**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hüsne KONUR**

# FARKLI HİDROKOLLOİD KOMBİNASYONLARININ EV TİPİ EKMEK MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN GLUTENSİZ EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2020**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# FARKLI FARKLI HİDROKOLLOİD KOMBİNASYONLARININ EV TİPİ EKMEK MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN GLUTENSİZ EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

**Hüsne KONUR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez …/05/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| …… | …… | ……. |
| Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER<br>DANIŞMAN | Prof. Dr. Haşim KELEBEK<br>ÜYE | Doç.Dr. Asiye AKYILDIZ<br>ÜYE |

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK**
**Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.**
**Proje No: FYL-2018-10597**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# ÖZ

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI HİDROKOLLOİD KOMBİNASYONLARININ EV TİPİ EKMEK MAKİNELERİNDE ÜRETİLEN GLUTENSİZ EKMEK NİTELİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

**Hüsne KONUR**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Yıl:2020 Sayfa: 86
Jüri : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK
: Doç.Dr. Asiye AKYILDIZ

Tez çalışmasında, farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarının ev tipi ekmek makineleri kullanılarak üretilen glutensiz ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ksantan gam(KS), hidroksipropil metil selüloz(HPMC), karboksimetil selüloz(CMC) ve metil selüloz(MC) olmak üzere dört farklı hidrokolloidin %3 ve %5 konsantrasyonlarda kullanılmalarıyla üretilen glutensiz ekmeklerin, nem, su aktivitesi, pişme kaybı, özgül hacim, renk, tekstür ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Hidrokolloidin kullanılmadığı 'Kontrol' örneği ve nişastalı ticari glutensiz karışım şeklinde satılan 'Ticari Ürün' kullanılarak üretilen glutensiz ekmekler ile karşılaştırılmıştır. En yüksek pişme kaybı değeri ve en düşük özgül hacim değeri kontrol ekmeğinden elde edilirken, en düşük pişme kaybı değeri KS+CMC'li, en yüksek özgül hacim değeri ise %5 konsantrasyonda MC'li glutensiz ekmeklerden elde edilmiştir. Hidrokolloid oranı artmasıyla KS, CMC ve KS+CMC'li glutensiz ekmekler haricinde özgül hacimde artış elde edilmiştir. Kontrol ekmeğinin en yüksek sertlik değerine, %5 konsantrasyonda HPMC+MC'li glutensiz ekmeklerin en düşük sertlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda genel kabul edilebilirlikde, en iyi sonucun %5 konsantrasyonda tüm hidrokolloidlerin kullanıldığı glutensiz ekmeklerde olduğu belirlenmiştir. Yumuşaklık, özgül hacim ve nem değerleri bakımından %5 konsantrasyonda HPMC+MC'li glutensiz ekmeklerin en iyi sonuçları verdiği bulunmuştur.

**Anahtar Kelime**: Çölyak, Glutensiz Ekmek, Hidrokolloid, Ekmek Makinesi

## ABSTRACT

## MSc THESIS

**THE EFFECT OF DIFFERENT HYDROCOLLOID COMBINATIONS ON GLUTEN-FREE BREAD QUALITY PRODUCED IN HOME TYPE BREAD MACHINES**

**Hüsne KONUR**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY**
**INSTITUTE OF BASIC AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING**

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Year: 2020, Pages: 86
Jury : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK
: Assoc. Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ

In this study, it was aimed to determine the effect of different types of hycolcolloid types and combinations on gluten-free bread qualities produced using home type bread machines. Xanthan gum(XG), hydroxypropylmethyl cellulose(HPMC), carboxymethyl cellulose(CMC) and methyl cellulose(MC) were used in 3% and 5% concentrations. Moisture, water activity, baking loss, specific volume, color, texture and sensory properties of gluten-free breads were determined. It is compared with the 'Control' sample where hydrocolloid is not used and the gluten-free breads produced using the 'Commercial Product' sold as a starch-based commercial gluten-free mixture. While the highest baking loss value and the lowest specific volume value were obtained from control bread, the lowest baking loss value was obtained in gluten-free breads with XG+CMC, and the highest specific volume value was obtained from gluten-free breads with 5% concentration MC. With the increase of hydrocolloid ratio, specific volume increase was obtained except for gluten-free breads of XG, CMC and XG+CMC. It has been determined that the control firmness has the highest hardness value and gluten-free bread with HPMC+MC at 5% concentration has the lowest hardness value. In sensory evaluation, in general acceptability, the best result was determined in gluten-free breads using all hydrocolloids at a concentration of 5%. Gluten-free breads with HPMC + MC at 5% concentration were found to be the most suitable in terms of softness, specific volume and moisture values.



**Keywords:** Celiac, Gluten-Free Bread, Hydrocolloid, Bread Machine

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Çölyak; tahıllarda bulunan “Prolamin” proteinlerinin tüketilmesi sonucunda ortaya çıkan ve "glutene hassas bağırsak sistemi" olarak tanımlanan bir gıda intoleransıdır (Gallagher, 2004; Gujral, 2004; Türksoy ve Özkaya, 2009; Lazaridou, 2007; İşleroğlu ve ark., 2009; Sabanis ve Tzia, 2010). Çölyaklılar için tahıllarda bulunan toksik prolamin proteinleri; buğdayda gliadin, arpada hordein, çavdarda sekalin ve yulafta avenin’dir (Ekmekci, 2014).

Çölyaklı bireylerin, gluten içeren gıdalarla beslenmesi sonucunda; ince bağırsak mukozasında meydana gelen immünolojik reaksiyonlar sonucu, ince bağırsak iç yüzeyinde absorpsiyonu sağlayan villuslar düzleşmektedir. Bağırsaklarda absorpsiyon yüzey alanı azaldığı için besin emilimi zorlaşmakta, zamanla vücutta kalsiyum, demir, folik asit ve yağda çözünür vitaminler gibi bazı grupların eksikliği ortaya çıkmaktadır (Turabi ve ark., 2009; Yıldız, 2012; Bulut, 2013; Tümer, 2014).

Çölyak hastalığına sahip bireylerde en sık karşılaşılan belirtiler; çocuklarda gelişme bozukluğu, boy kısalığı, karın ağrısı, şişlik, kilo kaybı, kusma, kronik ishal, kronik yorgunluk, yetişkinlerde ise bunlara ek olarak, osteoporoz (kemik erimesi), kemik mineral yoğunluğu düşüklüğü, bağışıklık sistemi hastalıkları olarak sıralanabilmektedir. Tek tedavisi yaşam boyu glutensiz diyet uygulaması olan bu hastalığa sahip bireylerin glutensiz diyetle beslenmesi durumunda, bağırsaklarda meydana gelen bu problemler azalma göstermekte ve/veya tamamen ortadan kalkmaktadır. Ancak gluten içeren gıdaların tekrar tüketilmeye başlanması halinde, yukarıda belirtilen bulgular yeniden ortaya çıkmaktadır (Bulut, 2013). Günümüzde çölyaklı bireylerin tüketimi için bazı firmalar tarafından gluten içermeyen ekmek, makarna, kek, bisküvi, gofret, puding gibi çeşitli ticari ürünler üretilmektedir. Ancak, bu ürünlerin, fiyatları yüksek olduğu için genellikle tüketicilerin alım gücünü zorlamaktadır (Turabi ve ark., 2009; Yücel, 2009; Seferoğlu, 2012; Tümer, 2014; Nicolae ve ark., 2016). Bu nedenle, hızla büyüyen glutensiz ürünler

piyasasında; tüketiciler ekmek, kek gibi glutensiz ürünleri nihai ürün şeklinde hazır olarak satın alabilecekleri gibi "glutensiz nişastalı karışımlar" biçiminde de alarak çeşitli ürünler hazırlayabilmektedir. Çölyak rahatsızlığına sahip bireyler, çoğunlukla nişasta esaslı olarak hazırlanan glutensiz karışımları kullanarak taze ekmekler yapabilmektedir. Glutensiz karışımlardan ekmek başta olmak üzere diğer fırıncılık ürünlerinin üretilmesinde, ev tipi bir mikser ile fırın dahil olmak üzere birçok donanıma, daha da önemlisi zaman ve iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, günümüzde yaygın biçimde kullanılan ekmek yapma makineleri ile ev koşullarında ekonomik, pratik ve hızlı biçimde ekmekler yapılabilmektedir. Bu tip makineler ile ekmek yapmak için gereken tek işlem; yoğurma haznesine un ve sıvı bileşenlerin konulmasıdır. Gerekli yoğurma, ara dinlendirme, havalandırma, şekil verme, fermentasyon ve pişirme işlemleri otomatik biçimde makine tarafından gerçekleştirilmektedir. Gluten içeren unlarda oldukça başarılı sonuçlar gösteren ekmek yapma makineleri ile ticari karışımlar kullanılarak glutensiz ekmek üretimi oldukça güçtür.

Diğer bir taraftan, yapılan literatür araştırması sonucunda ise ev tipi ekmek yapma makinesi kullanılarak glutensiz ekmek üretimi üzerine çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Kadan ve ark., 2001; Yano, 2010; Purhagen ve ark., 2012; Kawamura-Konishi, 2013).

Tüm bunlardan yola çıkarak, tez çalışması kapsamında çölyak hastaları tarafından ev tipi ekmek yapma makineleri kullanılarak kolaylıkla üretilip, taze bir şekilde tüketilebilecek glutensiz ekmek formülasyonlarının oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ksantan gam (KS), hidroksipropil metil selüloz (HPMC), karboksimetil selüloz (CMC) ve metil selüloz (MC), %3 ve %5 olmak üzere 2 farklı konsantrasyonda kullanılarak glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Glutensiz ekmeklerin bazı kalite niteliklerinin belirlenmesi amacıyla; nem, pişme kaybı, su aktivitesi, özgül hacim, renk, tekstür ve duyusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analiz sonuçları incelendiğinde, hidrokolloid oranındaki artışa bağlı olarak glutensiz ekmeklerin nem içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, en düşük nem içeriğinin, KS ve CMC'nin tek başına kullanıldığı glutensiz ekmeklere ait olduğu belirlenmiştir. Herhangi bir hidrokolloidin kullanılmadığı kontrol ekmeğinin en yüksek pişme kaybı değerine, %5 toplam hidrokolloid konsantrasyonunda KS ve CMC'nin birlikte kullanıldığı glutensiz ekmeklerin ise en düşük pişme kaybı değerine sahip olduğu saptanmıştır. Özgül hacim analizi sonuçlarına göre, en düşük düşük değer 2.00 g/mL olup kontrol örneğine ait iken, en yüksek özgül hacim değeri ise 3.76 g/mL olup MC'nin %5 oranında kullanıldığı glutensiz ekmeklere ait olduğu belirlenmiştir. Hidrokolloid oranının artışına bağlı olarak KS ve CMC'nin tek başına ve ikili kombinasyon halinde kullanıldığı glutensiz ekmekler haricinde, özgül hacim değerlerinde artış gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, KS ve CMC'nin tek başlarına kullanımları sonucunda en düşük özgül hacim değerleri elde edilirken; en yüksek özgül hacim değerleri ise HPMC ile MC'nin formülasyona dahil edildiği glutensiz ekmeklerde belirlenmiştir. Glutensiz ekmeklerin pişirilmelerinden sonra 24. saatte ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde, kontrol ekmeğinin en yüksek, HPMC ve MC'nin birlikte kullanıldığı örneklerde ise en düşük değere sahip olduğu gözlenmiştir. Öte yandan, KS ve CMC'nin tek başına ve ikili kombinasyon halinde kullanıldığı glutensiz ekmeklerde hidrokolloid konsantrasyonunun artışına koşut olarak sertlik değerinde artış, diğer tüm glutensiz ekmek örneklerinde ise azalış saptanmıştır. Bu durum hidrokolloid kullanımının özgül hacim değerleri üzerinde yarattığı etki ile açıklanabilmektedir. Duyusal analizlerde ise, glutensiz ekmekler arasında genel kabul edilebilirlik kıyaslamasında, anlamlı farklılıklar olmamakla birlikte, panelistlerce en beğenilen ekmekler, tüm hidrokolloidlerin birlikte kullanıldığı HD15 kodlu (4,3) glutensiz ekmekler olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, ev koşullarında ekmek yapma makinesi kullanılarak duyusal özellikler başta olmak üzere arzu edilir nitelikte glutensiz ekmeklerin kolaylıkla üretilebileceği düşünülmektedir. Sonraki ekmek yapma makinaları ile yapılacak

çalışmalarda, ekmeklerin besleyici değerinin geliştirilerek; yalancı tahıl veya baklagil unları ile lifçe zenginleştirilmiş karışımlar ile çölyak hastalığı olan bireylerin tüketimine sunulabileceği düşünülmektedir.

**TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim boyunca, çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerlendirilmesinde katkılarıyla beni yönlendiren, sabırla bana yol gösteren ve destekleyen, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, maddi ve manevi yardımını benden hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. M. Sertaç ÖZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma süreci boyunca hem analizlerin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde hem de bilgi alışverişi anlamında hep yardımcım Hocam ve arkadaşım olan Ar. Gör. G. Nil YAZICI'ya yardımları için teşekkür ederim.

Sonsuz sevgi, ilgi, sabır, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Emine KONUR ve iyi bir örnek ve rehber olmak istediğim kardeşim Mine KONUR'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi'ne FYL-2018-10597 koduyla proje kapsamında vermiş olduğu maddi desteklerden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ ..... I
ABSTRACT ..... II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... III
TEŞEKKÜR ..... VII
İÇİNDEKİLER ..... VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... X
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XII
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... XIV
1. GİRİŞ ..... 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 3
2.1. Ekmek ..... 3
2.2. Çölyak Hastalığı ..... 5
2.3. Nişasta ..... 8
2.3.1. Mısır Nişastası ..... 9
2.3.2. Patates Nişastası ..... 10
2.3.3. Pirinç Unu ..... 10
2.4. Hidrokolloidler ..... 12
2.4.1. Ksantan Gam ..... 13
2.4.2. Karboksi Metil Selüloz ..... 15
2.4.3. Hidroksi Propil Metil Selüloz ..... 15
2.4.4. Metil Selüloz ..... 16
2.5. Emülgatörler ..... 17
2.5.1. Gliserol Monostearat ..... 18
2.6. Glutensiz Ekmek Üretimine Yönelik Bazı Çalışmalar ..... 18
3. MATERYAL VE YÖNTEM ..... 25
3.1. Materyal ..... 25
3.2. Yöntem ..... 26

3.2.1. Glutensiz Ekmek Üretimi ..... 26
3.2.2. Analiz Yöntemleri ..... 28
3.2.2.1. Hammaddelere Uygulanan Kimyasal Analizler ..... 28
3.2.3. Ekmek Örneklerine Uygulanan Analizler ..... 28
3.2.3.1. Özgül Hacim, Pişme Kaybı ve Nem İçeriği Analizleri ..... 28
3.2.3.2. Renk Analizleri ..... 29
3.2.3.3. Tekstür Analizi ..... 29
3.2.3.4. Su Aktivitesi Analizi ..... 29
3.2.3.5. Duyusal Analiz ..... 29
3.2.4. İstatistiksel Analizler ..... 30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA ..... 31
4.1. Denemelerde Kullanılan Mısır Nişastası, Pirinç Unu ve Patates Nişastasının Özellikleri ..... 31
4.2. Ekmek Nitelikleri ..... 32
4.2.1. Özgül Hacim ..... 32
4.2.2. Nem ..... 35
4.2.3. Su Aktivitesi ..... 38
4.2.4. Pişme Kaybı ..... 40
4.2.5. Renk (L*, a*, b*, hue ve chroma) Değerleri ..... 42
4.2.6. Tekstür Analizleri ..... 49
4.2.6.1. Sertlik ..... 49
4.2.6.2. Çiğnenebilirlik ..... 52
4.2.6.3. Elastikiyet ..... 54
4.2.6.4. Yapışkanlık ..... 56
4.2.7. Duyusal Analiz Değerlendirmeleri ..... 58
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ..... 61
KAYNAKLAR ..... 65
ÖZGEÇMİŞ ..... 77
EKLER ..... 78

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**

Çizelge 3.1. Ekmek hamurunun bileşimi ..... 26
Çizelge 3.2. Hidrokolloid bileşimleri (%). ..... 27
Çizelge 4.1. Hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri. ..... 31
Çizelge 4.2. Glutensiz ekmek örneklerinin özgül hacim değerleri. ..... 33
Çizelge 4.3. Glutensiz ekmek örneklerinin % nem değerleri. ..... 36
Çizelge 4.4. Glutensiz ekmek örneklerinin su aktivitesi değerleri ..... 39
Çizelge 4.5. Glutensiz ekmek örneklerinin pişme kaybı değerleri. ..... 41
Çizelge 4.6. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (L*) değerleri. ..... 43
Çizelge 4.7. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (a*) değerleri. ..... 44
Çizelge 4.8. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (b*) değerleri. ..... 46
Çizelge 4.9. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (C) değerleri. ..... 47
Çizelge 4.10. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (h) değerleri. ..... 48
Çizelge 4.11. Glutensiz ekmek örneklerinin sertlik ( g ) değerleri. ..... 50
Çizelge 4.12. Glutensiz ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri. ..... 53
Çizelge 4.13. Glutensiz ekmek örneklerinin elastikiyet değerleri. ..... 55
Çizelge 4.14. Glutensiz ekmek örneklerinin yapışkanlık değerleri. ..... 57
Çizelge 4.15. Glutensiz ekmek örneklerinin duyusal analiz değerleri. ..... 59

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**

Şekil 3.1. Ekmek Yapma Makinası (Tefal SERIE B13-A)..... 25
Şekil 4.1. Glutensiz ekmek örneklerinin duyusal analiz değerleri..... 59

## SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| % | : Yüzde |
| KS | : Ksantan gam |
| HPMC | : Hidroksiproil metil selüloz |
| CMC | : Karboksi metil selüloz |
| MC | : Metil selüloz |
| GMS | : Gliserol Monostearat |
| SPSS | : Statistical Package for the Social Sciences |
| GG | : Guar gam |
| HD | : Hidrokolloid düzeyi |
| TTA | : Tekstür analizi |
| $a_w$ | : Su aktivitesi |

# 1. GİRİŞ

Beslenmemizde önemli bir yere sahip olan tahıl ve tahıl ürünlerinin insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Karaoğlu ve ark. 2002). Ancak bu ürünler, bazı kişilerde çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu rahatsızlıklardan biri de "Çölyak" hastalığıdır (Gallagher ve ark., 2004; McCarthy ve ark., 2005; Lazaridou ve ark., 2007; Arendt ve Bello, 2008; Türksoy ve Özkaya, 2009).

Çölyak hastalarının, gluten içeren gıdalarla beslenmesi sonucunda ince bağırsakların mukozasında meydana gelen immünolojik reaksiyonlar sonucu, ince bağırsak iç yüzeyinde absorpsiyonu sağlayan villuslar düzleşmektedir. Bağırsaklarda absorpsiyonun gerçekleştiği yüzey alanı azaldığı için, besin alımı zorlaşmakta ve zamanla vücutta kalsiyum, demir, folik asit ve yağda çözünür vitaminler gibi bazı grupların eksikliği ortaya çıkmaktadır (Turabi ve ark., 2009; Yıldız, 2012; Bulut, 2013; Tümer, 2014).

Çölyak hastalığının tek tedavisi yaşam boyu glutensiz diyet uygulanmasıdır (Liu ve ark., 2018; Calle ve ark., 2020). Çölyak hastalığı olan kişiler glutensiz diyetle beslendiklerinde, bağırsaklarında meydana gelen bu problemler azalma göstermekte ve/veya tamamen ortadan kalkmaktadır. Ancak tekrar gluten içeren gıdaların tüketilmeye başlanması halinde bulgular yeniden ortaya çıkmaktadır (Bulut, 2013; Benazir ve ark., 2019).

Günümüzde çölyak hastalarının tüketimi için bazı firmalar tarafından ekmek, makarna, kek, bisküvi, gofret, puding gibi çeşitli nihai ürünler hazır halde veya gluten içermeyen glutensiz nişastalı karışımlar halinde piyasaya sunulmaktadır. Ancak, bu ürünlerin, fiyatları yüksek olduğu için genellikle tüketicilerin alım gücünü zorlamaktadır (Turabi ve ark., 2009; Yücel, 2009; Seferoğlu, 2012; Tümer, 2014; Nicolae ve ark., 2016).

Günümüzde yaygın biçimde kullanılan ekmek yapma makineleri ev koşullarında ekonomik, pratik ve hızlı biçimde ekmek üretimine imkân sağlamaktadır. Bu tip makineler kullanılarak ekmek üretimi için gereken tek işlem; yoğurma haznesine un ve sıvı bileşenlerin konulmasıdır. Gerekli yoğurma, ara dinlendirme, havalandırma, şekil verme, fermentasyon ve pişirme işlemleri

otomatik biçimde gerçekleştirilmektedir. Gluten içeren unlarda oldukça başarılı sonuçlar gösteren ekmek yapma makineleri ile glutensiz karışımlar kullanılarak arzu edilir nitelikte ekmekler yapmak oldukça güçtür. Öte yandan literatürde ev tipi ekmek yapma makineleri kullanılarak hidrokolloid ilaveli glutensiz ekmek üretimine yönelik çalışmalar oldukça sınırlıdır.

