır, pirinç Kontrol örneğin (bamya tohumu içermeyen mısır pirinç ekmeği) esneklik değere göre olarak bir azalma gerçekleştirilmiştir ( $p<0.05$ ).

Ekmeklerin yapışkanlık değerleri bakıldığında; MP-K, MP-5B, MP-10B, KMP-K, KMP-5B, KSMP-K ve KSMP-5B ekmeklerin yapışkanlık değerleri ve SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KSMP-10B ve KMP-10B ekmeklerin yapışkanlık değerlerine göre istatistiksel olarak bir artış gösterilmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.16'deki ekmeklerin sakızımsılık değerleri incelendiğinde, istatistiksel olarak MP-K ve KSMP-K ekmeklerinin sakızımsılık değerlerinin bulgulara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Sorgum un miktarı fazla olan ekmeklerde (SMP-K, SMP-5B, SMP-10B) çiğnenebilirlik değerleri sırasıyla 124.05, 128.08 ve 137.09 olarak bulunmuş, bu bulgu çizelge 4.16'deki yer alan diğer ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlere göre istatistiksel olarak en yüksek çiğnenebilirlik değerlere sahip ekmekler oldukları gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Nieto-Mazzocco et al. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, muffin tarzı glutensiz tatlı ekmeğin geliştirilmesi için sorgum, pirinç ve amaranth unu kullanılmıştır Çalışmanın bulgularına göre, tatlı muffinlerin glutensiz ekmeğinin sertlik değeri  $1.18 \text{ kg/mS}^2$ , esneklik değeri 0.70, yapışkanlık değeri 0.51, çiğnenebilirlik değeri 0.47 kg ve sakızımsılık değeri  $0.67 \text{ kg/mS}^2$  olarak bulunmuştur.

KSMP-K ekmeği çiğnenebilirlik değeri 36.07 olarak belirtilmiş, bu bulgu çizelge 4.16'deki diğer ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerine nazaran istatistiksel açıdan en düşük çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Ekmeklerin elastikiyet değerleri incelendiğinde; mısır, pirinç kontrol ekmeğin elastikiyet değeri 0.17 olarak bulunmuş ve bu bulgu çizelge 4.16'deki diğer ekmeklerin elastikiyet değerleriyle kıyasladığında en yüksek elastikiyet değeri sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Mısır, pirinç karışımına %10 oranında bamya tohumu içeren; sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası kontrol örneği (bamyas tohumu içermeyen ekmeği) ile % 5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren ekmekleri; kasava, pirinç unları ve mısır nişastası kontrol ile %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu içeren; kasava, sorgum pirinç unları ve mısır nişastası kontrol örneği ile %5 ve %10 bamya tohumu içeren ekmeklere ait elastikiyet değeri sırasıyla 0.14, 0.13, 0.14, 0.13, 0.15, 0.15, 0.14, 0.14, 0.15, 0.13 olarak gösterilmiştir. Bu bulgular mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeğin elastikiyet (0.16) değeri kıyasladığında daha düşük elastikiyet değere sahip oldukları gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Bu çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin duysal analiz sonuçları Çizelge 4.17'de ve Şekil 4.5'te sunulmuştur.

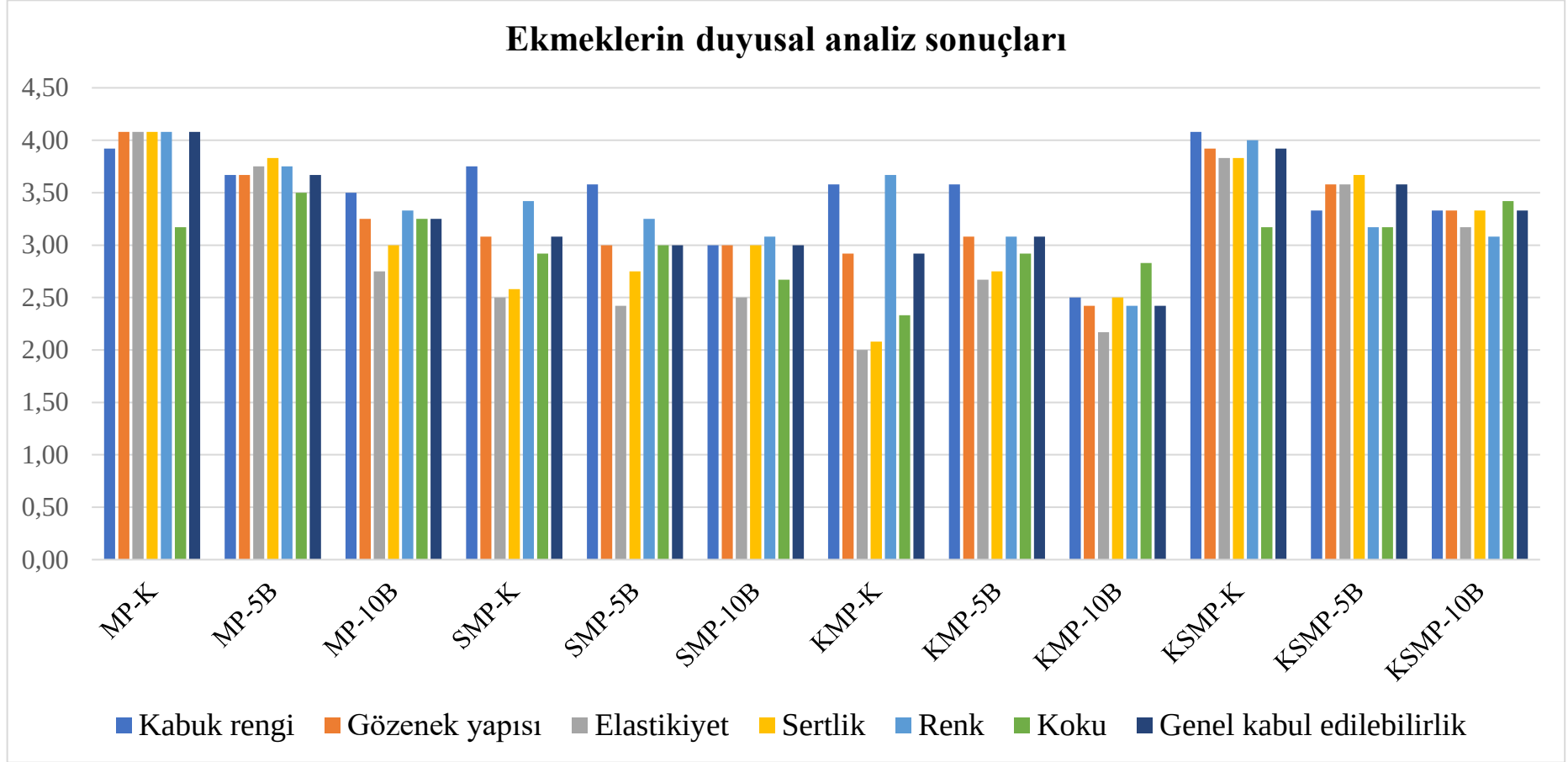
#### 4.5 Glutensiz Ekmeklerin Analiz Sonuçları

Çizelge 4.17. Ekmeklerin analiz sonuçları.

|          | Kabuk rengi     | Gözenek yapısı  | Elastikiyet     | Sertlik          | Renk           | Koku           | Genel kabul edilebilirlik |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|---------------------------|
| MP-K     | 3.92 ± 0.67 ab  | 4.08 ± 0.79 ab  | 4.08 ± 0.90 a   | 4.08 ± 1.00 a    | 4.08 ± 1.24 a  | 3.17 ± 1.03 a  | 4.08 ± 0.79 a             |
| MP-5B    | 3.67 ± 0.89 ab  | 3.67 ± 0.65 ab  | 3.75 ± 0.75 a   | 3.83 ± 0.72 ab   | 3.75 ± 1.06 a  | 3.50 ± 0.67 a  | 3.67 ± 0.65 abc           |
| MP-10B   | 3.50 ± 0.80 ab  | 3.25 ± 0.75 bc  | 2.75 ± 1.06 bcd | 3.00 ± 1.04 bcde | 3.33 ± 1.07 ab | 3.25 ± 0.97 a  | 3.25 ± 0.75 bc            |
| SMP-K    | 3.75 ± 0.87 ab  | 3.08 ± 0.90 bc  | 2.50 ± 1.24 cd  | 2.58 ± 1.38 de   | 3.42 ± 0.79 ab | 2.92 ± 1.08 ab | 3.08 ± 0.90 cd            |
| SMP-5B   | 3.58 ± 0.90 ab  | 3.00 ± 0.85 abc | 2.42 ± 1.08 cd  | 2.75 ± 1.14 cde  | 3.25 ± 0.97 ab | 3.00 ± 0.60 ab | 3.00 ± 0.85 cd            |
| SMP-10B  | 3.00 ± 1.04 bc  | 3.00 ± 1.21 abc | 2.50 ± 1.24 d   | 3.00 ± 1.41 bcde | 3.08 ± 1.44 ab | 2.67 ± 0.65 ab | 3.00 ± 1.21 cd            |
| KMP-K    | 3.58 ± 1.24 ab  | 2.92 ± 1.00 c   | 2.00 ± 0.95 d   | 2.08 ± 0.90 e    | 3.67 ± 1.37 a  | 2.33 ± 0.98 b  | 2.92 ± 1.00 cd            |
| KMP-5B   | 3.58 ± 0.90 ab  | 3.08 ± 0.67 c   | 2.67 ± 1.07 bcd | 2.75 ± 1.14 cde  | 3.08 ± 1.00 ab | 2.92 ± 0.79 ab | 3.08 ± 0.67 cd            |
| KMP-10B  | 2.50 ± 1.17 c   | 2.42 ± 0.90 c   | 2.17 ± 1.03 d   | 2.50 ± 1.38 de   | 2.42 ± 1.24 b  | 2.83 ± 0.83 ab | 2.42 ± 0.90 d             |
| KSMP-K   | 4.08 ± 1.00 a   | 3.92 ± 0.90 a   | 3.83 ± 1.03 a   | 3.83 ± 0.94 ab   | 4.00 ± 1.04 a  | 3.17 ± 0.94 a  | 3.92 ± 0.90 ab            |
| KSMP-5B  | 3.33 ± 1.15 abc | 3.58 ± 0.90 ab  | 3.58 ± 0.79 ab  | 3.67 ± 0.89 abc  | 3.17 ± 0.83 ab | 3.17 ± 0.83 a  | 3.58 ± 0.90 abc           |
| KSMP-10B | 3.33 ± 0.89 abc | 3.33 ± 0.89 ab  | 3.17 ± 1.27 abc | 3.33 ± 0.98 abcd | 3.08 ± 1.08 ab | 3.42 ± 0.90 a  | 3.33 ± 0.89 abc           |

MP-K: Mısır-pirinç kontrol ekmeği; MP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; MP-10B: % 10 bamyaya tohumu içeren mısır-pirinç ekmeği; SMP-K: Sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; SMP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; SMP-10B: % 10 bamyaya tohumu içeren sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KMP-K: Kasava-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KMP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KMP-10B: % 10 bamyaya tohumu içeren kasava-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-K: Kasava-sorgum-mısır-pirinç kontrol ekmeği; KSMP-5B: % 5 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği; KSMP-10B: % 10 bamyaya tohumu içeren kasava-sorgum-mısır-pirinç ekmeği. 1 en düşük değer, 5 en yüksek değerdir.

Tabloda yer alan değerler, analizlerde elde edilen analiz sonuçlarının ortalama değerlerini ve ± standart sapma değerlerini göstermektedir (n=12). Aynı sütunda yer alan farklı harfler sonuçlar arasında istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.5. Glutensiz ekmeklerin analiz sonuçları.

Glutensiz ekmeklerin duysal analizi, 5 puanlık bir derecelendirme ölçeği kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu ölçekte, 1 puan özelliğin en az beğenileni, 5 puan özelliğin ise en çok beğenileni temsil etmektedir. Ekmekler pişirilip soğutulduktan sonra -18 derecede muhafaza edilmiş ve duysal analiz için bir gün öncesinde dondurucudan çıkarılmış, duysal analiz gününde ısıtılmıştır.

Mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu eklenmesi, elastikiyet, kabuk rengi, koku ve gözenek yapısı değerlerini kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı seviyede fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Renk ve doku müşteri tercihi açısından önemli parametrelerdir (Esteller and Lannes, 2008; Qin et al., 2021).

Mısır nişastası ve pirinç unu karışımına %5 oranında bamya tohumu eklenmesi, ekmeğin sertlik ve genel kabul edilebilirlik değerlerini kontrol ekmeğine kıyasla istatistiksel açıdan önemli bir fark göstermemiştir ( $p>0.05$ ). Ancak %10 bamya tohumu eklenmesiyle birlikte kontrol ekmeğin sertlik ve genel kabul edilebilirlik değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir azalma meydana gelmiştir ( $p<0.05$ ).

Lazaridou et al. (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç unu ve mısır nişastası kullanılarak üretilen ekmeklerin, dokuzluk hedonik skalası duysal analiz yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre, üretilen tüm glutensiz ekmeklerin derecelendirmeleri 6.1 ile 7.5 arasında ve 5'ten önemli ölçüde yüksek olduğundan, üretilen tüm ekmekler kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu eklenmesiyle yapılan deneyde, ekmeklerin kabuk rengi, gözenek yapısı, elastikiyet, sertlik, renk, koku ve genel kabul edilebilirliği değerleri kontrol ekmeğin değerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Kasava, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 oranında bamya tohumu eklenmesi, ekmeğin kabuk renk değeri kontrol ekmeğin kabuk renk değerine nazaran istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak

%10 bamya tohumu eklenmesi durumunda, ekmeğin kabuk rengi değeri kontrol ekmeğine göre istatistiksel olarak azalmıştır ( $p<0.05$ ).

Kasava, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranlarında bamya tohumu eklenmesi durumunda, ekmeklerin kabuk rengi, gözenek yapısı, elastikiyet, sertlik, renk, koku ve genel kabul edilebilirlik değerlerini kontrol ekmeğine nazaran istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı bulunmuştur ( $p>0.05$ ).

Sorgum, kasava, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu eklenmesi, ekmeklerin kabuk rengi, gözenek yapısı, elastikiyet, sertlik, renk, koku ve genel kabul edilebilirliği değerlerini kontrol ekmeğin değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ( $p>0.05$ ).

Çizelge 4.17'deki glutensiz ekmeklerin duyu analizi sonuçları genel olarak bakıldığında, KSMP-K ekmeğinin kabuk renk değeri 4.08 olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık, MP-K, MP-5B, MP-10B, SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-K, KMP-5B, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmekleri kabuk rengi değeri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p<0.05$ ). Ancak, KMP-10B ekmek örneğinin kabuk renk değerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir ( $p<0.05$ ).