Bu nedenle, bu çalışmada ev tipi ekmek yapma makineleri kullanılarak kolaylıkla ve hızlı bir şekilde hazırlanıp taze olarak tüketilmeye imkân sağlayacak, arzu edilir niteliklerde glutensiz ekmek formülasyonlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, ksantan gam, hidroksipropil metil selüloz, karboksimetil selüloz ve metil selüloz olmak üzere 4 farklı hidrokolloid tek başlarına ve kombinasyonlar halinde, %3 ve %5 olmak üzere, 2 farklı konsantrasyonda kullanılarak, 30 farklı glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, herhangi bir hidrokolloidin kullanılmadığı kontrol ekmeği ve piyasadan nişasta bazlı glutensiz karışım şeklinde temin edilen ürünle üretimi gerçekleştirilen glutensiz ekmekler ile nem, su aktivitesi, pişme kaybı, özgül hacim, renk, tekstür ve duyusal nitelikler açısından karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

%5 konsantrasyonda tek başına kullanılan MC'nin, özgül hacimce en yüksek değere, %5 konsantrasyonda HPMC+MC'nin kombinasyonu HD9, sertlik yönünden en düşük değere ve %5 konsantrasyonda KS+HPMC+CMC+MC'nin kombinasyonundan elde edilen HD15'in, duyusal değerlendirme yönünden en beğenilen ve tercih edilen özelliklere sahip ekmekler olduğu saptanmıştır. Evde tipi ekmek makineleri kullanılarak beğenilen nitelikteki ekmeklerin kolaylıkla üretilebileceği, besleyici değeri sahip ek ürünlerin kullanılarak, glutensiz ekmek üretiminde kullanılabileceği, bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, ekmeklerin besleyici değerinin geliştirilerek; yalancı tahıllar ve baklagil unları gibi lifçe zengin besinsel yönden besleyici karışımlar da üretilebilir.

Araştırmada sonucunda ev koşullarında ekmek yapma makinesi kullanılarak beğenilen nitelikte glutensiz ekmeklerin kolaylıkla üretilebileceği belirlenmiştir.

# 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde tarım yapılabilir alan içerisinde tahıl ürünlerinden biri olan buğday, toplam alanda büyük bir paya sahiptir. Kapladığı alan büyüklüklerine göre buğdayı sırasıyla; arpa, mısır, çeltik, çavdar, yulaf ve darı izlemektedir (TUİK, 2016).

Buğday ve diğer tahılların öğütülmesiyle elde edilen un; ekmek, kek, büsküvi ve diğer tüm fırıncılık ürünlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Özkaya, 1986).

## 2.1. Ekmek

Türk Gıda Kodeksi, ekmek çeşitleri tebliğinde değişiklik yapılması hakkında tebliği'ne göre, buğday ununa; su, tuz, maya (*Saccharomyces cerevisiae*) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermentasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürününe ekmek denir (TGK, 2012).

Ekmek üretiminde genellikle buğday unu kullanılmakta olup; kullanılan unun, çeşitli katkıların ve üretim metotlarının farklılıklarına göre ekmeklerinçeşitli şekillerde gruplandırılması mümkündür (Özer, 1988).

Ekmek yapımında kullanılacak unda kalite kriterleri sırasıyla; protein miktarı, protein kalitesi, su absorpsiyonu, yoğurma süresi, fermentasyon toleransı, hamurun gaz tutma kapasitesi ve rengidir (Anton ve Artfield, 2008; Özerdem, 2018). Başka bir ifade ile fırın ve fırıncılık ürünlerinde; buğdaydan elde edilen unun işlenebilirliği, buğdaydan gelen protein miktarı ve kalitesi ile ilişkilidir (Çiftçi, 2002; Salehi, 2019). Gluten oluşturan proteinler, literatürde depo proteinleri olarak da ifade edilmektedir. Tahıllardaki depo proteinleri, etanolde çözünebilen prolaminler ve polimerik gluteninler olmak üzere iki grup altında incelenmektedir (Masure ve ark., 2016; Hayıt, 2018; Shahbazi ve ark., 2019).

Glutenin'ler hamurun uzamaya karşı direncinin oluşumunda görev alırken; gliadinler ise, hamurun önemli reolojik özelliklerinden olan uzayabilirlik niteliklerini geliştirir (Gujral ve Rosell, 2004; Benazir ve ark., 2019).

Glutenin ve gliadin proteinleri su ile hidrate olduğunda, hamur içerisinde sürekli bir viskoelastik ağ oluşturmakta ve bu ağ plastik ve elastik yapıdaki gluteni meydana getirmektedir (Lazaridou ve ark., 2007; Dizlek, 2011; Özuğur, 2011; Mahmoudi ve ark., 2013; Mohammadifar ve ark., 2015; Hayıt, 2018; Benazir ve ark., 2019). Türk Gıda Kodeksi, gluten intoleransı olan bireylere uygun gıdalar tebliği'ne göre, gluten, bazı bireylerin tolere edemediği, suda ve 0.5 molar sodyum klorür çözeltisinde çözünmeyen; buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melezlerinde ve türevlerinde bulunan protein fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2012).

Hamurun iskeletini gluten meydana getirir (Houben ve ark.,2012; Deora, 2014). Bu nedenle, gluten, hamur kompleksinde arzu edilen hacmi ve dokuyu elde etmek için yapıda yeterli miktar ve kalitede bulunmalıdır (Mahmoud vd., 2013; Mohammadifar ve ark., 2015).

Gluten tam hidrolize olduğunda lastiksi bir yapı halini alarak elastik ve viskoz özellik gösterir (Gujral ve Rosell, 2004; Anton ve Artfield, 2008; İşleroğlu ve ark., 2009; Benazir ve ark., 2019). Glutenin ve gliadin ile çapraz bağlanarak viskoelastik yapı oluşturması sayesinde, fermentasyon sırasında mayalar tarafından üretilen CO2 gazını yapıda tutabilmektedir (Mohammadifar ve ark., 2015). Gluten, mayaların oluşturduğu $CO_2$ gazını, hamur içinde tutarak ekmeğin kabarmasını, gözenekli yapıyı ve ekmek fırından çıktıktan sonra ürünün daha yumuşak biçimde muhafazasını sağlayan protein kompleksidir (Tzia ve Sabanis, 2010; Mahmoudi ve ark., 2013; Özerdem, 2018; Hayıt, 2018; Salehi, 2019).

Pişirme sırasında gluten denatüre olurken, nişasta jelatinize olmaktadır. Nihai ürünün iç yapısı ile hacminin gelişmesini sağlarken, şeklini ise stabilize etmektedir (Özuğur, 2011). Glutenin elastikiyeti arttırması pişmiş ürünün tekstürünü etkiler.

Bileşiminde gluten bulunan ürünler, bazı kişilerde çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bu rahatsızlıklardan biri de "Çölyak" hastalığıdır (Gallagher ve ark., 2004; McCarthy ve ark., 2005; Lazaridou ve ark., 2007; Arendt ve Bello, 2008; Türksoy ve Özkaya, 2009; Deora ve ark., 2014; Gómez ve ark., 2015b; Mohammadifar ve ark., 2015; Gumul, Ziobro ve ark., 2017; Prinyawiwatkul ve ark., 2018).

## 2.2. Çölyak Hastalığı

Çölyak hastalığı tanımı ilk olarak, M.S. 250 yıllarında Yunanlı fizikçi Aretaeus'un kayıtlarında rastlanmaktadır. Arateus, hastalarını "bağırsaklarından hasta" anlamına gelen "koilliakos" şeklinde tanımlamıştır. 1856'da Yunanca'dan İngilizce'ye "Celiacs" şeklinde çevrilmiş olup, Türkçe'de ise "Çölyak" olarak ifade edilmektedir.

Çölyak, eski çağlardan beri bilinmesine rağmen, teşhis yöntemlerinde meydana gelen gelişmeler sonucunda ancak 1950'lerde, gluten'in çölyak hastalarında klinik belirtilerin görülmesinden sorumlu olduğu anlaşılabilmiştir (Tümer, 2014).

Çölyak hastalığı, genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan, bağırsak problemi ile karakterize edilen ve glutene duyarlı kişilerde gluten içeren gıdaların alınmasından sonra ortaya çıkan bir emilim bozukluğudur (malabsorpsiyon) (Gallagher, 2004; Gujral, 2004; Lazaridou, 2007; İşleroğlu ve ark., 2009; Turabi ve ark., 2009; Türksoy ve Özkaya, 2009; Yücel, 2009; Sabanis ve Tzia, 2010; Yıldız, 2012; Bulut, 2013; Deora, 2014; Tümer, 2014; Mohammadi ve ark., 2014; Mohammadifar ve ark., 2015; Arendt ve ark., 2016; Nicolae ve ark., 2016; Hayıt ve Gül, 2017; Gani ve ark., 2017; Gumul ve ark., 2017; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018, Benazir ve ark., 2019; Salehi, 2019).

Buğdayın yanı sıra gliadinlerin homoloğu olan prolaminleri içeren çavdar, arpa, yulaf ve tritikale elde edilen ürünlerinin tüketilmesi de çölyak hastaları için sakıncalıdır (Türksoy ve Özkaya, 2009; Nicolae ve ark., 2016; Gumul ve ark.,

2017; Skendi ve ark., 2018). Çölyaklılar için tahıllarda bulunan toksik prolamin proteinleri; buğdayda gliadin, arpada hordein, çavdarda sekalin ve yulafta avenin'dir (Anton ve Artfield, 2008; Deora, 2014; Ekmekci, 2014; Gumul ve ark., 2017; Hayıt ve Gül, 2017; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Berta ve ark. 2019; Benazir ve ark., 2019). Gliadin proteini için α, β, γ ve ω olmak üzere dört farklı alt fraksiyon tanımlanmış olup bu hastalıkla ilişkili en zararlı protein yapısının α fraksiyonu olduğu belirtilmiştir (Türksoy ve Özkaya, 2009).

Çölyak hastalığında vücudun bağışıklık sistemi, gluten için anormal tepkiler göstermektedir. Bu durum, ince bağırsağın inflamasyonuna sebep olmakla birlikte; bağırsakta kalsiyum, demir, A, D, E, K ve folat gibi çeşitli vitamin ve minerallerin emiliminin azalmasına yol açmaktadır (Turabi ve ark., 2009; Yücel, 2009; Yıldız, 2012; Bulut, 2013; Tümer, 2014; Mohammadifar ve ark., 2015; Witczak ve ark., 2016a; Gumul ve ark., 2017; Hayıt, 2018; Skendi ve ark., 2018; Benazir ve ark., 2019).

Çölyak hastaları, gluten içeren gıdalar tükettiği zaman sindirim bozukluğundan kaynaklanan belirtiler ortaya çıkmaktadır (Skendi ve ark., 2018). Kabızlık çölyak hastalarının en ciddi sorunlarından biridir. Çocuklarda gelişme bozukluğu, boy kısalığı, ishal, yağlı ve kötü kokulu dışkı, kilo kaybı, iştahsızlık, demir eksikliği anemisi, kusma, karın şişliği, kronik yorgunluk ve halsizlik gibi belirtiler göstermektedir. İleri yaşlarda ise, osteoporoz (kemik erimesi), kemik mineral yoğunluğunun düşük olması, bağışıklık sistemi hastalıkları, düşük, kısırlık, insüline bağlı diyabet, tiroit, kas krampları, deri rahatsızlıkları ve bağırsak kanseri gibi pek çok hastalığa neden olmaktadır. Bu olumsuz durumlar; bağışıklık sisteminin gluteni yabancı bir antijen olarak algılamasından kaynaklanan vücut savunmasıdır (Anton ve Artfield, 2008; Özuğur, 2011; Witczak ve ark., 2016a; Gumul ve ark., 2017; Serin ve Akbulut, 2017; Prinyawiwatkul ve ark., 2018; Benazir ve ark., 2019).

Gluten içermeyen gıdalar için düzenlenen "Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği" (Tebliğ No: 2012/4): Gluten

intoleransı olan bireylerin özel beslenme ihtiyaçlarının sağlanması için özel olarak formüle edilen, işlenen veya hazırlanan özel beslenme amaçlı gıdaların tekniğine uygun ve hijyenik şekilde üretim, hazırlama, işleme, muhafaza, depolama, taşıma ve pazarlamasını sağlamak üzere özelliklerini düzenlemek üzere hazırlanmıştır. Tebliğ kapsamındaki ürünlere ait özellikler iki bölümde tanımlanmaktadır. Bunlar:

Gluten intoleransına sahip bireyler için üretilen, gluten seviyesini azalmak amacıyla dikkatli düzeyde işlenmiş buğday, arpa, yulaf, çavdar veya bunların melez türlerinden elde edilmiş bir veya birden fazla bileşeni içeren veya bunlardan oluşan, son tüketiciye sunulacak gıdada gluten miktarı 100 mg/kg'yi geçmemeli ve tüketiciye ulaşan gıdadaki gluten seviyesinin 20 mg/kg'yi aşmaması şartıyla "glutensiz" ibaresi kullanılabilir, şeklinde bildirilmektedir (TGK, 2008).

Codex Alimentarus'a göre ise benzer biçimde glutensiz gıdalar;

(a) Buğday, çavdar, arpa veya bu tahılların melezlerinin prolaminlerini içermeyen bileşenlerden üretilen ve gluten seviyesi 20 mg/kg'i geçmeyen,
(b) Buğday, çavdar, arpa, yulaf, kılçıksız buğday ve bu tahılların melezlerinden glutensiz bileşenleri içeren ve gluten seviyesi 200 mg/kg'i geçmeyen,
(c) İki maddedeki bileşenlerden ikisinin karışımı olup gluten seviyesi 200 mg/kg'i geçmeyen gıdalar olarak üçe ayrılmıştır (Özuğur ve Hayta, 2011; Gani ve ark., 2017).

Unda yapısal protein olan gluten, hamurun viskoelastik özelliklerinden ve fermentasyon süresince gaz tutabilme yeteneğinden sorumludur. Bu sayede, çoğu fırıncılık ürününün görünüş ve iç yapısına katkıda bulunmakta ve hamurun pişme ve reolojik özelliklerinde önemli bir rol oynamaktadır (Gallagher ve ark., 2004; Demirkesen ve ark., 2010; Hatipoğlu, 2016).

Gluten'in yapıdan uzaklaştırılmasıyla sıvı bir hamur elde edilmekte ve pişirilmiş nihai üründe birçok kalite ve tekstür kayıplarına sebep olmaktadır (Anton

ve Artfield, 2008; Demirkesen ve ark., 2010; Tzia ve Sabanis, 2010; Özuğur, 2011; Houben ve ark.,2012; Sciarini ve ark., 2012; Elgeti ve ark.,2015; Mohammadifar ve ark., 2015; Witczak ve ark., 2016a; Shah ve ark., 2016; Gani ve ark., 2017; Arendt ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Witczak ve ark., 2019).

Glutensiz gıdaların üretilmesinde ana bileşen olarak; patates unu, mısır unu, mısır nişastası, pirinç unu, pirinç nişastası ve benzeri diğer nişastalar kullanılmaktadır (Gallagher ve ark., 2004; Demirkesen ve ark., 2010; Houben ve ark.,2012; Seferoğlu, 2012; Deora, 2014; Tümer, 2014; Hatipoğlu, 2016; Gumul ve ark., 2017; Morreale ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Patil ve Arya, 2019; Berta ve ark. 2019; Witczak ve ark., 2019). Bunun yanı sıra gluten içermeyen; amarant, karabuğday, mısır, darı, kinoa, soya, teff unları ve nişastaları glutensiz ürünlerin yapımında ana veya karışım bileşeni olarak kullanılabilmektedir (Gallagher ve ark., 2004; Demirkesen ve ark., 2010; Hatipoğlu, 2016; Witczak ve ark., 2016b; Liu ve ark., 2018; Patil ve Arya, 2019; Calle ve ark., 2020).

Gluten içermeyen hammaddelerden üretilen fırıncılık ürünleri; arzu edilmeyen yapısal özelliklere sahip olup, düşük hacimli, çabuk bayatlayan ve kolay ufalanabilir yapıdadır (Yücel, 2009; Houben ve ark., 2012; Shah ve ark., 2016; Witczak ve ark., 2016b; Morreale ve ark., 2018; Patil ve Arya, 2019; Witczak ve ark., 2019; Calle ve ark., 2020).

### 2.3. Nişasta

Nişasta; çoğu bitkide temel depo polimer yapılardan biri olup, canlı bünyesinde enerji üretiminde kullanılır. Tahıl tanelerinin endosperm kısmında bulunan amilopektin ve amilozların glikozit bağlarıyla bağlanmasıya meydana gelmiştir. Yapıları α-1,4 glikozidik bağ ile bağlı olanlara amiloz; α-1,4 ve α-1,6 glikozidik bağıyla bağlı olanlar amilopektin olarak adlandırılmaktadır. Amiloz, kristalizasyonda etkili olmakla birlikte sert ve güçlü jel yapı oluşumunda etkili iken amilopektin, suda çözünür ve retrogradasyonda yavaş olmasından dolayı zayıf ve yumuşak jel oluşturmaktadır. Buğday, patates, pirinç, mısır nişasta açısından

oldukça zengin kaynaklar olup, gıda üretiminde kullanılan kaynakların en başında gelmektedir (Witczak ve ark., 2016b; Patil ve Arya, 2019).

### 2.3.1. Mısır Nişastası

Ülkemiz tahıl üretiminde buğday ve arpadan sonra mısır, üçüncü sırada yer almakta olup ülkemizin hemen hemen her bölgesinde yetiştirilebilmektedir. Mısır, yaş öğütme işleminden sonra en çok elde edilen ürün, nişastadır.

Mısır nişastası, beyaz toz formda, yaklaşık olarak bileşiminde %0.25 protein, %0.65 yağ, %0.1'den az mineral madde bulunan, amiloz oranı %25-28 arasında, amilopektin oranı ise %72-75 arasında değişen bir mısır ürünüdür.

Mısır nişastası başta gıda sektörü olmak üzere, çeşitli sektörlerde kalınlaştırıcı, stabilizatör, nem tutucu, film oluşturucu, yapı düzenleyici ve bağlayıcı olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2019a).

Glutensiz gıda üretiminde ise patates unu, mısır unu, mısır nişastası, pirinç unu, pirinç nişastası ve benzeri diğer nişastalar şeklinde en çok kullanılan ana bileşenlerden biridir (Gallagher ve ark., 2004; Demirkesen ve ark., 2010; Houben ve ark.,2012; Seferoğlu, 2012; Deora, 2014; Tümer, 2014; Hatipoğlu, 2016; Gumul ve ark., 2017; Mu ve ark., 2017; Patil ve Arya, 2019).

Dizlek ve Özer (2016) yapmış oldukları çalışmada, mısır nişastası bazlı glutensiz ekmek üretiminde %1 ve %2 olmak üzere 2 farklı konsantrasyonda KS ve HPMC kullanılmıştır. Ksantan gam kullanılan glutensiz ekmeklerin iyi gözenek yapısına sahip olduğu, HPMC kullanılan örneklerin ise ksantan gam kullanılan örneklerle karşılaştırıldığında daha yüksek ekmek hacmine sahip olduğu bildirilmiştir.

Diğer bir araştırmada, glutensiz ekmek üretiminde hammadde olarak mısır unu, mısır nişastası, pirinç unu, patates nişastası karışımı; hidrokolloid kaynağı olarak ise CMC, guar gam (GG), KS, HPMC kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, hidrokolloid ilavesinin glutensiz ekmeklere ait sertlik değerlerinde azalmaya

sebep olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, hidrokolloidler arasında HPMC ve GG'nin spesifik hacim değerlerinde artış yarattığı bildirilmiştir (Mezaize ve ark.,2009).

### 2.3.2. Patates Nişastası

Patates nişastası, diğer nişastalara göre daha geniş granül yapısının yanı sıra, saydamlığı ve viskozitesi yüksek bir hamur oluşturma özelliği ile de bilinir. Ortalama granül büyüklüğü çoğunlukla 30 mikron iken, granül çapları 5 ile 100 mikron arasında değişmektedir. Patates nişastasında amiloz oranı %20-21 arasında, amilopektin oranı ise %79-80 arasında değişmektedir. Jelleşme derecesi, diğer doğal nişastalarla karşılaştırıldığında, doğal patates nişastasının çok daha düşük derecelerde (59-68°C) jelleşmeye başladığı ifade edilmektedir.

Patates nişastası; gıda sektörü başta olmak üzere, çeşitli sektörlerde bağlayıcı, kalınlaştırıcı, yapı düzenleyici ve yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2010).

Yapılan bir çalışmada, mısır ve patates nişastasının değişen oranlarda pirinç unu ile birlikte kullanımının glutensiz ekmeklerin kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buna göre, farklı nişasta ve un kaynakları kullanımının, hamur viskoelastik özellikleri ile ekmek hacmi ve iç yapsını etkilediği ifade edilmiştir. Ayırca, büyük granüler yapıdaki patates nişastası ve mısır nişastasının sürekli bir nişasta matrisi oluşturamadığı, bu nedenle de düşük özgül hacim, elastikiyet, yapışkanlık ve esneklik ile yüksek sertlik değerine sahip nihai ürün elde edilmesine sebep olduğu bildirilmiştir (Martinez ve Gomez, 2017).

### 2.3.3. Pirinç Unu

Pirinç, buğdaygiller familyasından, sırasıyla buğday ve mısırla birlikte en fazla ekim alanına ve beslenmede önemli bir yere sahip olan bitki türüdür. Pirinç unu ise kabuksuz, renksiz, yavan bir tadı olan antialerjik bir üründür. Buğday proteini ile karşılaştırıldığında pirinç, daha dengeli aminoasit profiline ve yüksek lisin içeriğine sahiptir. (Gujral ve Rosell, 2004; Yu ve ark., 2012; Hayıt, 2018).

Pirinç unu, TS 2639 standardında ince öğütülmüş, kaba kısımları elenerek ayrılmış pirinç mamülü olarak tanımlanmaktadır. Genel özellikleri;

- Pirinç ununda nem miktarı %14'den fazla olmamalı,
- Protein miktarı (kuru madde de) %6'nın altında olmamalı,
- Pirinç ununda kuru madde de kül %0,7'den fazla olmamalı,
- Pirinç ununun mikroskobik incelenmesinde pirinç nişastasından başka nişasta granülü görülmemelidir (Türk Standartları Enstitüsü, 1977).