López et al. (2004) tarafından yapılan çalışmada, birçok formülasyon geliştirilerek, buğday ununun yerine kullanılabilecek bir un karışımı oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu karışıma uygun bir somun ekmek yapmak için gereken malzemeler ve adımlar dikkate alınmıştır. Mısır nişastası oranı yüksek olan ekmeklerin görünüşü 2.42, gözenek yapısı 3.08 ve genel kabul edilebilirliği 2.25 olarak bulunmuştur. Pirinç unu oranı yüksek olan ekmeğin görünüşü 3.63, gözenek yapısı 4.42 ve genel kabul edilebilirliği 3.0 olarak tespit edilmiştir. Kasava unu oranı yüksek olan ekmeğin görünüşü 1.42, gözenek yapısı 1.0 ve genel kabul edilebilirliği 1.42 olarak belirlenmiştir.

Ekmeklerin gözenek yapı değerleri yapılan incelemede; MP-10B, SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-K, KMP-5B, KMP-10B ekmek örneklerinin gözenek yapı değerleri sırasıyla 3.35, 3.08, 3.00, 3.00, 2.92, 3.08, 2.42 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yokken, MP-K, MP-5B, KSMP-K, KSMP-5B, KSMP-10B ekmek örneklerinin gözenek yapı değerlerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede artış tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

MP-K, MP-5B, KSMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmek örneklerin elastikiyet değerleri (Bkz. Çizelge 4.17) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Fakat MP-10B, SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-K, KMP-5B ve KMP-10B örnek numunelerinin elastikiyet değerlerine kıyasla, istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede azalmıştır ( $p<0.05$ ).

Duyusal analiz sonuçlarına göre, mısır, pirinç kontrol ekmeğin sertlik değeri 4.08 olarak bulunmuştur. MP-5B, KSMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerinin sertlik değerleri ise sırasıyla 3.83, 3.83, 3.58 ve 3.17 olarak bulunmuştur. Bu bulgulara göre, MP-K ekmeğin sertlik değeriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Ancak MP-10B, SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-K, KMP-5B ve KMP-10B glutensiz ekmek örneklerin sertlik değerleri MP-K ekmeğin sertlik değerine nazaran istatistiksel olarak önemli bir azalma sergilenmiştir ( $p<0.05$ ).

Çizelge 4.17'deki ekmeklerin renk değerleri incelendiğinde, KMP-K ekmeğinin renk değeri 2.42 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgu, diğer glutensiz ekmeklerin renk değerleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir seviyede düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

KMP-K ekmeğin koku değeri SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KMP-5B ve KMP-10B ekmeklerin koku değerleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenirken, MP-K, MP-5B, MP-10B, KSMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerin koku değerlerine göre istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Pasqualone et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada, %100 kasava unu kullanarak üretilen glutensiz ekmeğin rengi, kabuk kalınlığı, yapışkanlığı, nemi ve koku değerleri sırasıyla 6.7, 0.9, 8.9, 8.8 ve 4.1 olarak bulunmuştur.

MP-K, MP-5B, KSMP-K, KSMP-5B ve KSMP-10B ekmeklerin genel kabul edilebilirlik değerleri sırasıyla 4.08, 3.67, 3.92, 3.58 ve 3.33 olarak bulunmuştur. Bu değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak, kasava, mısır ve pirinç karışımına %10 bamya tohumu ilave edilerek üretilen ekmeğin, genel kabul edilebilirlik değeri 2.42 olarak bulunmuş ve bulgulara göre istatistiksel olarak en düşük kabul edilebilirlik değere sahip olduğu belirtilmiştir ( $p<0.05$ ).



## 5. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; kasava unu, sorgum unu, pirinç unu, mısır nişastası ve bamya tohumu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin kimyasal özellikleri, kalite özellikleri, tesktürel özellikleri ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir ve değerlendirilmiştir. Ekmek üretimi için kullanılan kasava, sorgum ve bamya tohumu Çad'dan (Afrika) getirilmiş, ekmek mayası olarak *Saccharomyces cerevisiae* kullanılmış, ksantan gam Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nün temel işlem laboratuvarından temin edilmiş ve yapılan araştırmalar ve ön denemeler sonucunda teknolojik ve duyuşal açıdan en uygun kabul edilebilir glutensiz ekmek üretimi için hamura ağırlıkça %1 oranında ksantan gam ilave edilmiştir.

Ekmeklerin kül, protein ve yağ miktarını incelendiğinde; kasava, sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %5 ve %10 oranında bamya tohumu ilavesinin ekmeklerin kül, protein ve yağ değerlerini kontrol ekmeklerin kül, protein, yağ değerlerine kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede arttığını belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Bulgulara göre bamya tohumunun konsantrasyonu artıkça glutensiz ekmek örneklerin protein, kül ve yağ değerleri artmıştır. Fakat nem değerleri, %5 ve %10 bamya tohumu ilavesiyle kontrol ekmeğin nem değerine kıyasla istatistiksel olarak önemli seviyede farklılık gözlemlenmemiştir ( $p > 0.05$ ).

Ekmeklerin su aktivite değerleri incelendiğinde; genel olarak bamya tohumu oranı arttıkça istatistiksel olarak önemli seviyede arttığı gözlemlenmiştir ( $p < 0.05$ ).

Üretilen ekmeklerin fiziksel özelliklerine bakıldığında; ekmek karışımına %5 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeklerin, hacim ve spesifik hacim değerlerinin genel olarak en yüksek oldukları bulunmuştur. Ekmek içi parlaklık değerleri en yüksek kontrol gruplarında (MP-K, KMP-K, SMP-K ve KSMP-K) görülmüştür. Glutensiz ekmek örneklerdeki bamya tohum tozunu oranı artıkça  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin artış gözlemlenirken  $L^*$  değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Doku profil analiz sonucu incelendiğinde, sorgum, pirinç unları ve mısır nişastası karışımına %10 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeğin sertlik değeri,

diğer ekmeklerin sertlik değerleriyle karşılaştırıldığında istatistiksel olarak en yüksek değere sahip olduğu belirtilmiştir ( $p<0.05$ ). Ekmeğin esneklik özellikleri incelendiğinde ise, üretilen 12 farklı formülasyon arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p<0.05$ ). Ancak kasava, pirinç unları, mısır nişastası karışımına %5 bamya tohumu eklenerek üretilen ekmeğin esneklik değeri, kasava, sorgum, pirinç unları, mısır nişastası kontrol örneğin (bamya tohumu içermeyen kasava, sorgum, mısır pirinç ekmeği) esneklik değere göre istatistiksel olarak bir azalma gerçekleştirilmiştir ( $p<0.05$ ).

SMP-K, SMP-5B ve SMP-10B ekmeklerinin çiğnenebilirlik değerleri (Bkz. Çizelge 4.16), diğer ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerine kıyasla istatistiksel olarak en yüksek oldukları gözlemlenmiştir ( $p<0.05$ ). SMP-K, SMP-5B, SMP-10B, KSMP-10B ve KMP-10B ekmeklerin yapışkanlık değerleri MP-K, MP-5B, MP-10B, KMP-K, KMP-5B, KSMP-K ve KSMP-5B ekmeklerin yapışkanlık değerlerine göre istatistiksel olarak bir azalma meydana gelmiştir ( $p<0.05$ ). Mısır, pirinç kontrol ekmeğin elastikiyet değeri, diğer ekmeklerin elastikiyet değerleriyle kıyaslandığında en yüksek elastikiyet değere sahip olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Genel olarak ekmeklerin dokusal özellikleri incelendiğinde, bamya tohumunun miktarı arttıkça ekmeklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri yükselmiştir.

Glutensiz ekmeklerin üretimi, tüketicilerin beğenisini kazanması ve istenilen özellikleri taşıyıp taşımadığını belirlemek için duyu analizi yapılmıştır. Kabuk rengi, gözenek yapısı, sertlik, koku, renk ve genel beğenisi en yüksek olan ekmeğin örnekleri, mısır-pirinç kontrol ekmeği, mısır-pirinç karışımına %5 ve %10 bamya tohumu içeren ekmekleri, KSMP-kontrol ekmeği ve kasava, sorgum, mısır ve pirinç karışımına %5 ve %10 bamya tohumu içeren ekmekler olarak bulunmuştur.

Hem çölyak hastalarının hem de Türk Gıda Kodeksi Komisyonu'nun glutensiz ürün özelliklerini karşılaştırabilmesi için, glutensiz ekmeklerin organoleptik ve fiziko-kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi için daha fazla araştırma yapılmalıdır. Diğer tahıllar ve yerel Afrika baklagilleriyle birlikte ksantan gam kullanılarak glutensiz ekmeğin üretmek için daha fazla araştırma yapılması

gerekmektedir. Aynı zamanda, farklı gamlar, unlar ve güçlendirici ajanlar kullanılarak üretilen ekmeklerin nitel analizini yapmak için hazır piyasada bulunan glutensiz ekmeklerle karşılaştırmalı çalışmalar yapılmalıdır.