Pirinç unu, glutensiz ürünlerin üretiminde en çok kullanılan gluten içermeyen hammaddedir (Lazaridou ve ark., 2007; Mezaize ve ark., 2009; Yarpuz, 2011; Houben ve ark.,2012; Sciarini ve ark., 2012; Demirkesen, 2013; Kim ve ark., 2015; Mohammadi ve ark., 2015; Martinez ve Gomez, 2017). Beyaz renkte, kendine has yumuşak bir tada sahip, kolay temin edilebilen, ucuz bir üründür. Öte yandan, kolay sindirilebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması ve alerjik olmayan özelliklerinden dolayı çölyak hastalarının diyeti için önemli bir hammadde olmaktadır (Hayıt, 2018). Ancak, yapısal özellikleri gereği bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. %2,5-3,5 kadar eser miktarda prolamin grubu içermesi sebebiyle, ekmek yapımında tek başına pirinç unu kullanıldığında sınırlı etkilere sahip olmaktadır. Bunun sonucunda, su ile birlikte yoğurulduğu zaman viskoelastik bir hamur elde edilememekte ve fermentasyon boyunca pirinç proteinleri oluşan gazı tutamamaktadır (Gujral ve Rosell, 2004).

Bu nedenle, glutensiz fırıncılık ürünlerinde hammadde olarak başta mısır nişasta ve pirinç unu ve/veya nişastaları kullanılarak üretilen mevcut kalite kayplarını giderebilmek amacıyla bazı yapı geliştirici yardımcı katkı maddeleri kullanılmaktadır.

## 2.4. Hidrokolloidler

Gam olarak da adlandırılan hidrokolloidler, yüksek molekül ağırlığına sahip uzun zincirli polimerler olup suda çözünme özelliğine sahip polisakkaritlerdir (Yücel, 2009, Doğan, 2012). Deniz yosunlarından, çeşitli bitkilerden, hayvanların kollajen dokularından, fermentasyon veya kimyasal yollarla farklı türde hidrokolloidler elde edilebilmektedirler (Arendt ve Bello, 2008; Houben ve ark., 2012; Kadağan, 2015).

Hidrokolloidler, suda dağılabilen ve/veya çözünebilen, kıvam artırıcı polimerik karbonhidratlar şeklinde de açıklanmaktadır (Yücel, 2009). Yüksek su tutma kapasitelerinin yanında, su ile karıştırıldıklarında gluten gibi davranma özellikleri de olduğu bildirilmektedir (Houben ve ark., 2012).

Gıda maddelerinin üretiminde arzu edilen yapıyı oluşturmak, belli bir yapıyı korumak veya iyileştirmek amacıyla kullanılan katkı maddeleri olarak özellikle hidrokolloidler kullanımaktadır (Anton ve Artfield, 2008; Houben ve ark.,2012; Matos ve Rosell, 2013; Shah ve ark., 2016; Yazar, 2016; Witczak ve ark., 2016b; Gumul ve ark., 2017; Arendt ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Patil ve Arya, 2019; Berta ve ark. 2019; Benazir ve ark., 2019; Salehi, 2019). Hidrokolloidler, gıda üretiminde koyulaştırıcı, emülsiyonları stabilize edici, film ve jel oluşturucu, tekstürel özellikleri ve su tutma kapasitesini arttırıcı özellikleri sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır (Sungur, 2004; Lazaridou ve ark., 2007; Mu ve ark., 2017; Morreale ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Benazir ve ark., 2019; Salehi, 2019). Suda çözünerek serbest suyu bağlayan ve viskoziteyi arttıran hidrokolloidler, protein molekülleriyle oluşturdukları ağımsı yapı ile oluşan jelin stabilitesini ve randımanı arttırıp, düzgün yapı oluşturarak kaliteyi iyileştirici ve duyusal kabul edilebilirliği geliştirici etkiler göstermektedir (Sungur, 2004; Lazaridou ve ark., 2007; Arendt ve Bello, 2008; Matos ve Rosell, 2013; Kadağan, 2015; Arendt ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018; Salehi, 2019).

Glutensiz ekmeklerde, gluten eksikliğine bağlı olarak meydana gelen problemleri azaltabilmek için formülasyonlara hidrokolloidler başta olmak üzere,

yapıya enzimler, emülgatörler, diyet lifi niteliğindeki bazı polisakkaritler ile süt ve süt ürünleri gibi katkı maddeleri dahil edilmektedir. Bu nedenle, pirinç unu, mısır unu veya mısır nişastası kullanılarak hazırlanan glutensiz unların karışımlarında; nişasta, süt bileşenleri (süt tozu, peynir altı suyu gibi) ve hidrokolloidlerin kombine olarak kullanılmasına yönelik çalışmaların arttığı görülmektedir (Lazaridou ve ark., 2007; Dizlek ve Özer, 2016).

Başta ekmek ve mayalı ürünler olmak üzere glutensiz ve tahıl ürünleri, kek, bisküvi, makarna, tarhana, erişte, vb. ürünler ön plana çıkmaktadır (Karadeniz, 2007). Fırın ve fırıncılık ürünlerinde hidrokolloidler, su tutma, nem hareketliliğini kontrol etme, hamurun gaz tutması, hacim ve gözenek arttırıcı, tekstür geliştirici ve bayatlamayı engelleyici görevlerinde kullanılmaktadır (Mu ve ark., 2017; Hayıt, 2018; Skendi ve ark., 2018; Liu ve ark., 2018; Salehi, 2019; Calle ve ark., 2020). Son yıllarda iyi kalitede nihai ürün elde etmek için yapılan araştırmalarda en çok kullanılan hidrokolloidlerin başında; ksantan gam, guar gam, keçiboynuzu gamı, hidroksipropil metil selüloz, karboksimetil selüloz, metil selüloz gelmektedir (Lazaridou ve ark., 2007; Morreale ve ark., 2018; Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018). Özellikle CMC (Karboksi metil sellüloz), HPMC (Hidroksipropil metil sellüloz), KS, GG, karragenan, keçiboynuzu gamı ve benzeri hidrokolloidlerin glutensiz ürünlerinde kaliteyi arttırdıkları ve duyusal özellikleri geliştirdikleri ifade edilmiştir (Kohajdova ve Karovicova, 2008; Demirkesen ve ark., 2010; Hatipoğlu, 2016; Mu ve ark., 2017).

### 2.4.1. Ksantan Gam

Fırın ve fırıncılık ürünlerinde kullanılan hidrokolloidlerden biri olan ksantan gam; *Xanthomonas campestris* olarak bilinen bir bakteri tarafından üretilen bir heteropolisakkaritir (Vidaurre-Ruiz ve ark., 2018). Sıcak ve soğuk suda tamamen çözünen, düşük konsantrasyonda yüksek viskoziteli çözeltiler veren ksantan gam, emülsiyon ve süspansiyonlarda stabilizatör olarak kullanılmaktadır. Bunların dışında ksantan gam, kullanıldığı unlu mamullerin, köpük içerisinde

bulunan suyu tutarak köpük stabilitesini arttırmakta, donma-çözünme toleransını arttırmakta, köpük içerisinde bulunan suyu tutarak köpük stabilitesini arttırmakta nişastanın retrogradasyonunu yavaşlatmakta ve raf ömrünü uzatmaktadır (Yücel, 2009; Doğan, 2012; Kadağan, 2015; Salehi, 2019). Ksantan gamın diğer hidrokolloidlerden farkı sıcaklık ve pH'ya karşı yüksek dayanıklılığa sahip olmasıdır. Bu özellik, ksantan molekülündeki yan zincirlerin selüloz iskeletinin çevresini sarmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca, ksantan gamı enzimler, asitler, bazlar, yüksek sıcaklıklar, dondurma ve çözdürme ve uzun süreli karıştırma sonucunda oluşabilecek bozunmaya karşı dayanıklı yapmaktadır. Bir diğer özelliği ise; çok düşük konsantrasyonlarda da kıvam arttırabilmesi su-yağ emülsiyonlarında stabilite sağlayabilmesidir. Pek çok gıdada 0.50%, hatta 0.05% oranında kullanılmaktadır (Çakmakçı ve Çelik, 2004; Yücel, 2009; Hayıt, 2018; Salehi, 2019).

Ksantan gamın özellikleri ve yararları;

- Yüksek konsantrasyonlarda berrak çözeltiler oluşturabilmesi,
- Düşük konsantrasyonlarında yüksek viskoziteli ürünler vermesi,
- Hem alkali, hem de asidik çözeltilerde çözünmesi,
- En etkili kayganlaştırıcılardan biri olması,
- Donma/çözünme aşamalarından sonra sabit kalmayı sağlaması,
- Çok etkili bir emülsiyon stabilizatörü olması, şeklinde beyan edilmektedir (Yücel, 2009; Anonymous, 2019b).

Özellikle glutensiz ekmek yapımında, ekmeğin hacmini arttırarak istenmeyen çökme problemlerini azaltan ksantan gamın, ekmek yapısının gelişmesinde ve ekmek kabuğunun iyileşmesinde olumlu etkileri vardır (Arendt ve Bello, 2008; Salehi, 2019).

### 2.4.2. Karboksi Metil Selüloz

Kimyasal olarak selüloz eteri olan sodyum karboksi metil selüloz (CMC), kontrollü bir ortamda selüloz ve SMCA (sodyum monoklorasetat) veya MCA (mono klorasetik asit) tepkimesi ile üretilmektedir. (Arendt ve Bello, 2008). CMC, uzun ve zincirli, lineer, suda çözünür anyonik bir polisakkarit yapıdadır.

Tatsız, kokusuz oluşu, su tutucu ve sıcak ve soğuk ortamlarda kolayca çözünmesi, kalınlaştırıcı, bulanıklık oluşturmayan şeffaf bir form oluşturması, emülsiyon stabilize edici ve tekstür geliştirici olması nedeniyle gıda endüstrisinde geniş kullanım alanları vardır.

Glutensiz ekmek üretimindeki diğer hammaddelerle kolaylıkla uyum sağlama, sulu çözeltilerde film oluşturma, yüksek su tutma kapasitesi özelliklerine sahiptir (Lazaridou ve ark., 2007; Arendt ve Bello, 2008; Salehi, 2019).

Nicolae ve ark. (2016), yapmış olduğu araştırmada pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklerde hidrokolloid kaynağı olarak CMC kullanmıştır. Hidrokolloid ilavesinin üretim süresince hamur davranışını geliştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, %1 CMC kullanılan glutensiz ekmeklere ait hacim değerleri, hidrokolloid kullanılmayan kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında %31 oranında arttığı ve en iyi tekstürel yapıya sahip ürünlerin elde edildiği belirlenmiştir. Ancak, hidrokolloid konsantrasyonundaki artışın (%2) nihai ürünün hacminde %5 oranında azalmaya sebep olduğu kaydedilmiştir.

### 2.4.3. Hidroksi Propil Metil Selüloz

Hidroksipropil metil sellüloz (HPMC), selülozun modifikasyonuyla üretilen, toksik olmayan, soğuk suda çözünebilen ve iyi mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle gıda endüstrisi ve birçok alanda kullanılabilen bir katkı maddesidir (Arendt ve ark., 2008; Yücel, 2009; Morreale ve ark., 2018). Film oluşturucu, kolloid koruyucu, süspansiyon oluşturucu ve koyulaştırıcı, stabilizör görevlerinde etkili olmaktadır (Çakmakçı ve Çelik 2004; Yücel, 2009). Ayrıca, köpük oluşturma yeteneği ve yüzey aktivite özelliklerine sahiptir. Bu özellikleri,

güçlü hidrofobik bölgeleri olan metil selüloz ile hidrofilik gruplara sahip hidroksipropil gruplarından ileri gelmektedir (Yücel, 2009; Morreale ve ark., 2018; Salehi, 2019).

Türk Gıda Kodeksi'nde gıda katkı maddesi olarak yer verilen HPMC'nin; fırın ürünleri, dondurma, mayonez, yoğurt, peynir gibi süt ürünleriyle çeşni emülsiyonları gibi birçok gıda ürününde kullanımına izin verilmiştir (Kadağan, 2015).

Özellikle glutensiz ekmek üretiminde HPMC'nin kullanımıyla ekmek iç sertliğini arttırırken, dış kabuk sertliği ve iç neminin azaldığı ifade edilmiştir (Arendt ve Bello, 2008; Morreale ve ark., 2018; Salehi, 2019).

Gujral ve Rosell (2004)'in yapmış olduğu araştırmada, pirinç unu bazlı ekmek üretiminde %2-4 oranlarında HPMC kullanılmıştır. %4 HPMC ile elde edilen ekmeklerin kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında duyusal anlamda kabul edilir, 2,5 $cm^3/g$ özgül hacme sahip olduğu bildirilmiştir.

Morreale ve ark. (2018) yapmış olduğu çalışmada HPMC %1, %2 ve %3 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda pirinç unu bazlı glutensiz ekmek üretiminde kullanılmıştır. HPMC konsantrasyonundaki artışın hamur viskozitesinde artışa neden olduğu ve ekmek içi yumuşaklığında pozitif bir etki gösterdiği kaydedilmiştir.

### 2.4.4. Metil Selüloz

Metil selüloz (MC), selülozun metil eteri olup %26-33 metoksil grubu taşımaktadır. Organik çözücülerden metanol, eter ve kloroformda çözünmez iken buzlu asetik asit, etanol ve kloroform gibi çözgenlerde çözünebilmektedir. Kuvvetli su çekici özelliği vardır, laksatif olarak kronik kabızlıklarda ilaç veya diyetlerde yiyeceklerle birlikte verilebildiği belirtilmiştir (Arendt ve Bello, 2008; Salehi, 2019). MC, glutensiz ekmeklerde, glutenin viskoelastik özelliklerini taklit etmektedir. MC'nin jel formu, pişirme sırasında nem kaybını önlemek için bir bariyer görevi gördüğü, bu da nihai pişmiş ürünün kalitesini doku ve yumuşaklık

açısından iyileştirebileceği düşünülmektedir. Ayrıca, fırında oluşan ısı kaynaklı MC'nin termal jelinin, soğutulduktan sonra önceki şekline geri döndüğü ve jel ağının nihai pişmiş üründe doku veya ağız hissi üzerinde olumsuz etkileri olmadığı belirtilmektedir (Sanz ve ark., 2005).

### 2.5. Emülgatörler

İki veya daha fazla birbiriyle karışmayan maddelenin, ara yüzey özelliklerini değiştirip yüzey gerilimini azaltarak emülsiyon oluşumunu sağlayan kimyasal maddelere emülgatör ya da yüzey aktif madde adı verilmektedir (Yücel, 2009). Farklı fiziksel faz içerisinde moleküllerin taşınmasını ya da farklı fazların birbirinin içerisinde karışmasını sağlayan amfifilik yapıdadırlar (Koçak, 2018). Emülgatörler, hidrofilik ve lipofilik gruplar içermektedir. Yapılarında içerdikleri, polietilen zincirleri hidrofilik grubu, yağ asidi zinciri ise lipofilik grubu oluşturmaktadır (Yarpuz, 2011).

Yüzey aktif maddeler, gıda endüstrisinde çözünmeyi kolaylaştırıcı, kompleks oluşturucu, nemlendirici, emülsüyon yapıcı, süspansiyon oluşturucu, sulu sistemlerde kristalizasyonu önleyici, gibi özellikleri ile öneme sahip olup, birçok gıdanın hazırlanmasında kullanılabilen katkı maddeleridir (Çakmakçı ve Çelik, 2004; Yücel, 2009; Houben ve ark.,2012).

Unlu karışımların içerisine eklenildiklerinde, protein-nişasta, protein-yağ yapılarının oluşumunu sağlayıcı, gluten gelişimini teşvik edici, hamurun gaz tutma yeteneğini yani ürünün hacmini artırıcı ayrıca nihai ürünün yapışkanlığını ve sertliğini azaltıcı, bayatlamayı geciktirici etkilere sahiptir (Özer ve Altan, 1995; Yücel, 2009; Houben ve ark., 2012; Ildız, 2015; Hayıt, 2018; Koçak, 2018).

Viskoziteyi kontrol edici veya tekstür geliştirici, nem tutucu, hacim arttırıcı özellikleri nihai ürünün iç yapısında yumuşaklık sağlayıcı ve homojen bir ekmek içi yapısı yaratmaktadır. Nem tutma özelliği yumuşaklığı etkilemektedir. Hamuru kuvvetlendirici etkisi; su tutma gücü, yoğurmaya karşı toleransı, hamurun gaz tutma gücü, uzama yeteneği ve olgunlaşma süresi gibi hamur özelliklerini

iyileştirerek, hamura işlenebilirlik kazandırarak, ürünün kalite özelliklerini geliştirmektedir. Bu durum, emülgatörlerin hamurda glutenle yaptıkları etkileşimden ileri gelmektedir (Ertugay, 1984; Yücel, 2009; Ildız, 2015; Koçak, 2018).

### 2.5.1. Gliserol Monostearat

Gliserol monostearat (GMS, E471), gıda sanayinde yağ-su fazlarını emülsiye etmede kullanılan oldukça etkili bir emülgatördür. Gıda ürünlerinin ara yüzey oluşumunu sağlamada ve raf ömrünü uzatmada da etkilidir. Gliserol monostearat, gıda sanayinin dışında, kozmetik, deterjan, plastik ve ilaç sanayinde kullanım alanı bulmaktadır. Gıda sanayinde ise ekmek, diğer unlu mamüller ve pastacılık sektörü ile yağ sanayinde sıklıkla kullanılmaktadır (Anonymous, 2018).

GMS kullanımının, hamur viskozitesindeki değişime, ekmek hacminde artışa, ekmek yüzeyinin kurumayı engelleme ve kolay ufalanabilirliği azaltma gibi etkileri olduğu belirtilmiştir (Defloor, 1991). Houben ve ark., (2012) yapmış olduğu bir araştırmada, KS ve GMS'nin oranı arttığında elastikiyette artış olduğu bildirilmektedir. GMS'nin artmasıyla sertlik değeri artarken; GG ve KS eklendiği ekmeklerde sertlik değerlerinde azalma olduğu bildirilmiştir (Patil ve Arya, 2019).

## 2.6. Glutensiz Ekmek Üretimine Yönelik Bazı Çalışmalar

Ekmek yapma makinesi kullanılarak glutensiz ekmek üretimi üzerinde yapılan bir çalışmada; pirinç unu esaslı glutensiz ekmek üretiminde gaz tutma kapasitesini arttırmak amacıyla glutatiyon aminoasiti kullanılmıştır. Glutatiyon kullanımının, pişme esnasında disülfid bağlantılı protein bağlarının oluşumunu engellediği ve düşük sıcaklıklarda pirinç nişastasının jelatinizasyonunu sağladığı belirtilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, elde edilen glutensiz ekmeklerin buğday ekmeğine benzer nitelikte hacimli ve gözenekli bir yapıya sahip olduğu bildirilmiştir (Yano, 2010).

Ekmek yapma makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmekler üzerinde yapılan diğer bir araştırmada, gluten içermeyen buğday nişastası karışımına, prejelatinize arpa ve yulaf nişastası eklenerek hem bayatlamayı geciktirmek hem de ekmek içi yumuşaklığını sağlamak amaçlanmıştır. Prejelatinize yulaf nişastası içeren glutensiz ekmeklerde, amilopektin retrogradasyonunun azaldığı iletilmektedir. Hem arpa prejelatinize nişastası, hem de yulaf prejelatinize nişastası içeren ekmeklerin, ekmek içi sertliğinin kontrol ekmeğine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca prejelatinize nişasta içeren ekmeklerin depolama boyunca bünyesinde kontrol ekmeğinden daha fazla su tuttuğu beyan edilmiştir (Purhagen ve ark., 2012).

Proteaz kullanımının ekmek yapma makinesi kullanılarak üretilen pirinç unu esaslı glutensiz ekmek üretimi üzerindeki etkisinin incelendiği bir araştırmada, kontrol örneği ile karşılaştırıldığında homojen gözenekli, yumuşak ekmek içi yapısına sahip ve daha yüksek hacimli glutensiz ekmekler elde edimiştir. Ayrıca bayatlamanın da kontrol ekmeğine göre daha yavaş ilerlediği, kabuk renginin ise proteaz kullanımından etkilenmediği belirtilmiştir (Kawamura-Konishi, 2013).

Buğday unu içermeyen unlardan elde edilen ekmekler arzu edilmeyen kabuk ve çabuk ufalanabilir bir yapıda olmakla birlikte; bu yapıyı düzenlemek için birçok çalışma yapılmaktadır. Cato ve ark. (2004) yapmış oldukları çalışmada, hidroksipropil metil selüloz (HPMC), guar gam ve karboksimetil selüloz (CMC) ilavesi ile pirinç unu ve patates nişastası esaslı üretilen glutensiz ekmek kalitesi üzerinde, HPMC en olumlu etkiye sahip olurken bunu CMC takip etmekte olup guar gamın ise etkisiz olduğu bildirilmiştir.

McCarthy ve ark. (2005), pirinç unu, patates nişastası esaslı glutensiz ekmek üretiminde optimum HPMC ve su miktarının belirlenmesi amacıyla yanıt yüzey yöntemi kullanılmıştır. Buna göre, nihai ürün kalitesi göz önünde bulundurulduğunda en uygun formülasyonun %2.2 oranında HPMC ve %79 oranında su kullanımı ile elde edildiği belirlenmiştir. Ayrıca, HPMC kullanımının hacmi azalttığı, ekmek içi sertliğini ise arttırdığı belirtilmiştir.