## KAYNAKLAR DİZİNİ

- AACC Approved Methods of Analysis.** Method 44-15A, Moisture–Air-Oven Methods. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- AACC Approved Methods of Analysis.** Method 08-01, Ash–Basic Method. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- AACC Approved Methods of Analysis.** Method 74-09, Measurement of Bread Firmness by Universal Testing Machine. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Acquistucci, R. and Francisci, R.,** 2002, Effect of okra (*Hibiscus esculentus* L.) addition on the technological properties of a wheat flour. *International journal of food sciences and nutrition*, 53(5): 375-379pp.
- Adiamo, O. Q., Fawale, O. S. and Olawoye, B.,** 2018, Recent trends in the formulation of gluten-free sorghum products. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(4): 311-325pp.
- Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M. and Huber, C. S.,** 2005, Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal chemistry*, 82(3): 328-335pp.
- Aksit, M., Dijkstra, J. W. and Tripathi, A.,** 1991, Atomic delegation: Object-oriented transactions. *IEEE software*, 8(2): 84-92pp.
- Akşit, M.A.,** 1991, Beslenmeye Giriş, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları No: 220, Eskişehir, 39-49s.
- Alamri, M. S.,** 2014, Okra-gum fortified bread: formulation and quality. *Journal of Food Science and Technology*, (51): 2370-2381pp.
- Altındağ, G., Certel, M., Erem, F. and Konak, Ü. İ.,** 2015, Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase. *Food Science and Technology International*, 21(3): 213-220pp.
- Alvarenga, N.B., Cebola- Lidon, F., Belga, E., Motrena, P., Guerreiro, S., Carvalho, M.J. and Canada, J.,** 2011, Characterization of Gluten-free Bread Prepared from Maize, Rice and Tapioca Flours using the Hydrocolloid Seaweed AgarAgar. *Recent Research in Science and Technology*, 3(8): 64-68pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Alves, A. A. C.**, 2001, Cassava botany and physiology. In Cassava: biology, production, and utilization Walling ford UK: Cabi 67-89pp.
- Amelework, A. B., Bairu, M. W., Maema, O., Venter, S. L. and Laing, M.**, 2021, Adoption and promotion of resilient crops for climate risk mitigation and import substitution: A case analysis of cassava for South African agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (5): 617783p.
- Aniszewski, T., Ylinampa, T. A., Haikonen, J. A. and Pynttari, A. S.**, 2013, Crude protein and nitrogen-free content diversity and accelerating potential in seeds of economic legumes. *Legume Research-An International Journal*, 36(2):165-173p.
- Anon.**, 2005, Gluteni Azaltılmış ve Glütensiz Hale getirilmiş Gıdalar. TS *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara* 13143s.
- Anton., A. A. and Artfield, S. D.**, 2008. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59(1): 11-23pp.
- AOAC Official Methods of Analysis 15th Edition** 1990, (Washington DC: Association of Analytical Chemists)
- AOAC Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL 990.03** 2005, 18th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD
- Ardoin, R., Smith, B., Bean, S. and Aramouni, F.**, 2023, Optimization of tannin-containing sorghum bran addition to gluten-free bread. *Journal of Food Science*, 88(3): 952-961pp.
- Ariyantoro, A. R. and Amanto, B. S.**, 2020, Effect of Heat Moisture Treatment (HMT) on Physicochemical Characteristics of Sorghum Flour (Sorghum Bicolor L. moench). *Earth and Environmental Science*, 51(8): 012067pp.
- Azizi, S., Azizi, MH., Moogouei, R. ve Rajaei, P.**, 2020, Kinoa unu ve enzimlerinin glütensiz ekmek kalitesine etkisi. *Gıda Bilimi ve Beslenme*, 8 (5): 2373-2382s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Barışık, D. ve Tavman, Ş.**, 2018, Glütensiz ekmek yemeklerinde nohut unu ekmeğinin kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 16 (1): 33-41s.
- Baykut, E. D.**, 2021, Bazı tahıl benzeri ürünlerin besin içeriği ve gıda endüstrisinde kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(3): 89-98s.
- Bize, M., Smith, B. M., Aramouni, F. M. and Bean, S. R.**, 2017, The effects of egg and diacetyl tartaric acid esters of monoglycerides addition on storage stability, texture, and sensory properties of gluten-free sorghum bread. *Journal of Food Science*, 8(2):194–201pp.
- Bradauskiene, V., Vaiciulyte-Funk, L., Shah, B. R., Cernauskas, D. and Tita, M. A.**, 2021, Recent advances in biotechnological methods for wheat gluten immunotoxicity abolishment–a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 71(1): 5-20pp.
- Onyenwoke, C. A. and Simonyan, K. J.**, 2014, Cassava post-harvest processing and storage in Nigeria: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(53): 3853-3863pp.
- Cappa, C., Lucisano, M., Barbosa-Cánovas, G. V. and Mariotti, M.** 2016, Physical and structural changes induced by high pressure on corn starch, rice flour and waxy rice flour. *Food Research International*, 8(5): 95-103pp.
- Ceylan, V. ve Muştu, Ç.**, 2021, Keçiboynuzu unu bazlı glütensiz kurabiye formülasyonu geliştirilmesi. *Aydın Gastronomy*, 5(1): 1-12s.
- Cook, J. A., VanderJagt, D. J., Pastuszyn, A., Mounkaila, G., Glew, R. S., Millson, M. and Glew, R. H.**, 2000, Nutrient and chemical composition of 13 wild plant foods of Niger. *Journal Of Food Composition And Analysis*, 13(1): 83-92pp.
- Cornejo, F. and Rosell, C. M.**, 2015, Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2): 1203-1210pp.
- Coultate, T. P.** 1996, Food: The Chemistry of its Components. *The Royal Society of Chemistry*, 320-338pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Crockett, R., Ie, P. and Vodovotz, Y.,** 2011, Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food chemistry*, 129(1): 84-91pp.
- Culetu, A., Duta, D. E., Papageorgiou, M. and Varzakas, T.,** 2021, The role of hydrocolloids in gluten-free bread and pasta; rheology, characteristics, staling and glycemic index. *Foods*, 10(12): 3121p.
- da Silva Kazerski, R. T., Biduski, B., Weber, F. H., Plata-Oviedo, M. S. V., Gutkoski, L. C. and Bertolin, T. E.,** 2022, Substitution of chemically modified corn starch with heat-moisture treated cassava starch in Brazilian pão de queijo. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 28: 100541p.
- Dalbhat, C. G., Mahato, D. K. and Mishra, H. N.,** 2019, Effect of extrusion processing on physicochemical, functional and nutritional characteristics of rice and rice-based products: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 85: 226-240pp.
- Danbaba, N., Ukwungwu, M. N., Maji, A. T., Ndindeng, S. A., Jiya, A. G., Danfulani, S. and Onyeneke, E. N.,** 2014, End-use quality of upland NERICA rice (*Oryza sativa* L) as affected by the addition of sweet cassava (low cyanide, *Manihotesculenta*) flour. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 4(3): 237-245pp.
- Danesi, F., Bordignon-Luiz, M. T. and Tessaro, I. C.,** 2018, Rheological, microstructural, and sensory characteristics of gluten-free bread formulations with different levels of xanthan gum and hydroxypropyl methylcellulose. *Journal Of Food Science and Technology*, 55(2): 627-637.
- Daramola, O. S., Adigun, J. A. and Adeyemi, O. R.,** 2020, Efficacy and economics of integrated weed management in okra ((L.) Moench). *Agricultura Tropica et Subtropica*, 53(4): 199-206pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Oliveira, L. D. L., de Oliveira, G. T., de Alencar, E. R., Queiroz, V. A. V. and de Alencar Figueiredo, L. F.,** 2022, Physical, chemical, and antioxidant analysis of sorghum grain and flour from five hybrids to determine the drivers of liking of gluten-free sorghum breads. *LWT* 15(3): 112407pp.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S.,** 2010, Rheological properties of gluten-free bread formulations. *Journal Of Food Engineering*, 96(2): 295-303pp.
- Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G. and Sahin, S.,** 2010, Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. *Journal of food engineering*, 101(3): 329-336pp.
- dos Reis Gallo, L. R., Reis, C. E. G., Mendonça, M. A., da Silva, V. S. N., Pacheco, M. T. B. and Botelho, R. B. A.,** 2021, Impact of Gluten-Free Sorghum Bread Genotypes on Glycemic and Antioxidant Responses in Healthy Adults. *Foods*, 10(10): 2256p.
- Dubé, C., Rostom, A., Sy, R., Cranney, A., Saloojee, N., Garritty, C. and Moher, D.,** 2005, The prevalence of celiac disease in average-risk and at-risk Western European populations: a systematic review. *Gastroenterology*, 128(4): 57-S67pp.
- Dufour, D., Rolland-Sabaté, A., Cordoba, H. A. M., Melendez, J. L. L., Alzate, J. L. M., Pizzaro, M. and Ceballos, H.,** 2022, Native and fermented waxy cassava starch as a novel gluten-free and clean label ingredient for baking and expanded product development. *Food & Function*, 13(18): 9254-9267pp.
- Dykes, L. and Rooney, L. W.,** 2006, Sorghum and millet phenols and antioxidants. *Journal of cereal science*, 44(3): 236-251pp.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z.,** 2002, Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum, 25s.
- Elzoghby, A. A., Salem, M. A., El-Sayed, M. E. and Atta, M. B.,** 2023, Enhancing The Quality Attributes Of Rice Bread Fortified With Okra Mucilage Via Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) Flour. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 50(1): 93-108pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ertürk, A., Arslantaş, N., SARICA, D. ve Demircan, V.,** 2015, Isparta ili kentsel alanda ailelerin ekmek tüketimi ve israfı. *Akademik Gıda*, 13(4): 291-298s.
- Falade, K. O. and Akingbala, J. O.,** 2010, Utilization of cassava for food. *Food Reviews International*, 27(1): 51-83pp.