Lazaridou ve ark. (2007); hammadde olarak pirinç unu ve mısır nişastasının kullanıldığı bir çalışmada, ksantan gam, CMC, agar, pektin olmak üzere 4 farklı hidrokolloidin %1.0-2.0 oranlarında kullanılmasının nihai ürün üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, ksantan gam dışındaki diğer tüm hidrokolloidlerin ekmek hacmini arttırdığı ancak konsantrasyon artışının ekmek hacmini azalttığı belirlenmiştir. En iyi ekmek içi gözenek yapısı, %1.0 oranında CMC kullanılan glutensiz ekmeklerden elde edilirken; duyusal analizlerde ise, %2 oranında CMC eklenen örneklerin "genel kabul edilebilirlik" değerlerinin en yüksek olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, ksantan gam kullanımı sonucunda nihai ürün kabuk L* değerinde azalış, diğer hidrokolloidlerde ise artış tespit edilmiştir.

Diğer bir çalışmada, pirinç unu esaslı glutensiz ekmek üretiminde HPMC ve transglutaminaz (TG) enzimi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, TG ve HPMC'nin tek başına veya %1.0 oranında TG ve %4.0 oranında HPMC olmak üzere kombinasyon halinde kullanımının pirinç unu esaslı glutensiz ekmeklerin fiziksel özellikler üzerinde önemli etkileri olacağı belirtilmiştir (Marco and Rosell, 2008).

Mezaize ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, hidrokolloid olarak CMC, GG, KS ve HPMC; hammadde olarak ise pirinç unu, mısır unu, mısır nişastası, patates nişastası karışım şeklinde kullanılmıştır. Glutensiz ekmeklere hidrokolloidlerin ilavesinin sertliği azalttığı, HPMC ve GG ilavesinin ise özgül hacim değerlerini arttırdığı bildirilmiştir.

Ksantan gamın 3 farklı oranda (%0.5, 1.0, 1.5) kullanımının pirinç unu esaslı karabuğday unu katkılı glutensiz ekmek kalitesi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ksantan gam konsantrasyonundaki artışın ekmek içi sertliğinde artış, hacimde ise azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir (Peressini ve Sensidoni, 2009).

Demirkesen ve ark. (2010) farklı hidrokolloid türlerinin emülgatör ile kombinasyon halinde kullanımının pirinç unu esaslı glutensiz ekmek nitelikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, %0.5 oranında HPMC, ksantan gam,

guar gam, keçiboynuzu gamı olmak üzere 4 farklı hidrokolloid yağ asitlerinin mono ve digliseridlerin mono ve diasetil tartarik asit esterleri (DATEM-E472) ile birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, hidrokolloidler ile birlikte emülgatör kullanımı, hamur özelliklerinde iyileşme sağlamıştır. Özellikle ksantan gamın tek başına kullanımının ve keçiboynuzu gamı ile guar gamla ikili kombinasyanlar halinde kullanımının en etkili hamur geliştirici olduğu belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre ise, bütün hidrokolloid ve DATEM kombinasyonlarından elde edilen ekmeklerin kabul edilebilir niteliklere sahip olduğu belirtilmiştir.

Pirinç unu ve mısır nişastasından yapılan glutensiz ekmeklerin diyet lifi açısından zenginleştirilmesi amacıyla mısır lifinin kullanıldığı bir çalışmada; yapı oluşturması amacıyla HPMC hidrokolloidi kullanılmıştır. %0.75 oranında HPMC kullanımı ile elde edilen hacim artışı ile hidrokolloidlerin kısmi gluten gibi görev aldığı tespit edilmiştir (Sabanis ve Tzia, 2009). Diğer bir çalışmalarında; mısır nişastası, pirinç unu ksantan gam, HPMC %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında kullanılmış olup, HPMC'nin kullanıldığı bütün konsantrasyonlarda glutensiz ekmeklerde hacim artışı sağlarken, ksantan gam kullanımının hacim üzerinde etkisi gözlemlenmemiştir. Ekmek içi sertliğinde ise, ksantan gamın kullandığı ekmeklerde artış gözlendiği bildirilmektedir (Sabanis ve Tzia, 2011).

Pirinç unu ve mısır unu esaslı tef ve karabuğday unu katkılı ekmeklerde farklı oranlarda HPMC, ksantan gam kullanımının glutensiz ekmek üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca optimum miktarda su kullanılarak en uygun hidrokolloid konsantrasyonu tespit edilmiştir. Hidrokolloid olarak HPMC kullanımı, glutensiz ekmeklerin hacimlerini arttırırken; ksantan gam ise azaltmıştır. Diğer bir taraftan, HPMC kullanımı sonucunda ekmek içi sertliği azalırken ksantan gam kullanımının ise arttırdığı belirtilmiştir (Hager ve Arendt, 2012).

Pirinç unu esaslı kasava unu katkılı glutensiz ekmekler üzerinde ksantan gam (KS), CMC, aljinat (Al), karregenan (K) olmak üzere 4 farklı hidrokolloid kullanımının etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; en yüksek özgül hacim K kullanılan örneklerde elde edilmiş olup bunu sırasıyla CMC, KS ve Al takip

etmiştir. CMC katkılı ekmeklerde homojen gözenek yapısı gözlemlenirken, KS ve K kullanılan örneklerde ise homojen olmayan ancak daha belirgin gözenekler bulunduğu ifade edilmiştir (Perez ve Sciarini, 2012).

Kittisuban ve ark. (2014), HPMC, beta glukan ve süt protein izolatının pirinç nişastasından yapılan glutensiz ekmeklerin fiziksel özellikleri üzerine etkisini yanıt yüzey metodu kullanarak araştırmıştır. Çalışma sonucunda; %4.35 HPMC, %1.0 beta glukan ve %0.37 süt protein izolatı kullanılan formülasyonun uygun olduğu belirtilmiştir. Bu formülasyonla üretilen glutensiz ekmek örneklerine ait analiz sonuçları ve kontrol grubu olarak belirlenen örnekler arasında pozitif bir korrelasyon olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre verilen formülasyonla yapılan örneklerin kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.

Mahmoudi ve ark. (2013) yaptığı bir çalışmada; pirinç unu, mısır nişastası ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerde 10, 15 ve 30 g/kg olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda ksantan gam (KS) ve karboksi metil sellüloz (CMC) kullanılmıştır. En yüksek ekmek veriminin 15 g/kg KS ve 10 g/kg CMC kombinasyonu kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerden elde edildiği ve duyusal analizler açısından kabul edilebilirliği en yüksek ekmeklerin 15 g/kg KS içerdiği beyan edilmiştir.

Dizlek ve Özer (2016)'in yaptığı çalışmada, mısır nişastası kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerde KS ve HPMC %1 ve %2 oranlarında kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, en iyi gözenek yapısı KS kullanılarak üretilen ekmeklerden elde edilmiş olup, HPMC kullanılan örneklere kıyasla daha düşük ekmek hacimleri elde edildiği bildirilmiştir.

Patates nişastası kullanılan KS ilaveli ekmeklerde hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça hacimde azalma meydana geldiği bildirilmiştir. Öte yandan, KS kullanılan ekmeklerin en düşük sertlik değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca HPMC'nin %1.5 oranının üzerinde kullanımının hacimde azalmaya; %1 oranının üzerinde kullanımının sertlik değerlerinde azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Horstmannn ve Arendt, 2018).

Berta ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada, mısır nişastası ve patates nişastası esaslı glutensiz ekmeklerde HPMC kullanımının tekstür ve hacim üzerindeki etkisi incelenmiştir. HPMC miktarı 1 g/100 g'dan 2.5 g/100 g'a arttırıldığında elde edilen glutensiz ekmek hacimlerinin 3 $cm^3$/g'den 6 $cm^3$/g'a yükseldiği; 5 g/100 g'a arttırıldığında ise 1g/100 g'la kıyaslandığında hacmin değişmediği bildirilmektedir. HPMC'nin kullanılmadığı ekmeklerde ekmek içinin sert, kuru ve çabuk ufalanabilir bir yapıda olduğu, 1 g/100 g HPMC kullanımının ise ekmek içi yumuşaklığını geliştirdiği, yapışkanlığını ise arttırdığını bildirmektedir. Diğer bir taraftan, HPMC'nin kabuk sertliği üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtmektedir.

Patil ve Arya, 2019 yılında yapmış olduğu araştırmada, pirinç unu bazlı KS ve GG hidrokolloidlerinin, SSL ve GMS emülsifiyerlerinin kullanılmasıyla elde edilen hamurun ve bu hamurdan elde edilen glutensiz bazlamanın kalite özellikleri incelenmiştir. KS ve GMS'nin oranı arttığında elastikiyette artış olduğu, GMS'nin artmasıyla sertlik değerinin arttığı; GG ve KS eklenmesiyle bazlamaların sertlik değerlerinin azaldığı beyan edilmiştir. KS ve GG artışıyla ise su bağlama ve su tutma kapasitelerinin arttığı iletilmektedir. Emilsüfiyerler nişasta ile karmaşık yapı oluşturma eğiliminde olduklarından dolayı sertlikte artışa sebep olduğu bildirilmektedir.

Vidaurre-Ruiz ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, KS ve tara gamın %0.5 oranlarında kullanımının, mısır nişastası ve patates nişastasından yapılan glutensiz ekmekler üzerineki etkisinin belirlenmesini amaçlamıştır. Buna göre, hammadde olarak mısır nişastası ve patates nişastası; hidrokolloid kaynağı olarak ise KS'nin kullanıldığı glutensiz ekmeklere ait pişme kaybı değerleri sırasıyla %16.64 ve %15.8 iken özgül hacim değerleri ise 2.24 mL/g, ve 2.77 mL/g olarak kaydedilmiştir.

Calle ve ark., 2020 yılında yapmış olduğu araştırmada gölevez unu ve patates nişastasının kullanıldığı ekmeklerde HPMC, KS ve guar gam kullanımının etkisi incelenmiştir. HPMC'nin tekli kullanımından elde edilen ekmekte nem

değeri %58.74, HPMC+KS+GG kombine kullanıldığı ekmeklerde ise %58.80 nem değeri elde edildiği bildirilmektedir. Özgül hacimin; HPMC'nin tekli kullanımından elde edilen ekmekte 1.70 mL/g'dan üçlü kombinasyonda 1.67 mL/g'a azaldığı beyan edilmektedir. HPMC kullanılan ekmeklerde sertlik değeri 316 g gelirken, HPMC+KS+GG ekmeklerde sertlik değerinin 323 g'a yükseldiği sertliğin arttığı ifade edilmektedir. Esneklikte sırasıyla 0.441- 0.434; yapışkanlıkte 0.348-0.313; çiğnenebilirlikte 50-45 değerleri elde edildiği bildirilmektedir.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Denemelerde kullanılan pirinç unu (Başak Gıda- Konya), mısır nişastası (Sunar Mısır- Adana), patates nişastası (Başak Gıda- Konya), pudra şekeri (Başak Gıda- Konya), yaş ekmek mayası (Pakmaya-Türkiye), ayçiçek yağı (Migros-Adana), tuz (İyotsuz Billur Tuz-İstanbul) Adana piyasasındaki marketlerden sağlanmıştır. GMS (Gliserol mono stereat- Ervesa-İstanbul), ksantan gam (Meihua), hidroksi propil metil selüloz (Blanose), karboksimetil selüloz ve metil selüloz (Benecel); Türkiye distirübütörlerinden temin edilmiştir.

Glutensiz ekmek yapma denemeleri, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Tahıl İşleme Teknolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.




Şekil 3.1. Ekmek Yapma Makinası (Tefal SERIE B13-A)

Araştırmada, "Tefal"marka, SERIE B13-A model "Pain Dore"ekmek yapma makinesi kullanılmıştır. 12 farklı pişirme programına sahip olan ekmek

makinası, 500 g, 750 g ve 1000 g pişirme ağırlıklarına sahip olmakla birlikte 175 C° sıcaklıkta pişirme yapmakta ve açık, orta ve koyu olarak 3 farklı ekmek kabuk renk pişirme skalası mevcuttur. 720 W güçde çalışmaktadır.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Glutensiz Ekmek Üretimi

Çalışmada kullanılacak nişasta karışımı ve su oranının belirlenmesi amacıyla yapılan ön denemelerin sonucunda, nişasta karışımının %50 mısır nişastası, %20 patates nişastası ile %30 oranında pirinç unundan hazırlanmasına ve %100 ve %102 oranında su kullanımının esas denemelerin yürütülmesinde uygun olduğuna karar verilmiştir. Glutensiz ekmek üretiminde kullanılacak bileşenler Çizelge 3.1'de verilmektedir.

Çizelge 3.1. Ekmek hamurunun bileşimi

| **Bileşenin Adı** | **Miktarı (%)** |
|---|---|
| **Nişasta Karışımı** [(1)] | 100.0 |
| **Pudra Şekeri** | 4.0 |
| **Ayçiçek Yağı** | 5.0 |
| **Süt Tozu** | 4.0 |
| **Gliserol Monostearat** | 1.0 |
| **Tuz** | 1.5 |
| **Yaş Maya** | 4.0 |
| **Hidrokolloidler** [(2)] | 3.0-5.0 |
| **Su (Değişken Oranlarda)** | 100.0-102.0 |

(1) Pirinç Unu(%30), Mısır Nişastası(%50), Patates Nişastası(%20)
(2) Toplam Hidrokolloid Konsantrasyonu

Ön denemeler sonucunda, glutensiz ekmek üretiminde 4 farklı hidrokolloidin (Ksantan gum-KS, Hidroksipropil metil sellüloz-HPMC, Karboksimetil sellüloz-CMC, Metil sellüloz-MC) tek başlarına veya

kombinasyonları ile 2 farklı (%3 ve %5) konsantrasyonda kullanılmasına karar verilmiş olup toplam 31 farklı uygulama 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca hidrokolloidler kullanılmaksızın (Kontrol) ve hali hazırda ticari olarak satılan glutensiz nişasta karışımı (Ticari ürün) kullanılarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Hidrokolloid bileşimleri (%).

| Ürün Kodu (HD) | Kullanım Oranı (%) | Bileşimdeki hidrokolloid cinsi ve oranları | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | KS (%) | HPMC (%) | CMC (%) | MC (%) |
| **Kontrol** | - | - | - | - | - |
| **Ticari Ürün** | - | - | - | - | - |
| **HD 1** | 3-5 | 100 | - | - | - |
| **HD 2** | 3-5 | - | 100 | - | - |
| **HD 3** | 3-5 | - | - | 100 | - |
| **HD 4** | 3-5 | - | - | - | 100 |
| **HD 5** | 3-5 | 50 | 50 | - | - |
| **HD 6** | 3-5 | 50 | - | 50 | - |
| **HD 7** | 3-5 | 50 | - | - | 50 |
| **HD 8** | 3-5 | - | 50 | 50 | - |
| **HD 9** | 3-5 | - | 50 | - | 50 |
| **HD 10** | 3-5 | - | - | 50 | 50 |
| **HD 11** | 3-5 | 33.3 | 33.3 | 33.3 | - |
| **HD 12** | 3-5 | 33.3 | 33.3 | - | 33.3 |
| **HD 13** | 3-5 | 33.3 | - | 33.3 | 33.3 |
| **HD 14** | 3-5 | - | 33.3 | 33.3 | 33.3 |
| **HD 15** | 3-5 | 25 | 25 | 25 | 25 |

Dışarıdan ek bir işlem olmaksızın makina bütün işlemleri kendisi gerçekleştirmektedir. Ekmek yapma makinesi kullanılarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilirken maya ve sıvı bileşenler (su ve yağ) ekmek pişirme makinesinin haznesi içerisine koyularak bunu müteakip kuru bileşenler hazneye ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım, ekmek yapma makinesinin, 13 dakika karıştırma, 35 dakika fermentasyon ve 30 dakika pişirme işlemi gerçekleştiren 6. Programda karıştırma, fermentasyon ve pişirme işlemlerine tabi tutulmuş olup ilgili prosesler sırasıyla; 13, 35 ve 50 dakika olmak üzere toplam 98 dakikada tamamlanmışır. 20 dk programın kendi pişirme süresine ek olarak verilmiştir.

### 3.2.2. Analiz Yöntemleri

#### 3.2.2.1. Hammaddelere Uygulanan Kimyasal Analizler

Glutensiz ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan pirinç unu, mısır nişastası, patates nişastasında; nem (AACC Metod 44-19, 2000), kül (AACC Metod 08-01, 2000), protein (AACC Metod 46-10, 2000), toplam lipit (AACC Metod 30-10, 2000) analizleri gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3. Ekmek Örneklerine Uygulanan Analizler

#### 3.2.3.1. Özgül Hacim, Pişme Kaybı ve Nem İçeriği Analizleri

Kapalı dolaplarda, tel ızgaralar üzerinde 2 saat süreyle soğutulmuş glutensiz ekmeklerin; hacim (Uluöz, 1965), pişme kaybı değeri (Altan, 1990) belirlenmiş ve ekmek hacminin, ekmek ağırlığına oranlanması ile elde edilen özgül hacim değeri ($g/cm^3$) hesaplanmıştır (Uluöz, 1965). Nem içeriği değerleri, glutensiz ekmeklerin pişirilmesinden 6 saat sonra, etüvde 130-135 °C'de 4 saat bekletilerek % nem değerleri belirlenmiştir (Altan, 1990).

Analizler 3 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3.2. Renk Analizleri

Glutensiz ekmeklerin renk yoğunluğu ölçümleri Konica Minolta CM-5 (Japonya) cihazıyla kabuk kısmında 3 yan kısımlarda 2'şer nokta olmak üzere L, a*, b*, C ve h değerleri belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Bu cihaz üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, Y eksenindeki L* (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar olan örneğin açıklık-koyuluk, X eksenindeki a*; yeşil (-a), kırmızı (+a), Z eksenindeki b*; sarı (+b), mavi (-b) renk boyutunu veya yerini gösterir. Bu ölçümlere ilave olarak C (chroma, renk yoğunluğu) (√a2+b2) ve hue (h°, renk tonu) (arctan b/a) değerleri hesaplanmıştır (Özkoc ve Seyhun, 2015).

### 3.2.3.3. Tekstür Analizi

Pişirilen glutensiz ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra polietilen torbalar içinde hava almayacak şekilde muhafaza edilmiş ve 24. saatte tekstürel özellikleri TA. XT-plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, İngiltere) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Kabuk kısımlarını içermeyen 2,5 cm kalınlığında ve yaklaşık olarak 5x5x2,5 cm ebatlarındaki glutensiz ekmekler analize tabi tutulmuş olup, 50 mm silindirik prob, 1 mm/s test hızı, %50 deformasyon oranı uygulanarak 5 sn bekletilip; sertlik, elastikiyet (springiness), yapışıkanlık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri elde edilmiştir (Śkara ve ark., 2013).

### 3.2.3.4. Su Aktivitesi Analizi

Ekmeklerin su aktivitesi değerleri ekmek piştikten 2 saat sonra, Novasina marka LabMaster- aw model su aktivite ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ekmekler cihazın kabı kadar doldurulduktan sonra cihaz haznesine konularak analiz edilmiştir (Lazaridou ve ark., 2007).

### 3.2.3.5. Duyusal Analiz

Duyusal analiz, alanında uzman bir ekip tarafından buğday ekmeğine en yakın özellikler gösteren 4 farklı glutensiz ekmek, HPMC+CMC (493);

KS+HPMC+CMC (718); KS+CMC+MC (136) ve tüm hidrokolloidlerin kullanıldığı (342), belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Üç rakamdan oluşan rastgele sayılarla kodlanan örnekler, çölyak olmayan, uzman ve yarı eğitilmiş 14 panelist tarafından 1 (çok kötü)-5 (çok iyi) olacak şekilde hedonik skala kullanarak; gözenek, tat, aroma, yumuşaklık, dış görünüş ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından değerlendirilmiştir (Mudgil ve ark., 2016).

### 3.2.4. İstatistiksel Analizler

Denemelerde elde edilen veriler SPSS 20 (SPSS Inc., ABD) istatistik programı, ANOVA varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir ($p<0.05$). Önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Glutensiz ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan mısır nişastası, pirinç unu ve patates nişastasının niteliklerini belirlemek için; nem, kül, protein ve yağ içerikleri belirlenmiştir. Farklı formülasyonlar ile üretilen glutensiz ekmeklerde ise pişme kaybı, özgül hacim, nem, su aktivitesi, renk, tekstür ve duyusal analiz sonuçları belirlenmiştir.

## 4.1. Denemelerde Kullanılan Mısır Nişastası, Pirinç Unu ve Patates Nişastasının Özellikleri

Glutensiz ekmek denemelerinde kullanılan gluten içermeyen hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hammaddelerin bazı kimyasal özellikleri.

| Hammadde Türü | Nem (%) | Kül (%) | Protein (%) | Toplam Lipit (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Mısır Nişastası** | 10.65 | 0.12 | 0.4 | 0.18 |
| **Pirinç Unu** | 9.95 | 0.56 | 6.77 | 0.25 |
| **Patates Nişastası** | 9.32 | 0.37 | 0.12 | 0.32 |

Araştırmada kullanılan mısır nişastası, pirinç unu ve patates nişastasının nem, protein ve kül değerleri, Yücel (2009), Yarpuz (2011), Turgut (2015), Barışık (2016), Hatipoğlu (2016), Hayıt (2018) tarafından bildirilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

### 4.2. Ekmek Nitelikleri

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarının ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmek nitelikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, glutensiz ekmek örneklerinin nem, pişme kaybı, özgül hacim, su aktivitesi, renk, tekstürel özellikleri ve duyusal analiz sonuçları değerlendirilmiştir. Üretilen glutensiz ekmeklerin görselleri EK 1'de verilmiştir.

#### 4.2.1. Özgül Hacim

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin özgül hacim değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Hidrokolloid konsantrasyonundaki artış, genel olarak glutensiz ekmeklerin özgül hacim değerlerinde önemli derecede artış meydana getirirken, ksantan gam, CMC'nin tek başına ve birlikte ikili kombinasyon halinde kullanıldığı glutensiz ekmeklerde ise önemli derecede azalış meydana getirmiştir. Diğer taraftan HPMC ve MC hidrokolloidlerinin kullanım oranındaki artışın ise hacim değerlerinde artışa sebep olduğu ve tüm glutensiz ekmekler içerisinde en yüksek hacim değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.2'den de görülebileceği gibi glutensiz ekmeklerde en düşük özgül hacim değeri 2.00 g/cm$^3$ olup kontrol örneğine ait iken; en yüksek özgül hacim değeri ise 3.76 g/cm$^3$ olup %5 konsantrasyonda MC'nin kullanıldığı HD4 kodlu örneklerde tespit edilmiştir. Söz konusu glutensiz ekmekler arasındaki özgül hacim farkının %46.81 olduğu belirlenmiştir.

Hidrokolloid kullanılan ekmekler içinde de en düşük özgül hacim değeri (2,82 g/cm$^3$) %5 oranında CMC'nin kullanıldığı HD3 kodlu örnekte belirlenmiştir.

Hidrokollodilerin tek başlarına kullanılmaları durumunda, en yüksek özgül hacim MC (HD4-%5 konsantrasyonda) kullanılan örneklerde; en düşük özgül hacim ise CMC (HD3-%5 konsantrasyonda) kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

Ksantan gamın HPMC, CMC ve MC ile birlikte %3 konsantrasyonda ikili kombinasyon şeklinde kullanıldığı ve sırasıyla HD5, HD6 ve HD7 şeklinde kodlanan denemelerde, en düşük özgül hacim değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.2. Glutensiz ekmek örneklerinin özgül hacim değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları ($g/cm^3$) | | |
|---|---|---|---|
| | 0% | 3% | 5% |
| **Kontrol** | $2.00^{m}$ | | |
| **Ticari Ürün** | $2.71^{l}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | $3.34^{ghı}$ | $2.88^{k}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | $3.57^{bcde}$ | $3.72^{ab}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | $3.37^{fghı}$ | $2.82^{kl}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | $3.63^{abcd}$ | $3.76^{a}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | $3.13^{j}$ | $3.53^{bcdef}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | $3.15^{j}$ | $2.90^{k}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | $3.14^{j}$ | $3.48^{defgh}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | $3.24^{ij}$ | $3.47^{defgh}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $3.63^{abcd}$ | $3.67^{abc}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $3.26^{ij}$ | $3.51^{cdefg}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | $3.37^{fghı}$ | $3.51^{cdefg}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | $3.37^{ghı}$ | $3.62^{abcd}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | $3.33^{hıj}$ | $3.57^{bcde}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | $3.21^{ij}$ | $3.55^{bcdef}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | $3.44^{efgh}$ | $3.62^{abcd}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

İkili kombinasyonlarda en yüksek özgül hacim değeri ise HPMC ve MC'nin %5 konsantrasyonda kullanıldığı (HD9) glutensiz ekmeklerde belirlenmiştir.

Üçlü kombinasyonlarda ise, %5 konsantrasyonda KS+HPMC+MC'nin birlikte kullanıldığı (HD12) glutensiz ekmeklerde en yüksek özgül hacim değeri elde edilirken; en düşük özgül hacim değeri ise %3 konsantrasyonda HPMC+CMC+MC'nin (HD14) kombine halde kullanıldığı glutensiz ekmeklerde elde edilmiştir.

Hidrokolloid eklenen glutensiz ekmeklere ait özgül hacim değerlerinin, kontrol ekmeği ve piyasa ürünü ekmeği ile kıyaslandığında önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Hidrokolloidlerin, elde edilen hamurda gluten gibi davranmalarından dolayı fermentasyon sırasında meydana gelen $CO_2$'in tutunması ile glutensiz ekmeklerde hacim artışı meydana gelmesini sağlamaktadır. Ticari üründen elde edilen glutensiz ekmeklerin ise kontrol ekmeklerine kıyasla önemli derecede daha yüksek bir özgül hacime sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Lazaridou ve ark (2007) yapmış olduğu araştırmada %1 konsantrasyonda CMC ve KS'nin tek başına kullanıldığı ekmeklerin, kontrol ekmeğine kıyasla daha yüksek hacim değerlerine sahip olduğunu, ancak hidrokolloid konsantrasyonunun %arttırılması (%2) hacimde düşüş gözlendiği ve bu düşüşün CMC kullanılan örneklerde daha yüksek olduğu bildirilmektedir.

Başka bir çalışmada pirinç unu ve mısır nişastası ile hazırlanan hidrokolloid olarak CMC'nin kullanıldığı ekmeklerde %1 oranında en yüksek özgül hacmi verdiği bildirilmektedir (Nicholae ve ark., 2016). Mu ve ark., (2017) yapmış olduğu araştırmada patates nişastası esaslı ekmeklerde HPMC (2.22 $g/cm^3$)'nin buğday ekmeğinden (3.08 $g/cm^3$) düşük özgül hacim verdiği ve hidroklloid kullanılmayan patates nişastalı kontrol ekmeğiyle (1.45 $g/cm^3$) kıyaslandığında yüksek özgül hacim verdiği bildirilmektedir. HPMC'nin fermantasyonda gaz hücrelerinin geliştirici etkisi olduğu bildirilmiştir. Calle ve ark., 2020 yılında yapmış olduğu araştırmada gölevez ve patates nişasta bazlı ekmeklerde HPMC, KS ve GG kullanmıştır. HPMC'nin tek başına kullanıldığı glutensiz ekmeklerin özgül hacim değerleri 1.70 mL/g iken, üçlü kombinasyon

şeklinde kullanıldığında 1.67 mL/g olarak kaydedilmiştir. X. Liu ve ark., 2018; patates unu bazlı glutensiz ekmeklerde hidrokolloid olarak HPMC, KS, CMC ve elma pektini (EP) kullanmıştır. Özgül hacim değerlerinin hidrokolloid kullanıldığında kontrol ekmeğine göre arttığı belirlenmiştir. Bu artış en yüksek olarak HPMC kullanılan örneklerde tespit edilmiş olup bunu sırasıyla KS, CMC ve pektinin takip ettiği bildirilmiştir. Ayrıca hidrokolloid konsantrasyonundaki artışın EP hariç, özgül hacim değerlerinde artışa sebep olduğu bildirilmiştir. Araştırmamızda, HPMC'nin kullanım oranı arttıkça ekmeklerde hacim artışı sağladığı, KS ve CMC'nın kullanıldıkları ekmeklerin hacim gelişiminde negatif yönde etki gösterdiği belirlenmiştir. KS ve CMC için bu farklılığın hammadde olarak kullanılan patates unu ve su miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Vidaurre-Ruiz ve ark., 2019 yılında yapmış olduğu araştırmada, %0.5 oranında KS ve tara gam kullanımının mısır nişastası ve patates nişastası kullanılarak üretilen glutensiz ekmekler üzerineki etkisini incelemiş ve özgül hacim değerlerinin bu 2 hammadde türüne göre sırasıyla 2.24 mL/g, 2.77 mL/g olduğunu bildirmiştir. Gölevez ve patates nişastası bazlı ve HPMC ilaveli glutensiz ekmeklerde özgül hacim değeri 1.70 mL/g iken, HPMC+KS+GG'lı ekmeklerde 1.67 mL/g olarak belirlenmiştir (Calle ve ark., 2020). Demirkesen ve ark. (2010), HPMC'nin ekmek hacmini geliştirdiğini bildirmiştir. Horstmannn ve Arendt (2018), hammadde olarak patates nişastası kullanılan KS ilaveli glutensiz ekmeklerde kullanılan hidrokolloid konsantrasyonundaki artışın nihai ürünün hacminde azalma meydana getirdiğini saptamıştır. Ayrıca, formülasyonda %1.5'dan daha fazla HPMC kullanımının hacimi olumsuz yönde etkilediğini belirtmiştir.

### 4.2.2. Nem

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin nem değerleri Çizelge 4. 3'de verilmiştir. Çizelge 4. 3'den de görüldüğü üzere glutensiz ekmeklerin nem içeriklerinin %28.58 (HD1-%3

konsantrasyon) ile %44.37 (Kontrol) aralığında değiştiği, söz konusu ekmekler arasındaki nem farkının yaklaşık olarak %15.79 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3. Glutensiz ekmek örneklerinin % nem değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 44.37$^{a}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 41.75$^{b}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 28.58$^{o}$ | 31.89$^{jklm}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 33.43$^{efghıjk}$ | 34.20$^{defgh}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 29.56$^{no}$ | 35.07$^{cde}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 33.80$^{defghıj}$ | 36.53$^{c}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 30.93$^{mn}$ | 32.15$^{ijklm}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 31.09$^{mn}$ | 32.05$^{jklm}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 31.65$^{klm}$ | 32.73$^{ghıjklm}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 30.98$^{mn}$ | 33.15$^{fghıjkl}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 34.66$^{def}$ | 35.68$^{cd}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 31.45$^{lm}$ | 34.54$^{defg}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 31.01$^{mn}$ | 35.08$^{cde}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 32.22$^{ijklm}$ | 34.62$^{def}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 30.87$^{mn}$ | 35.04$^{cdef}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 32.30$^{ijklm}$ | 33.99$^{defghı}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 32.48$^{hijklm}$ | 35.14$^{cde}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Ayrıca, glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılan toplam hidrokolloid konsantrasyonundaki artışa koşut olarak nem içeriklerinin istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde arttığı gözlenmiştir ($p<0.05$).

Farklı hidrokolloidlerin tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanılması sonucu üretilen glutensiz ekmeklerin nem içeriklerinin %28.58 (HD1-%3 konsantrasyon) ile %36.53 (HD4-% 5 konsantrasyon) aralığında değiştiği belirlenmiştir.

Hidrokollodilerin tek başlarına kullanılmaları durumunda, en yüksek nem içeriğinin MC (HD4) kullanılan glutensiz ekmeklerde, en düşük nem içeriğinin ise ksantan gum içeren ekmeklerde olduğu belirlenmiştir. MC, kuvvetli su bağlama özelliğine sahip olduğundan dolayı pişme sırasında bünyesindeki su ekmek içinde kalmaktadır. KS ise belli konsantrayona kadar bağladığı suyu pişme sırasında bırakabildiğinden dolayı su buharlaşarak yapıdan uzaklaşmaktadır.

İkili hidrokolloid kombinasyonlarda, KS ve CMC'nin kombine olarak %3 oranında kullanıldığı (HD6) glutensiz ekmeklerin en düşük nem içeriğine, HPMC ve MC'nin %5 oranında kullanıldığı (HD9) glutensiz ekmeklerin ise en yüksek nem içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Üçlü kombinasyonlarda ise, en düşük nem içeriği toplam %3 hidrokolloid konsantasyonunda KS, CMC ve MC'nin birlikte kullanıldığı (HD13); en yüksek nem içeriği ise %5 toplam hidrokolloid konsantrasyonunda KS, HPMC ve CMC'nin birlikte kullanıldığı HD11 ve KS, CMC ve MC'nin birlikte kullanımıyla elde edilen HD13 kodlu glutensiz ekmeklerde elde edilmiştir. KS ve CMC'nin konsantrasyon artışıyla birlikte, tek başlarına ve birlikte kullanımlarıyla elde edilen glutensiz ekmeklerde nem değerleri yüksek geldiği belirlenmiştir. %3 konsantrasyondan sonrasında KS ve .CMC bünyesine bağladığı suyu pişme sırasında tamamını bırakamadığından dolayı konsantrasyon artışıyla glutensiz ekmeklerinde nem değerlerinin arttığı saptanmıştır.

Analiz sonuçlarına göre, kontrol ekmeğine (%44.37) ait nem içeriği, ticari nişastalı karışım kullanılarak elde edilen glutensiz örneklere (%41.75) kıyasla daha düşüktür. Diğer taraftan, ticari üründen üretilen ekmekler ile kıyaslandığında kontrol ekmeği haricinde tüm ekmeklere ait nem değerlerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Mohammadi ve ark. (2014) yapmış olduğu araştırmada, mısır nişastası ve pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklerde KS ve CMC'nin nem değerini önemli derecede arttırdığını saptamıştır. KS ve CMC'nin birlikte kullanımı sonucu elde edilen glutensiz ekmeğe ait nem değerinin, KS'nin tek başına kullanılması sonucu elde edilen değerden daha düşük dolduğu kaydedilmiştir.

Akin ve ark., 2019 yılındaki araştırmalarında topyoka nişastasına HPMC ilavesi ile elde edilen nihai ürünlerin nem içeriğinin, pirinç unu ve patates nişastası bazlı KS ilavesli glutensiz ekmeklere kıyasla daha düşük nem içeriğine sahip olduğu beyan edilmektedir. Bu durum, KS'nin HPMC'den daha fazla su bağlaması ile açıklanmaktadır. Calle ve ark., 2020 yılında yapmış olduğu araştırmada ise gölevez ve patates nişastası bazlı ekmeklerde HPMC, KS ve GG kullanılmıştır. HPMC kullanılan glutensiz ekmeklerde nem değeri %58.74 iken, HPMC, KS ve GG'nin birlikte kullanıldığı ekmeklerde ise %58.80 olarak belirlenmiştir.

### 4.2.3. Su Aktivitesi

Su aktivitesi, gıdada bulunan suyun buhar basıncının, saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, gıdanın içerisindeki toplam serbest ve elverişli su oranını göstermektedir. Gıdalarda su aktivitesi, 0 ile 1 arasında değere sahip olmaktadır. Su aktivitesi değeri azaldıkça o gıdanın raf ömrü artmaktadır. Ekmeklerde su aktivitesi 0.95-0.96 değerlerindedir. Nem içeriği ve su aktivitesi, ekmeğin tekstürünü, lezzetini etkilemektedir. Glutensiz ekmeklerde bu değerlerin artması, mikroorganizmaların gelişmesine ve çoğalmasına olanak sağladığından ürün raf ömrünü azaltmaktadır. Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin su aktivitesi değerleri Çizelge 4. 4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4'de de görülebileceği gibi fırından çıktıktan 6 saat sonra ölçülen glutensiz ekmeklerin $a_w$ değerlerinin 0.89 (Kontrol) ile 0.95 (HD15-%3 konsantrasyonda) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Glutensiz ekmek örneklerinin su aktivitesi değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | $0.8910^{q}$ | | |
| **Ticari Ürün** | $0.8943^{p}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | $0.9320^{m}$ | $0.9160^{o}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | $0.9463^{kl}$ | $0.9426^{efgh}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | $0.9410^{fghıj}$ | $0.9353^{l}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | $0.9253^{n}$ | $0.9316^{m}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | $0.9323^{m}$ | $0.9433^{def}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | $0.9460^{d}$ | $0.9430^{efg}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | $0.9450^{de}$ | $0.940^{ghıj}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | $0.9340^{lm}$ | $0.9390^{jk}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $0.9420^{efghı}$ | $0.9170^{o}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $0.9490^{c}$ | $0.9433^{def}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | $0.9513^{bc}$ | $0.9400^{hıj}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | $0.9520^{ab}$ | $0.9450^{de}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | $0.9440^{de}$ | $0.9363^{kl}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | $0.9500^{bc}$ | $0.9396^{ij}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | $0.9543^{a}$ | $0.9390^{jk}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

%3 ve %5 toplam hidrokolloid konsantrasyonu kullanılarak elde edilen glutensiz ekmek örnekleri arasındaki $a_w$ değerlerinin, 0.9160 (HD1-%5 konsantrasyonda) ile 0.9543 (HD15-%3 konsantrasyonda) arasında olduğu ve ölçülen su aktivitesi değerleri arasında istatisiksel olarak önemli bir fark bulunduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeklerin nem değerleri incelendiğinde su aktivitesi değerleri ile kontrol ve ticari ürün ekmekleri haricinde, pozitif yönde paralel olduğu görülmüştür.

Lazaridou ve ark (2007) yapmış olduğu araştırmada, glutensiz ekmeklere ait su aktivitesi değerlerinin 0.974-0.986 aralığında; Tümer (2014) yapmış olduğu çalışmada ise 0.969-0.986 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Mu ve ark., (2017) yapmış olduğu araştırmada ise, patates nişastası bazlı HPMC ilaveli glutensiz ekmeklerin su aktivitesi değerinin 0.965 olduğu belirtilmiş olup, bu değerler tez çalışmamız kapsamında elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

### 4.2.4. Pişme Kaybı

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında farklı tür, kombinasyon ve konsantrasyonda hidrokolloid kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait pişme kaybı değerinde önemli derecede azalma gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, toplam hidrokolloid oranındaki artışa koşut olarak glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değerinde azalış görülmektedir. Bu durum, aynı pişirme koşullarında yüksek su tutma kapasitesine sahip hidrokolloidlerin konsantrasyonundaki artışına bağlı olarak daha yüksek nem içeriğine sahip nihai ürünler elde edilmesiyle açıklanabilir. Benzer bir şekilde, Lazaridou ve ark., 2004 ile Mohammadi ve ark., 2014, hidrokolloid miktarı ve kombine olarak kullanımı sonucunda su bağlama kapasitesinin artarken pişme kaybının azaldığını bildirmiştir. Çizelge 4.5'den de görülebileceği üzere glutensiz ekmeklerde en düşük pişme kaybı değerinin %16.54 (HD6-% 5 konsantrasyonda), en yüksek pişme kaybı değerinin ise %24.22 (Kontrol) ve söz konusu ekmekler arasındaki pişme kaybı farkının %7.68 olduğu belirlenmiştir. Hidrokolloid kullanılan ekmekler arasında en yüksek pişme kaybı değeri ise (%23.26 ) %3 toplam hidrokolloid konsantrasyonunda HPMC ve MC'nin birlikte kullanıldığı HD9 kodlu örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Glutensiz ekmek örneklerinin pişme kaybı değerleri.

| | Kullanılan Hidrokolloid Oranları (%) | | |
|---|---|---|---|
| **Formül** | | **3%** | **5%** |
| **Kontrol** | 24.22$^{a}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 20.45$^{c}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 18.82$^{efgh}$ | 16.84$^{ij}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 22.70$^{b}$ | 20.63$^{c}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 19.70$^{cde}$ | 17.76$^{hı}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 22.59$^{b}$ | 20.64$^{c}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 19.04$^{efg}$ | 17.71$^{hı}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 18.14$^{efgh}$ | 16.54$^{j}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 18.17$^{efgh}$ | 16.79$^{ij}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 20.72$^{c}$ | 18.09$^{efgh}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 23.26$^{ab}$ | 19.67$^{cde}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 20.73$^{c}$ | 19.14$^{def}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 19.06$^{efg}$ | 17.63$^{hij}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 19.80$^{cde}$ | 18.08$^{efgh}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 19.26$^{def}$ | 17.83$^{hı}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 20.28$^{cd}$ | 17.89$^{ghı}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 19.82$^{cde}$ | 17.68$^{hı}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Hidrokollodilerin tek başlarına kullanılmaları durumunda, en yüksek pişme kaybı değerlerinin, HPMC (HD1-%3 konsantrasyonda) ve MC (HD4-%3 konsantrasyonda) ilaveli glutensiz ekmeklerde olduğu belirlenmiştir.

İkili kombinasyonlarda, en yüksek pişme kaybı değeri ise, HPMC ve MC'nin kombine olarak (HD9-%3 konsantrasyon) kullanıldığı denemelerde; en düşük pişme kaybı değerleri ise KS ve CMC'nin kombine olarak kullanıldığı (HD6-%3 konsantrasyon) denemeler sonucunda üretilen glutensiz ekmeklerde tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değerleri incelendiğinde, tüm formülasyonlar arasında KS ve CMC kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerde pişme kaybı değerinin HPMC ve MC kullanılan glutensiz ekmeklere kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Vidaurre-Ruiz ve ark., 2019 yılında yapmış olduğu araştırmada, %0.5 oranlarında kullanılan KS ve tara gamın, mısır nişastası veya patates nişastası bazlı glutensiz ekmekler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Analiz sonuçlarına göre, hammadde olarak mısır nişastası kullanılan KS ilaveli glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değeri %16.64 iken patates nişastası kullnılan örneklerde %15.85 olarak belirlenmiştir.

### 4.2.5. Renk (L*, a*, b*, hue ve chroma) Değerleri

Renk, aroma, tekstür gibi etmenler, fırıncılık ürünlerinde tüketicilerin ürün tercihlerinde önemli bir yere sahiptir. Glutensiz ekmek rengi, hamurun su içeriği, aminoasit içeriği, pH, indirgen şeker miktarı gibi fizikokimyasal özellikleri ile fırın sıcaklığı ve pişirme süresi, ortam bağıl nemi ve pişirme sırasındaki ısı transfer özellikleri gibi fırında pişirme koşullarından etkilenmektedir (Alifakı, 2013).