- FAO.,** 2003, Food energy - Methods of analysis and conversion factors. *Food and Agriculture organization Nutrition*, 77p.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic Division)** 2018, Geçici 2017 üretim verileri. Gıda ve Tarım Örgütü çevrimiçi istatistikveritabanları. [www.fao.org/faostat/en/data/](http://www.fao.org/faostat/en/data/) adresind/QC
- Fasano, A. and Catassi, C.,** 2012, Celiac disease. *New England Journal of Medicine*, 367 (25): 2419-2426pp.
- Gborie, S. K., Mugabi, R. and Byaruhanga, Y.,** 2022, Effect of Extrusion on the Functional and Pasting Properties of High-quality Cassava Flour (HQCF). *Journal of Food Research*, 11(4): 1-12pp.
- Gemedede, H. F., Ratta, N., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z. and Beyene, F.,** 2015, Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review. *J Food Process Technol*, 6(458): 2p.
- Giuberti, G., Rocchetti, G., Sigolo, S., Fortunati, P., Lucini, L. and Gallo, A.,** 2018, Exploitation of alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour into gluten-free rice cookies: Nutritional, antioxidant and quality characteristics. *Food chemistry*, (239): 679-687pp.
- Gobbetti, M., Pontonio, E., Filannino, P., Rizzello, C. G., De Angelis, M. and Di Cagno, R.,** 2018, How to improve the gluten-free diet: The state of the art from a food science perspective. *Food Research International*, (110): 22-32pp.
- Gui, Y., Chen, G., Tian, W., Yang, S., Chen, J., Wang, F. and Li, Y.,** 2022, Normal rice flours perform better in gluten-free bread than glutinous rice flours. *Journal of Food Science*, 87(2): 554-566pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Güngör, G. ve Göçmen, D.,** 2019, Glutensiz Granola Üretimi ve Zerdaçal (Curcuma Longa L.) ve Mahlep (Prunus Mahaleb L.) İlavesinin Antioksidan Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Habtamu, F. G., Negussie, R., Gulelat, D. H., Woldegiorgis, A. Z. and Fekadu, B.,** 2015, Nutritional quality and health benefits of okra (Abelmoschus esculentus): a review. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 25(1): 16-25pp.
- Hamada, S., Suzuki, K., Aoki, N. and Suzuki, Y.,** 2013, Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae*. *Journal of Cereal Science*, 57(1): 91-97pp.
- Hariprasanna, K. and Rakshit, S.,** 2016, Economic importance of sorghum. The sorghum genome, 1-25pp.
- Hayit, F. ve Hülya, G. Ü. L.,** 2019, Kinoa ununun ve kısmi pişirilerek dondurma yönteminin glütensiz ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2): 406-427s.
- Horstmann, S. W., Axel, C. and Arendt, E. K.,** 2018, Water absorption as a prediction tool for the application of hydrocolloids in potato starch-based bread. *Food Hydrocolloids*, (81):129-138pp.
- Hu, L., Guo, J., Zhu, X., Liu, R., Wu, T., Sui, W. and Zhang, M.,** 2020, Effect of steam explosion on nutritional composition and antioxidative activities of okra seed and its application in gluten-free cookies. *Food Science & Nutrition*, 8(8): 4409-4421pp.
- Hu, S. M. and Lai, H. S.,** 2017, Developing low-fat banana bread by using okra gum as a fat replacer. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(1): 36-42pp.
- Hwang, K. T., Cuppett, S. L., Weller, C. L. and Hanna, M. A.,** 2002, Properties, composition, and analysis of grain sorghum wax. *Journal Of The American Oil Chemists' Society*, 79(6): 521-527pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- İslam, M. T.,** 2019, Phytochemical information and pharmacological activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*): A literature-based review. *Phytotherapy Research*, 33(1): 72-80pp.
- İşleroğlu, H., Dirim, S. N. ve Ertekin, F. K.,** 2009, Gluten içermeyen, hububat esaslı alternatif ürün formülasyonları ve üretim teknolojileri. *Gıda*, 34(1): 29-36s.
- Jain, N., Jain, R., Jain, V. and Jain, S.,** 2012, A review on: *Abelmoschus esculentus*. *Pharmacia*, 1(3): 84-89pp.
- Kandasamy, O. S. and Subramaniam, S.,** 1980, Water and nitrogen management for sorghum (CSH 5). *Madras Agricultural Journal*, 67(8): 552-553pp.
- Kirschner, L. A. M. and Von Holy, A.,** 1989, Rope spoilage of bread. *South African Journal of Science*. 85: 425-427.
- Komeroski, M.R., Homem, R.V., Schmidt, H.d.O., Rockett, F.C., de Lira, L., Vitória da Farias, D., Kist, T.L., Doneda, D., Rios, A.d.O. and Ruffo de Oliveira, V.,** 2021, Effect of whey protein and mixed flours on the quality parameters of gluten-free breads. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, (24): 100361p.
- Kumar, A., Kumar, P. and Nadendla, R.,** 2013, A review on: *Abelmoschus esculentus* (Okra). *International Research Journal of Pharmaceutical and Applied Sciences*, 3(4): 129-132pp.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N. and Biliaderis, C. G.,** 2007, Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal Of Food Engineering*, 79(3): 1033-1047pp.
- Lionetti, E. and Catassi, C.,** 2011, New clues in celiac disease epidemiology, pathogenesis, clinical manifestations, and treatment. *International Reviews Of Immunology*, 30(4): 219-231pp.
- López, A. C. B., Pereira, A. J. G. and Junqueira, R. G.,** 2004, Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, (47): 63-70pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Maalej, H., Abid, M., Ghorbel, R., Zouari-Ellouzi, S. and Kammoun, R.,** 2009, Effect of adding corn starch on dough rheology and bread quality of gluten-free bread. *Journal of Food Quality*, 32(3): 312-328pp.
- Maidana, S. D., Finch, S., Garro, M., Savoy, G., Gänzle, M. and Vignolo, G.,** 2020, Development of gluten-free breads started with chia and flaxseed sourdoughs fermented by selected lactic acid bacteria. *LWT*, (125): 109189p.
- Malgorzata, W., Doblado-Maldonado, A. F., Walkowiak, K. and Stępień, Ł.,** 2015, Gluten-free bread: Influence of sourdough and commercial egg white proteins on functional, textural and sensory properties. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1): 357-364pp.
- Mancebo, C. M., Merino, C., Martínez, M. M. and Gómez, M.,** 2015, Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. *Journal of Food Science and Technology*, (52): 6323-6333pp.
- Marston, K., Khouryieh, H. and Aramouni, F.,** 2016, The effect of heat treatment of sorghum flour on functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT-Food Science and Technology*, (65): 637-644pp.
- Matos, M. E. and Rosell, C. M.,** 2013, Quality indicators of rice-based gluten-free bread-like products: relationships between dough rheology and quality characteristics. *Food and Bioprocess Technology*, (6): 2331-2341pp.
- McIntosh, G. H.,** 2001, Cereal foods, fibres and the prevention of cancers. *Australian Journal of Nutrition and Dietetics*, 58(4): 35p.
- McKevith, B.,** 2004, Nutritional aspects of cereals. *Br. Nutr. Found. Nutr. Bull.* (29): 111–142pp.
- Meral, H. ve Karaoğlu M. M.,** 2019, Ekmeğin besinsel özelliklerinin iyileştirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(2): 217-225pp.
- Mert, S.,** 2014, Effect of different flours on quality of gluten-free wafer sheet (Master's thesis, Middle East Technical University).85p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mesa, E., Manjarres-Pinzon, K. and Rodriguez-Sandoval, E.,** 2019, Gluten-free cheese bread from frozen dough: effect of modified cassava starch. *Food Science and Technology*, (39): 654-661pp.
- Milde, L. B., Ramallo, L. A. and Puppo, M. C.,** 2012, Gluten-free bread based on tapioca starch: texture and sensory studies. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3): 888-896pp.
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R. and Zargar, I. A.,** 2016, Influence of hydrocolloids on dough handling and technological properties of gluten-free breads. *Trends in Food Science & Technology*, (51): 49-57pp.
- Monthe, O. C., Grosmaire, L., Nguimbou, R. M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T. and Ndjouenkeu, R.,** 2019, Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *Lwt*, (101): 575-582pp.
- Mustapha, S., Mohammed, U. M., Adeosun, N. O., Mathew, T. J., Muhammed, S. S. and Ibn-Aliyu, A.,** 2015, Nutritional and functional characterization of undecorticated groundnut (*Arachis hypogaea* L.) seeds from Bosso Market, Minna, Nigeria. *American Journal of Food Science and Technology*, 3(5): 126-131pp.
- Mutlu, C., Tontul, S. A., Candal, C. ve Erbaş, M.,** 2019, Bazı tahıl benzeri ürünlerin glütensiz kek üretiminde kullanımı. *Gıda/The Journal of Food*, 44(5): 770-780s.
- Nadal, J., Ávila, S., Boing, L., Pereira, M. M., de Quadros, D. A., Gibbert, L. and Ferreira, S. M. R.,** 2021, Influence of binary mixtures of cassava starch and rice flour on the chemical and sensory characteristics of gluten-free bread. *Research, Society and Development*, 10(3): e13910313120-e13910313120.
- Nainggolan, E. A., Banout, J. and Urbanova, K.,** 2023, Application of Central Composite Design and Superimposition Approach for Optimization of Drying Parameters of Pretreated Cassava Flour. *Foods*, 12(11): 2101p.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ndangui, C. B., Kimbonguila, A., Nzikou, J. M., Matos, L., Pambou-Tobi, N. P. G., Abena, A. A. and Desobry, S.,** 2010, Nutritive composition and properties physico-chemical of gumbo (*Abelmoschus esculentus* L.) seed and oil. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 2(1): 49-54pp.
- Nieto-Mazzocco, E., Saldaña-Robles, A., Franco-Robles, E., Rangel-Contreras, A. K., Cerón-García, A. and Ozuna, C.,** 2020, Optimization of sorghum, rice, and amaranth flour levels in the development of gluten-free bakery products using response surface methodology. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 44(1): e14302p.
- Noorlaila, A., Siti Aziah, A., Asmeda, R. and Norizzah, A. R.,** 2015, Emulsifying properties of extracted Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) mucilage of different maturity index and its application in coconut milk emulsion. *International Food Research Journal*, 22(2): 782-787pp.