L* değeri, 0-100 aralığında siyahtan (koyu) beyaza (parlak, aydınlık) renk yoğunluğunu ifade etmektedir. +a değerleri kırmızıya doğru giden renk yoğunluğuna karşılık gelirken -a değerleri ise yeşile doğru giden renk yoğunluğunu ifade etmektedir. +b değerleri ise sarı renk yoğunluğunu, -b değerleri mavi renge giden bir renk yoğunluğunu göstermektedir (Tümer, 2013). Farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk L* değerleri Çizelge 4.6'da olup hidrokolloid çeşidinin değişmesi ve oranının arttırılmasının ekmek kabuğundaki renk değerlerine etkisi değerlendirilmiştir. Kabuk L* değerleri en mat ekmekler 62.14 (HD1-%5 konsantrasyonda), en parlak ekmekler de 75.53 (HD15- %3 konsantrasyonda) elde edilmiştir ve bu değerler arasındaki fark %21.55 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (L*) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 70.51$^{ghıjk}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 73.90$^{bc}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 70.12$^{hıjkl}$ | 62.14$^{p}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 68.45$^{mn}$ | 65.72$^{o}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 69.54$^{klm}$ | 68.49$^{mn}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 71.47$^{defgh}$ | 70.02$^{ijklm}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 75.17$^{ab}$ | 72.74$^{cde}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 73.48$^{c}$ | 68.41$^{mn}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 71.37$^{efghı}$ | 67.85$^{n}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 73.65$^{c}$ | 69.81$^{jklm}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 72.85$^{cd}$ | 71.36$^{efghı}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 74.01$^{bc}$ | 72.04$^{def}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 71.05$^{fghıj}$ | 67.90$^{n}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 72.08$^{def}$ | 68.85$^{lmn}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 70.89$^{fghıj}$k | 68.86$^{lmn}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 75.22$^{ab}$ | 71.31$^{fghı}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 75.53$^{a}$ | 71.60$^{defg}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Aynı kombinasyonlarda hidrokolloid oranı %3'den %5'e çıkarıldığında, ekmek kabuk L* değerinin azaldığı yani ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Ancak, kontrol ve ticari ürün ekmekleriyle kıyaslama yapıldığında, hidrokolloidlerin kullanım düzeyleri ile matlık (0) ve parlaklık (100) değerleri arasında anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

Ekmek kabuk rengini etkileyen etmenler kullanılan hammadde rengi başta olmak üzere mailllard reaksiyonu ve karamelizasyon reaksiyonlarıdır. Çalışmamızda, az oranda şeker ve süt ve süt ürünleri gibi protein kaynakları

kullanılmıştır. Sonuç olarak, elde edilen glutensiz ekmekler arasında istatisiksel anlamda önemli farklılık elde edilmiştir.

Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk a* renk ölçüm değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (a*) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | $0.40^{m}$ | | |
| **Ticari Ürün** | $0.53^{m}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | $4.19^{e}$ | $4.84^{c}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | $3.57^{fg}$ | $4.12^{e}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | $4.56^{cd}$ | $5.34^{b}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | $2.15^{ij}$ | $2.47^{i}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | $3.67^{fg}$ | $4.35^{de}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | $4.73^{c}$ | $5.77^{a}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | $3.71^{f}$ | $4.33^{de}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | $1.66^{kl}$ | $3.34^{gh}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $1.67^{kl}$ | $2.47^{i}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | $1.96^{jk}$ | $3.63^{fg}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | $3.73^{f}$ | $4.58^{cd}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | $3.15^{h}$ | $3.77^{f}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | $3.43^{fgh}$ | $4.59^{cd}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | $1.50^{k}$ | $3.74^{f}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | $3.46^{fgh}$ | $4.73^{c}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Glutensiz ekmek örneklerinin kabuk a* değerleri 0.40 (Kontrol) ile 5.77 (HD6- %5 konsantrasyonda) arasında değişmekte olup bu değerler arasındaki fark %93.06 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$). Araştırmada üretilen glutensiz ekmek

örneklerinin a* değerleri kontrol örneği ile karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol ekmeğinin ve ticari ürün ekmeğinin üst yüzeylerinde çatlamalar ve tüm bir ekmek kabuğu oluşamadığından dolayı a* değerleri düşük olduğu saptanmıştır.

Hidrokolloid içeren en düşük a* değeri (1.50) %3 konsantrasyonda HD14 kodlu örneğe aittir. Hidrokolloid oranının %3'den %5'e arttırıldığında Kabuk a* değerinin arttığı, yani ekmek kabuk renginin koyulaştığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Ekmek kabuk a* değerlerinin tamamının pozitif olması kabukta kırmızıya yakın rengin hâkim olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Kontrol ve ticari ürün ekmekleriyle kıyaslama yapıldığında, hidrokolloid oranı arttıkça kırmızılık (+) değerleri arasında önemli bir fark ortaya çıkmaktadır ($p<0.05$).

Farklı hidrokolloid tür ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin, kabuk b* renk ölçüm değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Ekmek örneklerinin kabuk b* değerleri ticari ürün ekmeği (16.62) ile %5 konsantrasyonda HD9 (26.36) kodlu glutensiz ekmek arasında değişmekte olup bu değerler arasındaki fark %58.60 olarak tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Araştırmada üretilen glutensiz ekmek örneklerinin b* değerleri kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Hidrokolloid içeren en düşük b* değerine (21.51) sahip glutensiz ekmek, %3 konsantrasyonda HD14 kodlu örnektir.

Kabuk b* değerinin, aynı kombinasyonların hidrokolloid oranı %3'den %5'e arttırıldığında arttığı yani ekmek kabuk renginin sarımtraklaştığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Ekmek kabuk b* değerlerinin tamamının pozitif olması kabukta açık renk sarı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.8. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (b*) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 20.49$^{l}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 16.62$^{m}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 24.61$^{de}$ | 25.11$^{cd}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 23.09$^{hıjk}$ | 25.74$^{abc}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 23.82$^{fgh}$ | 25.88$^{ab}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 22.83$^{ijk}$ | 24.30$^{ef}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 23.43$^{ghı}$ | 25.54$^{bc}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 22.89$^{ijk}$ | 25.99$^{ab}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 23.32$^{hıj}$ | 24.35$^{ef}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 22.64$^{ijk}$ | 26.05$^{ab}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 22.62$^{ijk}$ | 26.36$^{a}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 22.45$^{k}$ | 26.09$^{ab}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 23.55$^{ghı}$ | 24.72$^{de}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 23.34$^{hıj}$ | 24.15$^{efg}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 23.77$^{fgh}$ | 25.92$^{ab}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 21.51$^{k}$ | 25.46$^{bc}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 23.47$^{ghı}$ | 25.80$^{abc}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Chroma değeri (C) olarak a* ve b* değerlerinden hesaplanmaktadır. Bu değer küçüldükçe daha mat, yükseldikçe renk daha beyaz olarak gözlemlenmektedir (Karaca, 2011). Ekmek örneklerinin chroma değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Chroma değerleri 16.85 (ticari ürün ekmekleri) ve 28.19 (HD4-%5 konsantrasyonda) aralığında değişkenlik göstermektedir. Kabuk C değerinin, hidrokolloid oranı artışına bağlı olarak arttığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Buna göre, glutensiz ekmeklere hidrokolloid eklenmesi ve oranının artmasıyla, kabuk

renklerinin daha parlak olduğu, kontrol ve ticari ürün ekmeklerinin ise daha mat olduğu sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 4.9. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (C) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 20.97$^{k}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 16.85$^{l}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 24.45$^{f}$ | 25.53$^{de}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 23.07$^{ghij}$ | 26.62$^{b}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 23.69$^{gh}$ | 26.74$^{b}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 22.88$^{hij}$ | 28.19$^{a}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 23.46$^{ghij}$ | 25.66$^{cde}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 23.17$^{ghij}$ | 26.42$^{bc}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 23.26$^{ghij}$ | 25.23$^{e}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 22.48$^{j}$ | 26.74$^{b}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 22.65$^{ij}$ | 26.45$^{bc}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 22.50$^{j}$ | 26.31$^{bcd}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 23.73$^{g}$ | 25.55$^{de}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 23.45$^{ghij}$ | 25.20$^{e}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 23.30$^{ghij}$ | 26.45$^{bc}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 21.35$^{k}$ | 25.52$^{de}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 23.31$^{ghij}$ | 25.68$^{cde}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Hidrokolloid eklenmesi ve kullanım oranının artması, chroma değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır. Hue değeri, renk tonu ilgili bir nitelik olup 0°–360° arasında değişmekte ve 0° ve 360° kırmızı, 90° sarı, 180° yeşil ve 270° mavi olarak değerlendirilmektedir. Ekmek örneklerinin hue değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Glutensiz ekmek örneklerinin renk (h) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 89.25[a] | | |
| **Ticari Ürün** | 88.59[a] | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 79.25[opq] | 78.72[pqr] |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 84.42[ef] | 77.75[ij] |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 77.98[s] | 77.63[s] |
| **HD4 (%100 MC)** | | 86.33[bc] | 80.76[kl] |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 80.64[klm] | 80.27[klmn] |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 80.06[lmn]o | 77.66[s] |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 81.14[jk] | 80.29[klmn] |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 85.24[cde] | 82.70[hı] |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 86.11[bc] | 85.05[de] |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 85.41[cd] | 82.49[hı] |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 82.77[h] | 79.58[nop] |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 82.94[gh] | 80.58[klm] |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 82.49[hı] | 78.58[rs] |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 86.54[bc] | 83.69[fg] |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 82.13[hı] | 79.66[mno] |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Glutensiz ekmeklere ait hue değerleri 89.25 (Kontrol) ve 77.63 (HD3-%5 konsantrasyonda) aralığında değişmektedir. Hidrokolloid oranı ve çeşidi için hue değerleri arasındaki fark, istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre, glutensiz ekmeklerinin kabuk hue değerinin, hidrokolloid oranı arttıkça azaldığı yani kırmızılaştığı belirlenmiştir ($p<0.05$). Glutensiz ekmek örneklerine ait renk değerleri incelendiğinde, kabuk renginin sarıdan kırmızıya doğru uzanan bir renk yoğunluğu aralığında olduğu tespit edilmiştir (+a ve +b değerleri). Hue değerleri de bu bulguyu desteklemektedir.

Ekmek kabuk L* değeri %1 ve %2 konsantrasyonda sırasıyla CMC (38.98-38.56), KS (39.63-41.31) olarak bildirilmiştir (Lazaridou ve ark., 2007). Diğer bir çalışmada, L* değeri 38.34-41.04 aralığında değişmektedir (Mohammadi ve ark., 2014).

### 4.2.6. Tekstür Analizleri

Farklı hidrokolloid kombinasyonları ile ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin, 24. Saatte yapılan tekstür ölçüm değerleri Çizelge 4. 11 -12-13-14'de verilmiştir.

#### 4.2.6.1. Sertlik

Sertlik veya yumuşaklık, insanların tazelik algısı ile paralellik göstermesi nedeniyle fırıncılık ürünlerinin değerlendirilmesinde en dikkat çeken tekstürel özellikler arasındadır (Boz, 2018). Tekstür hesaplanmalarında sertlik değeri, ilk sıkıştırma çevrimi esnasındaki pik gücü (birinci eğrinin yüksekliği) olmakla birlikte sertlik (hardness) glutensiz ekmeklerden kesilen parçanın sıkıştırılması sırasında ölçülen maksimum kuvvetdir. Başka bir çalışmada, sertlik, fiziksel olarak deformasyon için gerekli olan güç olarak, duyusal olarak da ön dişler arasındaki maddeyi sıkıştırmak için gerekli olan güç olarak tanımlanmaktadır (Şen, 2013; Çınar, 2018)..

Ekmek içi tekstürel yapının belirlenebilmesi için gerçekleştirilen tekstürel analizde kullanılan parametrelerinden biri olan sertlik değerinin, farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarının ev tipi ekmek makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin sertlik değerleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.11'de verilmiştir. Ekmeklerin 24. saatteki ölçülen sertlik değerleri 541.79 g (HD9-%5 konsantrasyon) ile 21403.05 g (Kontrol) arasında değişim göstermektedir. Buna göre, glutensiz ekmeklerin sertlik değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.11. Glutensiz ekmek örneklerinin sertlik ( g ) değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 21403.05[a] | | |
| **Ticari Ürün** | 2455.76[b] | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 1135.97[g] | 1228.96[ef] |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 1149.29[fg] | 550.25[p] |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 1237.64[ef] | 1663.46[c] |
| **HD4 (%100 MC)** | | 817.59[lm] | 634.76[o] |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 1265.79[e] | 763.67[mn] |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 1149.19[fg] | 1350.61[d] |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 1230.33[ef] | 712.40[no] |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 1221.71[efg] | 879.96[jkl] |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 643.69[o] | 541.79[p] |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 976.98[hı] | 735.57[mn] |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 935.57[hıj] | 867.98[jkl] |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 1165.01[fg] | 680.74[no] |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 956.32[hıj] | 909.77[ijk] |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 932.07[hıj] | 822.78[klm] |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 1017.67[h] | 733.68[mn] |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Ekmeklerin 24. saatte ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde; HD1, HD3 ve HD6 kodlu sırasıyla, KS, CMC ve KS+CMC kullanılan glutensiz ekmekler hariç, toplam hidrokolloid konsantrasyonu artışı, sertlik değerlerinde glutensiz ekmeklerde suyu bağlama ve gözenek yapısı oluşturmada etkin özellik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu sebeple birlikte, hidrokolloid konsantrasyonundaki artışın glutensiz ekmeklerin sertlik değerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

En yüksek sertlik değeri 2455,76 g olup ticari ürün ekmeğine ait iken bunu 21403,05 g değeriyle Kontrol örneği takip etmektedir. Hidrokolloid kullanılan denemeler arasında ise her iki konsantrasyonda da CMC'nin tek başına kullanıldığı

glutensiz ekmeklerin en yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Diğer taraftan, özgül hacim ve sertlik değerleri arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir. HPMC ve MC tek başlarında kullanıldığında glutensiz ekmeklerde en yüksek özgül hacim değerlerine sahip olduğundan, en düşük sertlik değerleirne sahip oldukları tespit edilmiştir. Glutensiz ekmeklerin ekmek içi yumuşaklık sıralamasının HPMC, MC, KS, CMC şeklinde olduğu elde edilmiştir. Yumuşaklık değeri, özgül hacim ile negatif bir paralellik gösterirken, çiğnenebilirlik verileri ile pozitif yönde paralellik göstermektedir.

Fırıncılık ürünlerinde sertlik, genellikle glutensiz ekmek içinin yumuşaklık değerinde azalma meydana gelmesi olarak belirtilmektedir. Yumuşaklıkta meydana gelen bu azalma, ekmek içi nem kaybı veya nişastanın retrogradasyonu ile ilişkilendirilmektedir. Bazı çalışmalarda nişasta bazlı glutensiz ekmek formülasyonlarında ekmeklerin su içeriği ile ekmekteki bileşenlerin su tutma kapasiteleri ve ekmek içi sertlik değeri arasında güçlü bir korelasyon olduğu beyan edilmektedir (Sabanis ve ark., 2009; Tümer, 2013).

Akin ve ark., 2019 yaptıkları çalışmada, tapyoka nişastası esaslı HPMC ilaveli glutensiz ekmeklere ait ekmek içi sertlik değerlerinin pirinç unu ve patates nişastalı bazlı ve KS ilaveli ekmeklere kıyasla daha düşük olduğunu bildirilmiştir. Ayrıca, %1 konsantrasyonda CMC ve KS kullanımının, ekmek içi sertliği açısından kontrol ekmeğiyle aralarında önemli farklılık yaratmadığı; %2 konsantrasyonda ise en yüksek sertlik değerine kontrol örneğinin sahip oluduğunu ve bunu sırasıyla CMC ve KS kullanılan örneklerin takip ettiği beyan edilmiştir. Diğer bir çalışmada; HPMC, MC, karragenan ve aljinat kullanımının ekmek içi yapısını yumuşattığı; KS'nin ise sertleştirdiği bildirmektedir (Lazaridou ve ark., 2007). Kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında CMC ve KS'nin kullanıldığı glutensiz ekmeklerde sertlik değerinde azalma kaydedilmiştir. Diğer bir taraftan CMC konsantrasyonundaki artışın sertliği arttırdığı, KS'nin ve bu iki hidrokolloidin birlikte kullanımının ise azalttığı saptanmıştır (Mohammadi ve ark. (2014).

Bizim çalışmamızdada, CMC ile paralel sonuçlar mevcutken, KS için oran arttıkça sertlikte artış elde edilmiştir. X. Liu ve arkadaşlarının 2018 yılında yapmış olduğu araştırmada, hidrokolloid eklendiğinde gözenekliğin arttığını (HPMC>KS>CMC>AP) ve bu yapının da tekstür analizlerini etkilediğini bildirmişlerdir. Sertlik değerlerinde KS ve HPMC'nin konsantrasyonu arttıkça yumuşaklığın arttığını, CMC için ise %2 konsantrasyonunun üstündeki değerlerde kullanımının sertlik değerini arttırdığı ifade edilmektedir. Bizim çalışmamızda HPMC arttıkça yumuşaklık artmıştır ancak KS ve CMC'de yumuşaklıkta azalma meydana gelmiştir. Morreale ve ark., 2018 çalışmalarında pirinç ununun %1, %2 ve % 3 olmak üzere 3 farklı HPMC konsantrasyonunda farklı su miktarlardaki etkisini araştırmışlardır. HPMC'nin yüksek miktarda, yüksek vizkozitede verdiği ve glutensiz ekmek içi sertliğinde pozitif bir etkisi olduğunu iletmektedirler. Patates nişastası kullanılan KS'li ekmeklerde konsantrasyon arttıkça düşük sertlik değeri elde edildiği, HPMC içinde %1 konsantrasyondan sonra sertliğin azaldığı iletilmektedir (Horstmannn ve Arendt, 2018).

#### 4.2.6.2. Çiğnenebilirlik

Çiğneme, fiziksel şekilde katı bir gıdanın ağızda parçalanarak yutulacak boyuta getirilmesi için gerekli olan enerji ya da duyusal özellik bakımından gıdanın yutma boyutuna gelinceye kadar gerekli olan çiğneme sayısı veya bir saniyedeki çiğneme gücü olarak tanımlanmakta olup, sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin birbirleri ile çarpılması ile elde edilen iş olarak ifade edilmektedir (Boz, 2018; Özerdem, 2018). Ekmek içi tekstürel yapının belirlenebilmesi için gerçekleştirilen tekstürel analizde kullanılan parametrelerinden çiğnenebilirlik değerinin farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin ölçüm değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Glutensiz ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 10164.61[a] | | |
| **Ticari Ürün** | 1349.69[b] | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 877.09[g] | 962.16[e] |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 547.18[op] | 334.00[s] |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 1051.93[d] | 1171.23[c] |
| **HD4 (%100 MC)** | | 816.85[h] | 385.68[r] |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 811.04[h] | 446.33[q] |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 863.82[g] | 1078.44[d] |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 932.14[f] | 462.88[q] |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 746.17[i] | 571.00[no] |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 373.34[r] | 309.12[s] |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 651.72[jk] | 622.73[kl] |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 668.99[j] | 621.21[kl] |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 668.82[j] | 543.02[op] |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 672.94[j] | 628.23[kl] |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 600.97[lm] | 527.76[p] |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 604.22[lm] | 585.00[mn] |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Ekmeklerin 24. saatteki ölçülen çiğnenebilirlik değerleri 309.12 (HD9- %5 konsantrasyon) ile 10164.61 (Kontrol) arasında değişim göstermektedir. Glutensiz ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri arasındaki farkın istatiksel açıdan anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Ekmeklerin 24. saatte ölçülen çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde; HD1, HD3 ve HD6 kodlu hidrokolloid kombinasyonlarının konsantrasyonları %3 den %5'e arttırıldığında, çiğnenebilirlik değerleri azalırken; diğer tüm glutensiz ekmeklerde artış göstermiştir ($p<0.05$).

Çiğnenebilirlik değerinin, düşük olması istenmektedir. Kontrol ekmeği ve ticari ürün ekmeği en yüksek çiğnenebilirlik değerlerine sahiptir ($p<0.05$). Glutensiz ekmeklerin çiğnenebilirlik değerlerinin özgül hacim ile negatif ve sertlik ile pozitif yönde bir ilişkisi tespit edilmiştir. Özgül hacmi düşük ekmeklerin, sertlik değeri yüksek; çiğnenebilirlik değerleri ise düşük olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Yapılan bir çalışmada, HPMC kullanılan patates nişastası esaslı ekmeklerin 24. saatteki sertlik değeri 31.02; esneklik değeri 0.91, çiğnenebilirlik değeri ise 13.99 olup çalışmamızda HPMC kullanılan glutensiz ekmek değerleri ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.2.6.3. Elastikiyet

Fırıncılık ürünleri için elastikiyet, ürünün birinci sıkıştırmadan sonra eski haline ne düzeyde dönebildiğinin bir göstergesidir. Tekstürde elastikiyet analizinde değerin düşük olması istenmektedir (Boz, 2018).. Hesaplamada ise ilk baskıdan sonra eski haline geri dönme süresi yani, ekmeğin sıkıştırılması esnasında yaylanma, esneklik değeri veya glutensiz ekmeğe uygulanan kuvvet ortadan kaldırıldıktan sonra ekmeğin kuvvet uygulanmadan önceki haline dönme hızı olarak verilmektedir (Şen, 2013; Çınar, 2018).

Ekmek içi tekstürel yapının belirlenebilmesi için gerçekleştirilen tekstürel analizde kullanılan parametrelerindenbiri olan elastikiyet değerinin farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinesi kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin ölçüm değerleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. Ancak, elde edilen verilerde yüksek farklar bulunmamıştır.

Çizelge 4.13. Glutensiz ekmek örneklerinin elastikiyet değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 0.882$^{fg}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 1.000$^{b}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 0.946$^{c}$ | 0.924$^{cd}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 0.924$^{cd}$ | 0.805$^{i}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 0.995$^{b}$ | 0.831$^{h}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 0.925$^{cd}$ | 0.905$^{de}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 0.996$^{b}$ | 0.946$^{c}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 0.927$^{cd}$ | 0.820$^{hı}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 0.944$^{c}$ | 0.804$^{i}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 0.996$^{b}$ | 0.879$^{g}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 0.945$^{c}$ | 0.902$^{ef}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 1.040$^{a}$ | 1.003$^{b}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 0.999$^{b}$ | 0.997$^{b}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 1.006$^{b}$ | 0.943$^{c}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 1.012$^{b}$ | 0.997$^{b}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 1.004$^{b}$ | 0.998$^{b}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 1.003$^{b}$ | 0.993$^{b}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Glutensiz ekmeklerde hidrokolloid artışı elastikiyet değerleri üzerinde anlamlı bir farklılık yaratmıştır ($p>0.05$). Glutensiz ekmeklere ait elastikiyet değerleri, 0.804 (HD7- %5 konsantrasyon) ve 1.040 (HD10-%3 konsantrasyon) arasında değişim göstermektedir.

Elastikiyette kullanılan hidroklloidler arasında CMC- KS sırasıyla %72.5-73.5 değerleri, konsantrasyon artmasıyla %78.5-76.0 değerleri bildirilmektedir (Lazaridou ve ark., 2007). Mohammadi ve ark. (2014) çalışmada KS-CMC'nin miktarı arttıkça elastikiyet değerinde artış olduğu beyan edilmektedir.

Çalışmamızda da hidrokolloid konsantrasyonu artmasıyla elastikiyet değerinde azalma gözlemlenmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen glutensiz ekmeklerde ise daha süngerimsi, ufalanmayan ve ezilmeyen bir tekstürel yapı elde edilmiştir.

#### 4.2.6.4. Yapışkanlık

Yapışkanlık ekmek içinin birbirine ne kadar tutunduğunu ya da bütünlüğünü ifade eden tekstürel bir parametredir. Fırın ürünleri bileşenlerinin moleküler interaksiyonu ile ilişkili olduğu ifade edilen yapışkanlığın düşük olmamasının, ürünün elle tutulması ve dilimlenmesindeki zorluğa işaret ettiği belirtilmektedir (Boz, 2018).

Ekmek içi tekstürel yapının belirlenebilmesi için gerçekleştirilen tekstür analizde kullanılan parametrelerinden yapışkanlık değerinin farklı hidrokolloid türü ve kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklere ait ölçüm değerleri Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Elde edilen verilerde aynı konsantrasyonlarda kendi aralarında istatsitiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur ($p>0.05$). Tüm glutensiz ekmeklerde toplam hidrokolloid konsantrasyonu %3'de %5'e çıktığında yapışkanlık değelerinde azalma gözlenmektedir ($p>0.05$). Glutensiz ekmeklerin analizleri sonucunda yapışkanlık değerleri 0.63 (HD9- %5 konsantrasyonda) ve 1.04 (HD10- %3 konsantrasyon) arasında değişmektedir.

Yapılan bir çalışmada, HPMC kullanılan ekmeklerde sertlik değeri 316 g olarak kaydedilmişken, HPMC+KS+GG birlikte kullanıldığı ekmeklerde 323 g; esneklikte sırasıyla 0.441- 0.434; yapışkanlıkta 0.348-0.313; çiğnenebilirlikte 50-45 değerleri elde edildiği bildirilmektedir. Bu çalışmada kıyasladığımızda değerlerimiz bu çalışmaya göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yüksek nem içeriğine ve düşük özgül hacimden kaynaklanmaktadır (Calle ve ark., 2020).

Çizelge 4.14. Glutensiz ekmek örneklerinin yapışkanlık değerleri.

| Formül | Kullanılan Hidrokolloid Oranları | | |
|---|---|---|---|
| | | 3% | 5% |
| **Kontrol** | 0.88$^{fg}$ | | |
| **Ticari Ürün** | 1.00$^{b}$ | | |
| **HD1 (%100 KS)** | | 0.94$^{c}$ | 0.75$^{c}$ |
| **HD2 (%100 HPMC)** | | 0.92$^{cd}$ | 0.66$^{kl}$ |
| **HD3 (%100 CMC)** | | 1.00$^{b}$ | 0.82$^{a}$ |
| **HD4 (%100 MC)** | | 0.93$^{cd}$ | 0.67$^{jk}$ |
| **HD5 (%50 KS+%50 HPMC)** | | 1.00$^{b}$ | 0.73$^{e}$ |
| **HD6 (%50 KS+%50 CMC)** | | 0.93$^{cd}$ | 0.77$^{b}$ |
| **HD7 (%50 KS+%50 MC)** | | 0.94$^{c}$ | 0.75$^{cd}$ |
| **HD8 (%50 HPMC+%50 CMC)** | | 1.00$^{b}$ | 0.74$^{d}$ |
| **HD9 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 0.95$^{c}$ | 0.63$^{m}$ |
| **HD10 (%50 HPMC+%50 MC)** | | 1.04$^{a}$ | 0.71$^{h}$ |
| **HD11 (%33 KS+%33 HPMC+%33 CMC)** | | 1.00$^{b}$ | 0.72$^{ef}$ |
| **HD12 (%33 KS+%33 HPMC+%33 MC)** | | 1.01$^{b}$ | 0.73$^{ef}$ |
| **HD13 (%33 KS+%33 CMC+%33 MC)** | | 1.01b | 0.71$^{gh}$ |
| **HD14 (%33 HPMC+%33 CMC+%33 MC)** | | 1.00b | 0.69$^{i}$ |
| **HD15 (%25 Tüm Hidrokolloidler)** | | 1.00b | 0.73$^{ef}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.

Başka bir çalışmada, kontrol ekmeklerinde elde edilen yapışkanlık değeri (0.42), denemedeki diğer tüm hidrokolloid konsantrasyonlarından (%0.5- 1- 2) elde edilen yapışkanlık değerlerinin (0.46-0.58) altında kaldığı bildirilmektedir. Yapışkanlık değerinin azalması sonucunda, elde edilen ekmeklerde, ufalanır yapının mevcut olduğu ve duyusal anlamda kabul edilebilirliği olumsuz yönde etkileyeceği bildirilmiştir (X. Liu ve ark., 2018).

### 4.2.7. Duyusal Analiz Değerlendirmeleri

Alanında uzman bir ekip tarafından, glutensiz ekmek kalite niteliklerine ait analiz sonuçları göz önünde bulundurularak arzu edilir niteliklere sahip glutensiz ekmekler, %5 konsantrasyonda HD8(HPMC+CMC), HD11(KS+CMC+MC), HD12(KS+HPMC+CMC) ve HD15(Tüm hidrokolloidler) kombinasyonları kullanılarak ekmek yapılmış ve duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Yapılan glutensiz ekmekler, uzman ve yarı eğitilmiş panelistlere sunularak ekmek dış yapısı, ekmek içi yapısı, tat, koku, renk, genel kabul edilebilirlik özellikleri hedonik test uygulanarak 5 puan üzerinden değerlendirmeleri sonucu gerçekleştirilmiştir (EK 2). Farklı hidrokolloid kombinasyonlarında ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmeklerin duyusal analiz değerleri çizelge 4. 15'de verilmiştir.

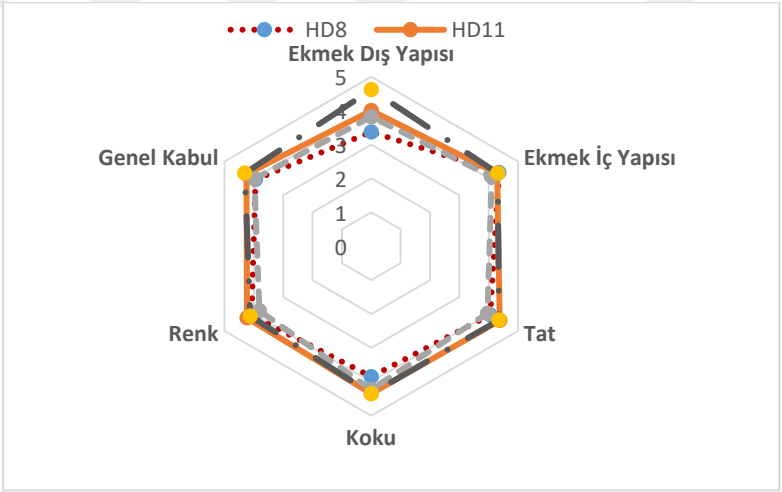
Fırıncılık ürünlerinde tercih edilme etkenlerinden en önemlisi dış görünüştür. Bu durum, tüketicide olumlu ya da olumsuz bir önyargı oluşturmaktadır. Bu önyargılar da tüketicinin gıdanın diğer duyusal nitelikleri için vereceği kararlarda etkili olmaktadır. Glutensiz ekmek örneklerine ait genel dış görünüş değerleri, 3.37 (HD8) ve 4.62 (HD15) arasında değişmektedir. Dış yapı olarak beğenilen glutensiz ekmek %5 konsantrasyonda HD15 olduğu elde edilmiştir. Glutensiz ekmekler arasında dış yapı özellikleri bakımından ise önemli farklılıklar gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Duyusal analiz değerlendirme sonuçlarına göre, ekmek içyapısı, gözeneklilik, homojen gözenek dağılımı ve kolay ufalanabilme özellikleri bakımından değerlendirilmiş ve 4.10 (HD12) ile 4.35 (HD8) aralığında değerler elde edilmiştir ($p>0.05$). En yüksek değerlendirme puanının 5 olduğu düşünüldüğünde içyapı özellikleri bakımından glutensiz ekmek örneklerinin yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Glutensiz ekmek örneklerinin duyusal analiz değerleri.

| Parametre | 5% | | Parametre | 5% | |
|---|---|---|---|---|---|
| EKMEK DIŞ YAPISI | HD8 | 3.37$^{c}$ | EKMEK İÇ YAPISI | HD8 | 4.35$^{a}$ |
| | HD11 | 4.00$^{bc}$ | | HD11 | 4.29$^{a}$ |
| | HD12 | 3.82$^{b}$ | | HD12 | 4.10$^{a}$ |
| | HD15 | 4.62$^{a}$ | | HD15 | 4.31$^{a}$ |
| | | | | | |
| TAT | HD8 | 4.05$^{a}$ | KOKU | HD8 | 3.85$^{a}$ |
| | HD11 | 4.38$^{a}$ | | HD11 | 4.35$^{a}$ |
| | HD12 | 3.96$^{a}$ | | HD12 | 4.23$^{a}$ |
| | HD15 | 4.35$^{a}$ | | HD15 | 4.35$^{a}$ |
| | | | | | |
| RENK | HD8 | 4.08$^{a}$ | GENEL KABUL-EDİLEBİLİRLİK | HD8 | 3.94$^{a}$ |
| | HD11 | 4.23$^{a}$ | | HD11 | 4.25$^{a}$ |
| | HD12 | 3.81$^{a}$ | | HD12 | 3.98$^{a}$ |
| | HD15 | 4.12$^{a}$ | | HD15 | 4.31$^{a}$ |

(1) Çizelgede aynı özellik için aynı harfle gösterilen değerler arasındaki farklar 0.05 güven sınırına göre önemsizdir.




Şekil 4.1. Glutensiz ekmek örneklerinin duyusal analiz değerleri.

Tat değerleri, HD12 (3.96) ve HD11 (4.38) aralığında değişmekte olup örnekler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunamamıştır ($p>0.05$). Benzer

bir şekilde koku, renk ve genel kabul edilebilirlik açısından örnekler anlamlı bir farklılık olmamakla birlikte, en yüksek değerlerin sırasıyla HD15 (4.35), HD11 (4.23) ve HD15 (4.3) kodlu örneklere ait olduğu belirlenmiştir ($p>0.05$).

Sonuç olarak, glutensiz ekmek örnekleri arasında ekmek iç yapısı, tat, koku, renk ve genel kabul edilebilirlik açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen dış yapı özellikleri açısından anlamlı ölçüde farklılıklar olduğu, bu nedenle dış yapının duyusal nitelik üzerinde belirleyici olduğu ve bu parametreye ait en yüksek değerin tüm hidrokolloidlerin birlikte kullanıldığı HD15 kodlu glutensiz ekmeğe ait olduğu tespit edilmiştir.

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ksantan gam, hidroksipropil metil selüloz, karboksimetil selüloz ve metil selüloz'ın %3 ve %5 olmak üzere 2 farklı konsantrasyonlarda kullanılarak ev tipi ekmek makinelerinde üretilen glutensiz ekmekler, kontrol ve ticari ürün ekmeğiyle kıyaslandığında tüm konsantrasyonlarda nem değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Hidrokolloid oranlarındaki artışa bağlı olarak beklenildiği üzere glutensiz ekmeklerin nem içeriklerinde artış meydana gelmiştir. KS (%28.58) ve CMC (%29.56)'nın tek başlarına kullanımlarıyla üretilen glutensiz ekmeklerin en düşük nem içeriklerine sahip oldukları belirlenmiştir. HPMC (%33.43) ve MC (%33.80)'nin tek başlarına kullanıldıklarında yüksek nem değerlerinde sahip oldukları ispatlanmıştır.

Kullanılan hidrokolloidlerin konsantrasyonunun %3'den %5'e çıkarılması sonucunda, glutensiz ekmeklerin pişme kaybı değerlerinin azaldığı saptanmıştır. Bu durumu %5 konsantrasyonda daha yüksek nem içeriğine sahip ekmeklerin olması da desteklemektedir. En yüksek pişme kaybı değerleri kontrol ekmeğinden elde edilirken, en düşük pişme kaybı değeri KS+CMC kombinasyonundan oluşan HD6 glutensiz ekmeklerinden elde edilmiştir. Hidrokolloid kullanılan ekmekler kendi içlerinde değerlendirildiğinde en düşük pişme kaybı değeri ise %5 konsantrasyonda HPMC+MC kombinasyonlu glutensiz ekmeğin olduğu belirlenmiştir.

Özgül hacim değerleri incelendiğinde, kontrol ekmeklerinin en düşük özgül hacim değerine sahip olduğu, en yüksek özgül hacim değerine ise %5 konsantrasyonda MC'nin tek başına kullanıldığı glutensiz ekmeklerde olduğu belirlenmiştir. Hidrokolloid konsantrasyonunun%3'den %5'e çıkmasıyla, KS ve CMC'nin tek başlarına kullanımlarıyla, KS+CMC'nin kombinasyonuyla elde edilen glutensiz ekmeklerin haricinde, özgül hacimde artış elde edilmiştir. Bu ekmeklerin özgül hacimlerinin düşük çıkmasının sebebi, kullanılan sırasıyla KS, CMC ve KS+MCM hidrokolloidlerinin oranı artmasıyla hamurun gelişmesinin

zorlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özgül hacimi geliştiren hidrokolloid olarak kıyaslama yapıldığında tek başlarına kullanımlarında, en düşük özgül hacimi CMC, KS'lı ekmeklerin, en yüksek özgül hacim değerlerini ise HPMC, MC'li ekmeklerin verdiği elde edilmiştir. Hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlarında %5 konsantrasyonda KS+CMC'nin özgül hacimde en düşük, HPMC+MC kombinasyonunun ise en yüksek özgül hacim değerini verdiği belirlenmiştir. Glutensiz ekmek üretimi ile ilgili diğer çalışmalar incelendiğinde, tüm ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin glutensiz ekmekler için elde edilen diğer çalışmalarla uyumlu olduğu hatta bazı çalışmalardan daha iyi değerler elde edildiği görülmüştür (Mu ve ark., 2017; Calle ve ark., 2020).

Ekmeklerin 24. saatte ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde kontrol ekmeğinin en yüksek sertlik değerine, %5 konsantrasyonda ve HPMC+MC'nin kombinasyondan elde edilen HD9 glutensiz ekmeğin ise en düşük sertlik değerine, hidrokolloid içeren en sert ekmeklerin ise %5 konsantrasyonda CMC'nin tek başına kullanımyla elde edilen HD3 glutensiz ekmeklerinin sahip olduğu belirlenmiştir. KS, CMC ve KS+CMC kombinasyonları ile üretilen glutensiz ekmeklerin konsantrasyon miktarları %3'den %5'e çıktığında, glutensiz ekmeklerin sertlik değerleri artarken, diğer tüm ekmeklerde konsantrasyon artmasıyla yumuşaklık değerinin arttığı belirlenmiştir. Glutensiz ekmek üretimlerinde yumuşaklıktan sertliğe; HPMC, MC, KS, CMC şeklinde özgül hacim, sertlik ve çiğnenebilirlik verilerinin paralelliğiyle elde edilmiştir.

Çiğnenebilirlik değerleri incelendiğinde KS, CMC ve KS+CMC kombinasyonlarının kullanıldığı glutensiz ekmeklerde, hidrokolloid konsantrasyon miktarları %3'den %5'e arttığında çiğnenebilirlik azalırken, diğer tüm ekmeklerde konsantrasyon artmasıyla çiğnenebilirliğin arttığı belirlenmiştir. Çiğnenebilirliği en düşük ekmek kontrol ekmeği iken en yüksek glutensiz ekmeğin %5 konsantrasyonda HPMC+MC kombinasyonundan elde edilen glutensiz ekmeklerde olduğu ve hidrokolloid ieçeren en düşük değer ise %5 konsantrasyonda CMC'nin

tek başına kullanıldığı glutensiz ekmeklere ait olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar, sertlik ve özgül hacim değerleriyle paralellik göstermektedir.

Hidrokollid kullanılarak üretilen glutensiz ekmekler, kontrol ve ticari ürün ekmekleriyle kıyaslandığında sertlik, çiğnenebilirlik, esneklik ve yapışkanlık değerlerinde iyi sonuçlar vermişlerdir.

Laboratuvar ölçümleri sonucunda ekmek nitelikleri bakımından en iyi sonuçları verdikleri belirlenen ve alanında uzman bir ekip tarafından ön eleme yapılarak duyusal analiz sonuçlarıyla da desteklenen glutensiz ekmek kombinasyonları belirlenmiştir (EK 2). Duyusal analizlerde, ekmekler arasında genel kabul edilebilirlik kıyaslamasında, anlamlı farklılıklar olmamakla birlikte, panelistlerce en beğenilen ekmekler tüm hidrokolloidlerin birlikte kullanıldığı %5 konsantrasyonda HD15 kodlu (4,3) glutensiz ekmekler olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, %5 konsantrasyonda tek başına kullanılan MC'nin, özgül hacimce en yüksek değere, %5 konsantrasyonda HPMC+MC'nin kombinasyonu HD9, sertlik yönünden en düşük değere ve %5 konsantrasyonda KS+HPMC+CMC+MC'nin kombinasyonundan elde edilen HD15'in, duyusal değerlendirme yönünden en beğenilen ve tercih edilen özelliklere sahip ekmekler olduğu saptanmıştır. Evde tipi ekmek makineleri kullanılarak beğenilen nitelikteki ekmeklerin kolaylıkla üretilebileceği, besleyici değeri sahip ek ürünlerin kullanılarak, glutensiz ekmek üretiminde kullanılabileceği, bundan sonraki yapılacak çalışmalarda, ekmeklerin besleyici değerinin geliştirilerek; yalancı tahıllar ve baklagil unları gibi lifçe zengin besinsel yönden besleyici karışımlar ile çölyak hastalığı olan bireylerin tüketimine sunulabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR


AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists International, Approved methods of the AACC, 8th Edition, The Association, St. Paul, MN, USA.

AACC, 2000. Method 08-01, Method 10-90, Method 10-91, Metod 30-10, Method 44-19, Metod 46-10. The Association: St. Paul, MN, U.S.A

Akin, P.A., Miller, R., Jaffe, T., Koppel, K., Ehmke, L., 2019. Sensory profile and quality of chemically leavened gluten-free sorghum bread containing different starches and hydrocolloids. Journal of Science of Food and Agriculture, Volume: 99; 9, 4391-4396.

Alifakı, Y.Ö., 2013. Nohut Unu İlavesinin Kekin Dielektrik Özelikleri ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Alkın, E., Göçmen, D., 2002, Çölyak Hastaliği Ve Glutensiz Diyet.

Altan, A., 1990. Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, 107s.

Anonymous, 2010. https://www.nedir-tr.com/nedir-5018-anlam%C4%B1-ni%C5%9Fasta-amylum

Anonymous, 2019a. https://www.foodelphi.com/tag/misir-nisastasinin-bilesimi/

Anonymous, 2019b. https://www.foodelphi.com/xanthan-gum-e-415/

Anonymous; 2018. http://www.ervesa.com/index.php/79-urun-cesitleri

Anton A., A., Artfield, S., D., 2008, Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. International Journal of Food Sciences and Nutrition; 59-1: 1123.

Arendt, E.K., Bello, F.D., 2008, Gluten-Free Cereal Products and Beverages, Food Science and Technology International Series, 1. Edition, Academic Press, 464 sayfa.

Barışık, D., Glutensiz Ekmek Formülasyonlarında Nohut Unu Kullanımının Termoreolojik Özellikler Açısından İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Benazir S., Majeed D., Maswal M., Gani M., Mir S. A., Dar B. N.; Influence of Hydrocolloids on Rheological Properties Of Gluten-Free Dough Based on Corn Flour; Journal of Postharvest Technology, 07-1: 72-83.

Berta M., Koelewijn I., Camilla Öhgren K., Stading M.; Effect of Zein Protein and Hydroxypropyl Methylcellulose on The Texture of Model Gluten-Free Bread. Journal Texture Study, 50:341–349.

Boz, H., 2018. Buğday veya Mısır Nişastası Kullanılarak Üretilen Keklerin Fiziksel, Duyusal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Çirişlendirmenin Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, Akademik Gıda, 16-2: 176-182, Erzurum.

Bulut, B., 2013, Glutensiz Tulumba Tatlısı Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır.

Calle, J., Benavent-Gil, Y., Rosell, C.M., 2020. Development of Gluten Free Breads From Colocasia Esculenta Flour Blended with Hydrocolloids and Enzymes. Food Hydrocolloids, Volume 98, 105243.

Cato, L., Gan, J. J., Rafael, L. G. B., & Small, D. M.; 2004. Gluten Free Breads Using Rice Flour and Hydrocolloid Gums. Australian Institute of Food Science Technology, Food Australia, 56-3: 75-78.