- Novotni, D., Čukelj, N., Smerdel, B., Bituh, M., Dujmić, F. and Ćurić, D.,** 2012, Glycemic index and firming kinetics of partially baked frozen gluten-free bread with sourdough. *Journal of Cereal Science*, 55(2):120-125pp.
- Nurdjanah, S. and Nawansih, O.,** 2020, Physico-Chemical and Sensory Properties of Kelanting Made from High Quality Cassava Flour. In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science* 515 (1): 012066p.
- Olaniyan, A. M. and Omoleiyomi, B. D.,** 2013, Characteristics of okra under different process pretreatments and different drying conditions. *Journal of Food Processing and Technology*, 4(6): 1-6pp.
- Omran, A. A. and Mahgoub, S. A.,** 2022, Quality evaluation of gluten-free flat bread prepared by using rice and millet flour. *British Food Journal*, 124(12): 4406-4419pp.
- Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G. and Lindhauer, M. G.,** 2011, Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3): 681-686pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Osella, C.A., de la Torre, M.A. and Sánchez, H.D.,** 2014, Safe Foods for Celiac People. *Food and Nutrition Sciences*. (5): 787-800pp.
- Padalino, L., Conte, A. and Del Nobile, M. A.,** 2016, Overview on the general approaches to improve gluten-free pasta and bread. *Foods*, 5(4): 87p.
- Pasqualone, A., Caponio, F., Summo, C., Paradiso, V. M., Bottega, G. and Pagani, M. A.,** 2010, Gluten-free bread making trials from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour and sensory evaluation of the final product. *International Journal Of Food Properties*, 13(3): 562-573pp.
- Peñalver, R., Ros, G. and Nieto, G.,** 2023, Development of Gluten-Free Functional Bread Adapted to the Nutritional Requirements of Celiac Patients. *Fermentation*, 9(7): 631pp.
- Petri, D. F.,** 2015, Xanthan gum: A versatile biopolymer for biomedical and technological applications. *Journal of Applied Polymer Science*, (132): 23p.
- Petropoulos, S., Fernandes, Â., Barros, L. and Ferreira, I. C.,** 2018, Chemical composition, nutritional value and antioxidant properties of Mediterranean okra genotypes in relation to harvest stage. *Food Chemistry*, (242): 466-474pp.
- Pezzali, J. G., Suprabha-Raj, A., Siliveru, K. and Aldrich, C. G.,** 2020, Characterization of white and red sorghum flour and their potential use for production of extrudate crisps. *Plos one*, 15(6): e0234940pp.
- Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A. and Schoenlechner, R.,** 2012, Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56(2): 389-395pp.
- Pineli, L., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B., de Oliveira, V. R. and de Alencar Figueiredo, L. F.,** 2015, The use of sorghum to produce gluten-free breads: A systematic review. *Journal of Advanced Nutrition and Human Metabolism*, 65(2): 944p.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Popescu, A. and Condei, R.,** 2014, Some considerations on the prospects of Sorghum crop. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering In Agriculture And Rural Development*, 14(3): 295-304pp.
- Pornpraipech, P., Khusakul, M., Singklin, R., Sarabhorn, P. and Areeprasert, C.,** 2017, Effect of temperature and shape on drying performance of cassava chips. *Agriculture and Natural Resources*, 51(5): 402-409pp.
- Qin, W., Lin, Z., Wang, A., Chen, Z., He, Y., Wang, L. and Tong, L. T.,** 2021, Influence of particle size on the properties of rice flour and quality of gluten-free rice bread. *LWT*, (151): 112236p.
- Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C. and Mena, M. C.,** 2014, Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59(3): 354-364pp.
- Şahan, A.,** 2022, Glütensiz kek üretiminde unu kullanım olanaklarının araştırılması (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Serna-Saldívar, S. O., Gutiérrez-Urbe, J. A., Mora-Rochin, S., and García-Lara, S.,** 2013, Potencial nutracéutico de los maíces criollos y cambios durante el procesamiento tradicional y con extrusión. *Revista fitotecnia mexicana*, (36): 295-304pp.
- Sami, R., Lianzhou, J., Yang, L., Ma, Y. and Jing, J.,** 2013, Evaluation of fatty acid and amino acid compositions in okra (*Abelmoschus esculentus*) grown in different geographical locations. *BioMed Research International*, 2013p.
- Schober, T. J.,** 2009, Manufacture of gluten-free specialty breads and confectionery products. *Gluten-Free food Science and Technology*, 130-180pp.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H. and Arendt, E. K.,** 2005, Gluten-free bread from sorghum: quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4): 394-404pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sekin, Y. ve Karagözlü, N.**, 2004, Gıda Mikrobiyolojisi. Gıda Endüstrisi için Temel Esaslar ve Uygulamalar. Literatür Yayınları:115. İstanbul, 358 s.
- Singh, P., Arora, A., Strand, T. A., Leffler, D. A., Catassi, C., Green, P. H. and Makharia, G. K.**, 2018, Global prevalence of celiac disease: systematic review and meta-analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 16(6): 823-836pp.
- Sigüenza-Andrés, T., Gallego, C. and Gómez, M.**, 2021, Can cassava improve the quality of gluten free breads?. *LWT*, 14(9): 111923pp.
- Sivaramakrishnan, H. P., Gangadharappa, H. V. and Mehta, N.**, 2018, Effect of xanthan gum on the quality characteristics of gluten-free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5): 1906-1913pp.
- Skendi, A., Papageorgiou, M. and Varzakas, T.**, 2021, High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. *Foods*, 10(9): 1997pp.
- Stepniak, D. and Koning F.**, 2006, Celiac Disease-Sandwiched Between Innate and Adaptive Immunity, *Human Immunol*, 67: 460–468pp.
- Stone, GD.**, 2002, Both Sides Now. *Current Anthropology* 43(4): 611- 630pp.
- Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., Jos, B., Taufani, M. and Yahya, F.**, 2017, May Modification of cassava starch using combination process lactic acid hydrolysis and microwave heating to increase coated peanut expansion quality. *In AIP Conference Proceedings* 184 (01): 060005p.
- Taylor, J. R., Schober, T. J. and Bean, S. R.**, 2006, Novel food and non-food uses for sorghum and millets. *Journal of Cereal Science*, 44(3): 252-271pp.
- TGK (Türk Gıda Kodeksi)** Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. *Resmi Gazete*, 04.01.201228163, Tebliğ No:2012/2, Ankara, 2012
- Trappey, E. F., Khouryieh, H., Aramouni, F. and Herald, T.**, 2015, Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 21(3): 188-202pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tufaro, Deborah, Angela Bassoli. and Carola Cappa.,** 2022, "Okra (*Abelmoschus esculentus*) Powder Production and Application in Gluten-Free Bread: Effect of Particle Size." *Food and Bioprocess Technology* 15(4): 904-914pp.
- Tuluk, K., Tavman, Ş., Altinel, B., Kumcuoğlu, S. ve Glaue, Ş.,** 2018, Farklı Oranlarda bamya tohumu ikamesinin Beyaz Ekmeğin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Tralleis Elektronik Dergisi*, 3(2):139-153s.
- Turkut, GM, Çakmak, H., Kumcuoğlu, S. ve Tavman, S.,** 2016, Kinoa ununun glutensiz ekmek hamuru reolojisi ve ekmek kalitesi üzerine etkisi. *Tahıl Bilimi Dergisi*, (69): 174-181s.
- Velázquez, N., Sánchez, H., Osella, C. and Santiago, L. G.,** 2012, Using white sorghum flour for gluten-free breadmaking. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(4): 491-497pp.
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M. and Polzonetti, V.,** 2016, Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35(6): 1236–1241pp.
- Wang, S., Wang, J., Wang, S. and Wang, S.,** 2017, Annealing improves paste viscosity and stability of starch. *Food Hydrocolloids*, 62: 203-211pp.
- Wunsch, N.-G.,** 2020–2025, Gluten-Free Food Market Value Worldwide Available online: <https://www.statista.com/statistics/248467/global-gluten-free-food-market-size/> (accessed on 1 June 2021).
- Xu, J., Zhang, Y., Wang, W. and Li, Y.,** 2020, Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in food Science and Technology*, (103): 200-213pp.
- Xu, K., Guo, M., Roman, L., Pico, J. and Martinez, M. M.,** 2020, Okra seed and seedless pod: Comparative study of their phenolics and carbohydrate fractions and their impact on bread-making. *Food Chemistry*, (317): 126387pp.
- Yalçın, E. and Arslan, A.,** 2021, Wet milling technology of cereal and pseudocereals. *Gıda-Journal of Food*, 46(2): 463-473pp.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Yarpuz, D.**, 2011, Glütensiz ekmek üretimi üzerine araştırmalar. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Konya, Türkiye, 113s.
- Yıldız, B., Çakıcı, A., Uslu, D. Y. ve Hasan, U. S. L. U.**, 2021, Ekmek üretiminde ekşi maya üzerine taze meyvelerin kullanımının etkisi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1): 150-159pp.
- Yuennan, P., Sajjaanantakul, T. and Goff, H. D.**, 2014, Effect of okra cell wall and polysaccharide on physical properties and stability of ice cream. *Journal of Food Science*, 79(8): 1522-1527pp.
- Zaidiyah, Z., Nur, B. M., Lubis, Y. M., Nasution, I. S., Nadia, F. and Khaira, U.**, 2022, December. Loaf volume and porosity for sourdough bread based modified cassava flour by linier regression and sensory evaluation approach. Conference Series: *Earth and Environmental Science* 1116, (1): 012068p.
- Zhang, D., Ji, H., Liu, S. and Gao, J.**, 2020, Similarity of aroma attributes in hot-air-dried shrimp (*Penaeus vannamei*) and its different parts using sensory analysis and GC–MS. *Food Research International*, (137): 109517p.
- Zoghi, A., Mirmahdi, R. S. and Mohammadi, M.**, 2021, The role of hydrocolloids in the development of gluten-free cereal-based products for coeliac patients: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(7):3138-3147pp.

## TEŞEKKÜR

Tez danışmanım ve aynı zamanda gıda mühendisliği bölüm başkanımız olan Prof. Dr. Şebnem TAVMAN'a sabrı ve beni adım adım rehberleyerek eleştirel düşünme yeteneklerimi geliştirmeye olan kararlılığı için teşekkür ediyorum. Ayrıca, akademik organizasyon yardımları ve çalışmamı teknik ve profesyonel açıdan değerlendirdiği için minnettarım.

İkinci tez danışmanım olan Öğr. Gör. Dr. Burak ALTINEL'in çalışmam boyunca gösterdiği ilgi, bilgi ve deneyimden dolayı asla yardımını eksik etmediği için kendisine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında ve gerçekleştirilmesinde bilgilerini benimle paylaşan, samimiyetle ne zaman vakit istesem bana sunan ve ilgiyle yönlendiren, sorunlarımda tereddüt etmeden kendisine başvurabildiğim, güleryüzüyle bana destek olan Sayın Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU'nun doktora öğrencisi Kubra TULUK'a teşekkür borçluyum.

Ömrüm boyu ve özellikle yüksek lisans dönemimde karşılaştığım zorluklara karşı kararlı bir şekilde direnmemi sağlayan ve başarılı olacağıma dair sınırsız inançlarıyla beni destekleyen sevgili Babam Abakar Mahamat KAİLA'ya, sevgili annem Halima Adam İbnu ADAM'a ve sevgili kardeşlerime derin bir şükran duyuyorum.

Değerli Nişanlım Dr. Mbodou Moustapha ADJİ'e, akademik başarıyı sürdürmek için verdiği maddi ve manevi destek ile gösterdiği destekten dolayı son derece minnettarım. Kendisinin desteği, zor görüldüğü anlarda bile zorluk çıkarmadan benim yanımda olmasına yardımcı oldu.

Arş. Gör. Dr. Bilge Baştürk Berk'e tezimi baştan sona kadar özenle okuduğu teşekkür ederim.

18 / 09 / 2023

Abakar Kaıla SADIE

## ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini 2015 yılında Cheik Hamdan'da tamamlamış ardından 2015 yılında İstanbul'da TÖMER (Türkçe hazırlık dil eğitimi) başlamış ve 2016 yılında Kastamonu Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde lisans eğitimi yapmaya başlamıştır. Lisans eğitimi süresince Erasmus+ staj programı kapsamında öncelikle Almanya'da Elif's tortewel Süt Ürünleri firmasında zorunlu stajını tamamlamış, ardından aynı program dahilinde Hollanda'da Leiden şehrinde bulunan ÖZ&ER FOOD süt fabrikasında ikinci zorunlu stajını gerçekleştirmiştir. Lisans eğitiminin son döneminde, 4. dönem güz döneminde Polonya'da bulunan Kalisz Üniversitesi'nde Erasmus değişim programıyla eğitimini tamamlayan birey, Türkiye'ye döndüğünde hemen YTB kapsamında yüksek lisans burs başvurusunda bulunmuştur. Lisans eğitimini 2020 yılında 2.92 ortalama ile tamamlanmıştır. Lisans tezini "Yeşil Mercimek Bazlı Yenilebilir Film" konusunda hazırlamıştır. Eylül 2020'de YTB tarafından yüksek lisans bursu fırsatı sunulmuş ve ardından ara vermeden Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Gıda Teknolojisi Anabilim Dalı bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Yüksek lisans eğitimi süresince Erasmus değişim programı kapsamında 2021 güz döneminde Bordeaux Üniversitesi'nde eğitim almıştır.

Yüksek lisans tezi kapsamında hazırladığı poster sunumla 5.Geleneksel Gıdalar Sempozyumuna katılmıştır (Kaila A. S., Tuluk K., Altinel B. ve Tavman Ş., 2022. Kasava (kasava) unu, sorgum (sorghum) unu ve bamya tohumu tozu kullanarak fonksiyonel glütensiz ekmek geliştirilmesi, 5.Geleneksel Gıdalar Sempozyumu Bildiri Kitabı 24-26 Kasım 2022, Bursa. Ed: M. Korukluoğlu, G. Özcan Sinir, Ö. Özoğlu, ID 83 120p.)

## EKLER

Ek 1. Değerlendirme panel formu



## Ek 1. Değerlendirme panel formu

### DEĞERLENDİRME PANEL FORMU

Panelistin Adı, Soyadı:

Tarih:../.../.....

Aşağıda verilmiş olankalite kriterleri açısından size verilen kodlu örnekleri ayrı ayrı 5 puan üzerinde değerlendiriniz.

| Kod  | Kabuk rengi | Gözenel yapısı | Elastikiyet | Sertlik | Koku | Genel kabul edilebilir |
|------|-------------|----------------|-------------|---------|------|------------------------|
| 425  |             |                |             |         |      |                        |
| 761  |             |                |             |         |      |                        |
| 1528 |             |                |             |         |      |                        |
| 2649 |             |                |             |         |      |                        |
| 975  |             |                |             |         |      |                        |
| 358  |             |                |             |         |      |                        |
| 634  |             |                |             |         |      |                        |
| 3872 |             |                |             |         |      |                        |
| 147  |             |                |             |         |      |                        |
| 892  |             |                |             |         |      |                        |
| 216  |             |                |             |         |      |                        |
| 593  |             |                |             |         |      |                        |

5 puan: Çok iyi

4 puan: İyi

3 puan: Orta (kabul edilebilir)

2 puan: Zayıf (yeterli değil)

1 puan: Çok zayıf (Kötü)