Çakmakçı, S.; Çelik, İ., 2004. Gıda Katkı Maddeleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum.

Çınar, B., 2018. Farklı Tip ve Düzeylerde Hidrokolloid ve Kabartma Tozu Kullanılmasının Sufle Kek Kalitesine Etkileri. Osmaniye Ata Kotkut Üniversitesi ve Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüleri Ortak Yüksek Lisans Programı, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Osmaniye.

Çiftçi, V., 2002. Effect of Wheat Germ Addition on The Selected Properties of Bread. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep.

Defloor, I., De-Geest, C., Scheliekens, M., Martens, A., Delcour, J.A., 1991. Emulsifiers and/or Extruded Starch in The Production of Bread From Cassava. Cereal Chemistry, 68: 323–327.

Demirkesen, İ., 2013, Development of Gluten-Free Bread Formulations for Baking in Infrared-microwave Combination Oven, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.

Demirkesen, İ., Mert, B., Sumnu, G., Şahin, S., 2010. Rheological Properties of Gluten-Free Bread Formulations. Journal of Food Engineering, 96: 295-303.

Deora, N.S., Deswal, A., Mishra, H., N.; 2014. Functionality of Alternative Protein in Gluten-Free Product Development. Food Science and Technology International, 21-5: 364-379.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2016, The Impacts of Various Ratios of Different Hydrocolloids and Surfactants on Quality Characteristics of Corn Starch Based Gluten-Free Bread, Cereal Research Communications, 44-2, 298–308.

Doğan, H., 2012, Ekmek Teknolojisinde Yapıyı Etkileyen Hidrokolloidlerin Reolojik ve Mikroskobik Yöntemlerle İncelenmesi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Burdur.

Ekmekci, İ., 2014, Glutensiz Ekşi Maya Ekmeği Üretimi için Starter Kültür Oluşturulması, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Elgeti, D., Jekle, M., Becker, T.; 2015. Strategies for The Aeration of Gluten-Free Bread- A Review. Trends in Food Science and Technology, 46: 75-84.

Ertugay, Z., 1984. Yüzey Aktif Maddeler ve Gıda Teknolojisinde Kullanılmaları. Gıda Dergisi, Sayı: 6, 351-356.

FAO/WHO. 2007. Report of The 29th Session of The Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses, Food and Agriculture Organization and World Health Organization (FAO/WHO). Bad Neuenahr-Ahrweiler, Germany.

Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K., 2004. Recent Advances in Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products. Trends in Food Science and Technology, 15:143-152.

Gani, A., Naqash, F., Gani, A., Masoodi, F.A.; 2017. Gluten-Free Baking: Combating The Challenges- A Review. Trends in Food Science and Technology, 66: 98-107.

Gujral, H., S., 2004, Improvement of The Breadmaking Quality of Rice Flour by Glucose Oxidase. Food Research International, Volume: 37- 1, 75-81.

Gumul, D., Ziobro, R., Korus, A., Harangozo, L., Toka'r, M.; 2017. Physical Characteristics and Nutritional Composition of Gluten-Free Bread with Share of Freze-Dried Red Potatoes. Journal of Food, Volume: 15,.4, 629-638.

Hager, A., S., Arendt, E., K., 2013, Influence of Hydroxypropylmethylcellulose (Hpmc), Xanthan Gum and Their Combination on Loaf Specific Volume, Crumb Hardness and Crumb Grain Characteristics of Gluten-Free Breads Based on Rice, Maize, Teff and Buckwheat. Food Hydrocolloids, 32: 195-203.

Hatipoğlu, S., 2016, Patates Unu ve Gam İlavesinin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Hayıt, F., 2018. Çölyak Hastalarına Yönelik Kısmi Pişirilerek Dondurma Yöntemi ile Glutensiz Ekmek Üretimi ve Kalitesinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta.

Hayıt, F., Gül, H.; 2017. Çölyak ve Çölyak Hastaları için Üretilen Ekmeklerin Kalite Özellikleri. Iğdır Üviversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7-1: 163-169.

Houben, A., Höchstötter, A., Becker, T.; 2012. Possibilities to Increase The Quality in Gluten-Free Bread Production: An Overview. European Food Research and Technology, 235: 195-208.

Ildız, N., 2015. Farklı Emülgatörlerin Glutensiz Ekmek Üretiminde Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır.

İşleroğlu, H., Dirim, S.N., Ertekin, K.F., 2009. Gluten İçermeyen Hububat Esaslı Ürün Formülasyonları ve Üretim Teknolojileri. Gıda Dergisi, 34-1: 29-36.

Kadağan, S., 2015. Sütlaç, Keşkül ve Kazandibi Üretiminde Hidrokolloid Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Karaca, E., 2011. Nar Suyu Konsantresi Üretiminde Uygulanan Bazı İşlemlerin Fenolik Bileşenler Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Karadeniz, D., 2007, Farklı Besinsel Lif Kaynaklarinin ve Hidrokolloidlerin Erişte Üretiminde Kullanımı. Ondokuz Mayis Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.

Karaoğlu, M.M., 2001. Tahıl Ürünlerinin Sağlığımız Açısından Önemi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 -1, 101-108.

Kim, Y., Kim, J., Shin, W.-K., Choi, W.; 2015. Effects of HPMC (Hydroxypropyl Methycellulose) on Oil Uptake and Texture of Gluten-Free Soy Donut. LWT- Food Science and Technology, 62: 620-627.

Kittisuban, P., Ritthiruangdej, P., Suphantharika, M., 2014. Optimization of HPMC, Yeast β-glukan, and Whey Protein Levels Based on Physical Properties of Gluten-free Rice Bread Using Response Surface Methodology. LWT-Food Science and Technology, 57-2: 738-748.

Koçak, Ş., 2018. Bazı Emülgatörlerin Glutensiz Kek Üretiminde Kalite Üzerine Etkileri. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır.

Kohajdova, Z., Karovicova, J.; 2008. Influence of Hydrocolloids on Quality of Baked Goods. Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 7-2: 43-49.

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, 1033–1047.

Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Jingwang, C.M., Chen, J., Fauconnier, M.L., 2018. Influence of Different Hydrocolloids on Dough Thermo-Mechanical Properties and in Vitro Starch Digestibility of Gluten-Free Steamed Bread Based on Potato Flour. Food Chemistry, Volume: 239, 15,1064-1074.

Mahmoudi, R.M., Yousif, E.I., Cadallah, M.G.G.E., Alawneh, A.R., 2013. Formulations and Quality Characterization of Gluten-Free Egyptian Balady Flat Bread. Annals of Agricultural Sciences, 58, 19-25.

Masure, H.G., Fierens, E., Delcour, J.A.; 2016. Current and Forward Looking Experimental Approaches in Gluten-Free Bread Making Research. Elsevier, Journal of Science, 67: 92-111.

Matos, M., E., Rosell C., 2013, Quality Indicators of Rice-Based Gluten-Free Bread-Like Products: Relationships Between Dough Rheology and Quality Characteristics. Food and Bioprocess Technology Volume: 6, 2331–2341.

Mccarthy, D.F., Gallagher, E., Gormley, T.R., Schober, T.J., Arendt, E. K., 2005, Application of Response Surface Methodology in The Development of Gluten-free Bread, Cereal Chemistry, Volume 82, Issue 5, Pages 609-615.

Meybodi, N.M., Mohammadifar, M.A., Feizollahi, E.; 2015. Gluten-Free Bread Quality: A Review of the Improning Factors. Journal of Food Quality and Hazards Control, 2: 81-85.

Mezaize, S., Chevallier, A., Bail, A., Lamballerie, M., Optimization of Gluten Free Formulations for French-Style Breads, Journal of Food Science, 74, 3.

Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M., H., Neyestani, T., R., Mortazavian, A., M., 2014. Development of Gluten-Free Flat Bread Using Hydrocolloids: Xanthan and CMC, Journal of Industrial and Engineering Chemistry 20: 1812–1818.

Morreale, F., Garzóna, R., Rosell, C.M., 2018. Understanding The Role of Hydrocolloids Viscosity and Hydration in Developing Gluten-Free Bread. A Study with Hydroxypropylmethylcellulose. Food Hydrocolloids, Volume 77, 629-635.

Mu, T., Sun, H., Liu, X., Yamul, K.D., Zhang, M., Chen, J., Fauconnier, M.L., Andre, P.V.; 2017. Evaluation of Different Hydrocolloids to Improve Dough Rheological Properties and Bread Quality of Potato-Wheat Flour. Journal Food Science and Technology, 54-6: 1597-1607.

Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B.B., 2016. Optimization of Bread Firmness, Specific Loaf Volume and Sensory Acceptability of Bread with Soluble Fiber and Different Water Levels. Journal of Cereal Science, 70: 186-191.

Nicolae, A., Radu G.L., Belc, N.; 2016. Effect of Sodium Carboxymethyl Cellulose on Gluten Free Dough Rheology. Journal of Food Engineering 168: 16-19.

Özer, M.S., 1998. Kepekli Ekmeklerin Bazı Niteliklerinin İncelenmesi ve Kalitelerinin İyileştirilmesi Olanakları. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktara Tezi, Adana.

Özerdem, G., 2018. Ekmeklik Unlara Prejelatinize Buğday Unu İlavesinin Hamur ve Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.

Özkaya, H., 1986. Buğday, Un ve Ekmeğin Besin Değeri ve Ekmeğin Zenginleştirilmesi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü, Gıda Dergisi, 3:165-173. Ankara.

Özkoc, S., Seyhun, N., 2015. Effect of Gum Type and Flaxseed Concentration on Quality of Gluten-Free Breads Made from Frozen Dough Baked in Infrared-Microwave Combination Oven. Food and Bioprocess Technology, Volume: 8, 12.

Özuğur, G., 2011. Ekmek Hamur Kullanımının Glutensiz Ekmeklerin Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

Patil, S.; Arya, S.S., 2019. Characterization of Gluten Free Flatbread Quality Improvement by The Addition of Hydrocolloids and Emulsifiers Using Simplex Centroid Design. Journal of Food Measurement and Characterization, 13: 821–830.

Peressini, D., Sensidoni, A., 2009, Effect of Soluble Dietary Fibre Addition on Rheological and Breadmaking Properties of Wheat Doughs. Journal of Cereal Science, Volume 49, 2, 190-201.

Prinyawiwatkul, W., Gao, Y., James, M.E., Chaiya, B., Brennan, M.A., Brennan, C.S.; 2018. Gluten-Free Bakery and Pasta Products: Prevalence and Quality Improvement. International Journal of Food Science and Technology, 53:19-32.

Sabanis, D. ve Tzia, C., 2011, Effect of Hydrocolloids on Selected Properties of Gluten-free Dough and Bread, Food Science and Technology International, Volume 17, 4, 176-185.

Sabanis, D., Lebesi, D., Tzia, C., 2009. Development of Fibre-Enriched Guten-Free Bread: A Response Surface Methodology Study. International Journal of Food Sciences And Nutrition, 60-54: 174-190.

Sabanis, D., Tzia, C.; 2010. Effect of Hydrocolloids on Selected Properties of Glute-Free Dough and Bread. Food Science and Technology International, 17-4: 279-291.

Salehi F.; 2019; Bee Pollen as A Functional Ingredient in Gluten-Free Bread: A Physical-Chemical, Technological and Sensory Approach; LWT-Food Science and Technology, 90: 1-7.

Sanz, T., Fernándezb, M.A., Salvadora, A., Muñozb, J., Fiszman, S.M., 2005. Thermogelation properties of methylcellulose (MC) and their effect on a batter formula. Food Hydrocolloids Volume: 19, 1, 141-147.

Schober, T.J., Sroan, B.S.; 2018. Gluten- Free or Gluten- Reduced Bread Dough. Patent Application Publication, US 2018 / 0139972 A.

Sciarini, L., S., Ribotta, P., León, A., Pe´rez, G., 2010, Effect of Hydrocolloids on Gluten-Free Batter Properties and Bread Quality. Internatioanl Journal of Food Science and Technology, Volume: 45, 11, 2306-2312.

Seferoğlu, B., 2012. Çölyak Hastalarına Yönelik Kestane unu ve Glutensiz Unlarala Hazırlanan Ekmek, Kek ve Bisküvi Çeşitlerinin Duyusal Analiz ile Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Toplu Beslenme Sistemleri Programı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Serin, Y., Akbulut, G., 2017. Çölyak Hastalığı ve Glutensiz Diyet Tedavisine Güncel Yaklaşım. Türkiye Klinikleri Journal Health Science, 2-3: 192-200.

Shah, M.A., Mir, S.A., Naik, H.R.; 2016. Influence of Hydrocolloids on Dough Handling and Technological Properties of Gluten-Free Breads. Trends in Food Science & Technology, 51: 49-57.

Skendi, A., Mouselemidou, P., Papageorgiou, M., Papastergiadis, E., 2018. Effect of Acorn Meal-Water Combinations on Technological Properties and Fine Structure of Gluten-Free Bread. Food Chemistry 253: 119-126.

Sumnu, G., Sahin, S., Mert, B., Demirkesen, I., 2010. Rheological Properties of Gluten Free Bread Formulations. Journal of Food Engineering, Volume: 96, 2, 295-303.

Sungur, B., 2004. Suda Çözünebilir Gamların Gıda Endüstrisinde Kullanım Olanakları. Gıda Mühendisliği Dergisi, 8 -17: 28- 32.

Toprak Mahsülleri Ofisi, 2016.

Turabi, E., Ozkoc, S., O., Sumnu, G., Sahin, S., 2009. Investigation of Physicochemical Properties of Breads Baked In Microwave And Infrared-microwave Combination Ovens During Storage. European Food Research And Technology, Volume: 228, 6, 883–893.

Turkut, G.M., 2015. Ekşi Maya ile Glutensiz Ekmek Üretiminde Hamur Reolojisi ve Ürün Özelliklerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

Turkut, G.M., Çakmak, H., Kumcuoğlu, S., Tavman, S., 2016. Effect of Quinoa Flour on Gluten-Free Bread Batter Rheology and Bread Quality. Journal of Cereal Science, 69:174-181.

Tümer, E., 2014. Bazı Fonksiyonel Ürünlerin Glutensiz Ekmekte Hamur ve Ekmek Özellikleri Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Türk Gıda Kodeksi Ekmek Çeşitleri Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliği; Tebliğ no: 2012/2; Sayı: 28163, 2012.

Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği; Tebliğ no: 2012/4; Sayı: 28163, 2012.

Türksoy, S., 2006. Gluten ve Çölyak Hastalığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26, Bolu.

Uluöz, M., 1965. Buğday, Un ve Ekmek Analizleri. Ege Üniveristiesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 57, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir.

Vidaurre-Ruiz, J., Matheus-Diaz, S., Salas-Valerio, F., Barraza-Jauregui, G., Schoenlechner, R., Repo-Carrasco-Valencia, R., 20019. Influence of Tara Gum and Xanthan Gum on Rheological and Textural Properties of Starch-Based Gluten-Free Dough and Bread. European Food Research and Technology, Volume: 245, 1347–1355.

Witczak, T., Juszczak, L., Ziobro, R., Korus, J., 2016a. Rheology of Gluten-Free Dough and Physical characteristictics of Bread with Potato Protein. Journey of Food Process Engineering, Volume: 40, Issue: 3, Pages: 46-56.

Witczak, T., Korus, J., Juszczak, L., Ziobro, R., 2016b. Starch and Starch Derivatives in Gluten-Free Systems- A Review. Journal of Creal Science, 67: 46-57.

Witczak, T., Korus, J., Juszczak, L., Ziobro, R., 2019. Waxy Starch as Dough Component and Anti-Staling Agent in Gluten-Free Bread. LWT- Food Science and Technology, Volume: 99, 476-482.

Yano, H., 2010. Improvements in the Bread-Making Quality of Gluten-Free Rice Batter by Glutathione. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 58, 7949–7954.

Yarpuz, S. 2011. Glutensiz Ekmek Üretimi Üzerine Araştırmalar. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Yazar, G., 2016, Glutensiz Yeni Ürünlerin Geliştirilmesi için Hamur Reolojisinin Doğrusal Olmayan Yöntemlerle İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir.

Yıldız, E., 2019. Glutensiz Bisküvi Üretiminde Badem Unu ve Stevya Kullanımı. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa.

Yılmaz, Y., 2014. Piyasaya Sunulan Glutensiz Ekmek Yapımına Uygun Karışımların Kalite ve Bileşenler Yönünden Değerlendirilmesi. Pamukkale Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli.

Yılmaz, Y., ve Doğan, İ. S. 2015.Glutensiz Ekmek Karışımların Kalite ve Bileşenler Yönünden Değerlendirilmesi. Gıda Journal of Food Dergisi. 40 - 6: 335-342.

Yu, S.; Ma Y.; Menager, L.; Sun, D., 2012. Physicochemical Properties of Starch and Flour from Different Rice Cultivars. Food and Bioprocess Technology, Volume 5, 2, 626–637.

Yücel, R. 2009. Glutensiz Kek Üretiminde Kullanılan Bazı Gamların Kalite Üzerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

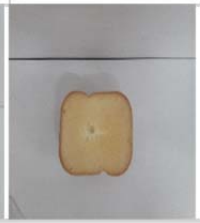
## ÖZGEÇMİŞ

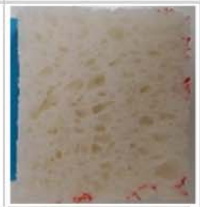
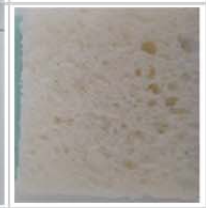
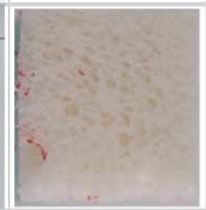
04.05.1992 tarihinde Adana ilinde ailemin ilk çocuğu olarak dünyaya geldim. 4 yıl sonrasında bir kız kardeşe sahip oldum. 1998 Eylül ayında başladığım eğitim hayatıma, 2011 Eylül ayında Çukurova Üniversitesi, Gıda Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini, 2016 Haziran ayında 3.13 ortalama ile tamamladım. 2017 Şubat ayında Tahıl İşleme Teknolojisi alanında yüksek lisans eğitimime başladım ve 2018 Eylül ayında da hala çalışmakta olduğum Drops Gıda'da Satınalma ve Yardımcı Malzeme Uzmanı olarak işe başladım.

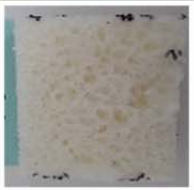
# EKLER

**EK 1**


GLUTENSİZ EKMEK GÖRSELLERİ
TİCARİ ÜRÜN EKMEĞİ
KONTROL EKMEĞİ

| | %3 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | | %5 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HD1 |  |  |  |  |  |  |
| HD2 |  |  |  |  |  |  |
| HD3 |  |  |  |  |  |  |
| HD4 |  |  |  |  |  |  |

| | GLUTENSİZ EKMEK GÖRSELLERİ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %3 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | | %5 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | |
| HD5 |  |  |  |  |  |  |
| HD6 |  |  |  |  |  |  |
| HD7 |  |  |  |  |  |  |
| HD8 |  |  |  |  |  |  |

| | GLUTENSİZ EKMEK GÖRSELLERİ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %3 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | | %5 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | |
| HD9 |  |  |  |  |  |  |
| HD10 |  |  |  |  |  |  |
| HD11 |  |  |  |  |  |  |
| HD12 |  |  |  |  |  |  |

| | GLUTENSİZ EKMEK GÖRSELLERİ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | %3 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | | %5 KONSANTRASYON GLUTENSİZ EKMEKLER | | |
| HD13 |  |  |  |  |  |  |
| HD14 |  |  |  |  |  |  |
| HD15 |  |  |  |  |  |  |

**EK 2**

## HEDONİK GLUTENSİZ EKMEK DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU

<table>
<tr><td colspan="6">GLUTENSİZ EKMEK DUYUSAL ANALİZ DEĞERLENDİRME FORMU</td></tr>
<tr><td colspan="6">Panelistin adı-soyadı: Tarih:….. /…….. /20…</td></tr>
<tr><td colspan="6">Açıklama: Size verilmiş olan 718, 342, 493, 136 kodlu 4 adet ekmek örneğini aşağıda verilen kalite kriterleri doğrultusunda en az 1 en yüksek 5 puan olmak üzere değerlendiriniz.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Kalite kriterleri</td><td colspan="4">Örnek Kodları</td></tr>
<tr><td>718</td><td>342</td><td>493</td><td>136</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ekmek Dış Görünümü</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Ekmek İçi Yapısı</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Tat</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Koku</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Renk</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Genel kabul edilebilirlik</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Puan değerleri ile ilgili açıklamalar</td><td>1= Hiç beğenmedim.</td><td>2= Beğenmedim.</td><td>3= Az beğendim.</td><td>4= Beğendim.</td><td>5= Çok beğendim.</td></tr>
</table>

1. **Ekmek Dış Görünümü:** Ekmek örneğinin hacim düşük, üst kısmında basıklık, çatlaklar olması arzu edilmez.

2. **Ekmek İçi Yapısı:** Ekmek örneğinin iç yapısında gözenek yapısının fazla ve homojen olması arzu edilmektedir. Kolay dağılmamalıdır.

3. **Tat:** İlk ısırıktan sonra ağıza alındığında normal ekmek hissi vermelidir.

4. **Koku:** Ekmeğe has kokuya sahip olmalıdır.

5. **Renk:** Ekmeğe has arzu edilen rengi ifade etmektedir. Kırmızı-sarı bir renge sahip olmalıdır. Beyazımsı görüntü vermemelidir.

6. **Genel kabul edilebilirlik:** Tüm özelliklere bakıldığında genel kabul edilebilirlik açısından örnekleri sıralayınız.