

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RENNET KAZEİN VE EMÜLSİFİYE EDİCİ TUZLARI
KULLANARAK GLUTENSİZ EKMEK ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Almire MORİNA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2023

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RENNET KAZEİN VE EMÜLSİFİYE EDİCİ TUZLARI
KULLANARAK GLUTENSİZ EKMEK ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Almire MORİNA

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi Mustafa ÖZTÜRK

HAZİRAN 2023

Almire MORİNA tarafından hazırlanan “Rennet Kazein ve Emülsifiye Edici Tuzları Kullanarak Glutensiz Ekmek Üretimi” adlı tez çalışması 29.05.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : **Unvan Adı SOYADI**
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Unvan Adı SOYADI (Danışman)**
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Unvan Adı SOYADI**
Sakarya Üniversitesi

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “RENNET KAZEİN VE EMÜLSİFİYE EDİCİ TUZLARI KULLANARAK GLUTENSİZ EKMEK ÜRETİMİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

21/06/2023

Almire MORİNA

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın planlaması, yönlendirilmesi, yürütülmesi ve yazılması aşamalarında bana büyük destek olan ve sahip olduğu bilgisini, deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÖZTÜRK'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Değerli düşünce ve önerileri ile tezin yönlendirilmesinde, yürütülmesinde emeği geçen Sayın Doç.Dr. Serpil ÖZTÜRK MUTİ'e içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca çalışmalarımı verimli bir şekilde sürdürebilmem için gerekli imkanları sağlayan değerli Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü araştırma görevlilerine teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasına maddi destek veren Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: 2021-7-24-86) teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım ve eğitimim süresince benden maddi ve manevi emeklerini esirgemeyen çok değerli aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Almire MORİNA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SİMGELER	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Gluten	5
2.2. Çölyak Hastalığı	7
2.2.1. Glutensiz diyet	10
2.2.2. Glutensiz ürünlerin kullanımı ve etkileri	11
2.3. Glutensiz Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar	14
2.4. Pirinç Unu	17
2.5. Kazein	18
2.5.1. Rennet kazein	19
2.6. Emülsifiye Edici Tuzlar	20
2.7. Emülsifiye Edici Tuz Türleri	21
2.7.1. Sitratlar	21
2.7.2. Fosfat bazlı emülsifiye edici tuzlar	22
2.7.2.1. Ortofosfatlar	22
2.7.2.2. DSF	22
2.7.2.3. Polimerik (çoklu) fosfatlar	23
2.7.2.4. Yoğunlaştırılmış fosfatlar (kısa zincirli)	23
2.7.2.5. TSPF	23
2.7.2.6. SAPF	24
2.7.2.7. Camsı fosfatlar (doğrusal, uzun zincirli)	24
2.7.2.8. Fosfat bazlı diğer emülsifiye edici tuzlar	25
2.7.2.9. Diğer emülsifiye edici tuz türleri	25
3. MATERYAL VE METOD	27
3.1. Materyal	27
3.2. Metod	27
3.2.1. Ekmek üretimi	27
3.3. Hamurda Yapılan Analizler	32
3.3.1. pH	32
3.3.2. Hamur tekstürü	32
3.4. Ekmeklerde Yapılan Analizler	32
3.4.1. Hacim ve ağırlık ölçümü	32

3.4.2. Nem ve toplam kuru madde analizi.....	32
3.4.3. Protein analizi.....	33
3.4.4. Yağ analizi.....	33
3.4.5. Tuz analizi.....	34
3.4.6. Renk analizi.....	35
3.4.7. Tekstür analizi.....	35
3.5. İstatistik Analizler ve Deneysel Dizayn	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	37
4.1. Hamur ve Ekmekte Gerçekleştirilen Analizler.....	37
4.1.1. pH.....	40
4.1.2. Glutensiz hamurların reolojik özellikleri	43
4.2. Glutensiz Ekmeklerde Gerçekleştirilen Analizler	44
4.2.1. Glutensiz ekmeklerde kurumadde ve nem değerleri belirlenmesi	44
4.2.2. Glutensiz ekmekte tuz miktarı belirlenmesi.....	46
4.2.3. Glutensiz ekmeklerde hacim belirlenmesi	46
4.2.4. Glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı.....	47
4.2.5. Glutensiz ekmeklerin protein değerleri	48
4.2.6. Glutensiz ekmeklerde yağ değerleri.....	50
4.2.7. Glutensiz ekmeklerde renk.....	50
4.2.8. Glutensiz ekmeklerin tekstür özellikleri	54
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	83

KISALTMALAR

AACC	: Amerikan Tahıl Kimyagerleri Derneği
Da	: Dalton
DSF	: Disodium Fosfat
IUPAC	: Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
KZ	: Rennet kazein
MA	: Molekül ağırlığı
ppm	: Milyonda bir
SAPF	: Sodium Asit Pirofosfat
SHMF	: Sodium Heksametafosfat
TG	: Transglutaminaz
TSPF	: Tetrasodium Pirofosfat
U	: Ünite

SİMGELER

~	: yaklaşık olarak
°C	: Santigrat derece
cm ³	: Santimetreküp
g	: Gram
γ	: Gama
h/h	: Hacim/hacim
mJ	: Milijul
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
α	: Alfa
β	: Beta
μm	: Mikrometre
ω	: Omega

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Etiket bilgilerinden elde edilen glutensiz ekmeklerin buğday ekmeğine göre ortalama besin değerleri	13
Tablo 2.2. Peynir işleminde emülsifiye edici tuzların genel özellikleri	21
Tablo 3.1. Ön denemelerde kullanılan formülasyonlar	29
Tablo 3.2. Glutensiz ekmek formülasyonu.	30
Tablo 3.3. Sadece pirinç unu ¹ , pirinç unu ve rennet kazein içeren ² , pirinç unu ve TSPF içeren ³ , pirinç unu ve DSF içeren ⁴ , pirinç unu SAPF içeren ⁵ ve pirinç unu SHMF içeren ⁶ ekmeklerinin formülasyonu.	30
Tablo 4.1. Çeşitli rennet kazein ve tetrasodyum pirofosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.	37
Tablo 4.2. Çeşitli rennet kazein ve disodyum fosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.	38
Tablo 4.3. Çeşitli rennet kazein ve sodyum asit pirofosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.	39
Tablo 4.4. Çeşitli rennet kazein ve sodyum heksameta fosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.	40
Tablo 4.5. Glutensiz hamurların pH değerleri.	41
Tablo 4.6. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen hamurların pH değerleri.	41
Tablo 4.7. Glutensiz hamurların sertlik (g) değerleri.	43
Tablo 4.8. Glutensiz hamurların yapışkanlık (mJ) değerleri.	43
Tablo 4.9. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen hamurlarının sertlik ve yapışkanlık değerleri.	43
Tablo 4.10. Glutensiz ekmeklerin kurumadde değerleri (%).	45
Tablo 4.11. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin kurumadde değerleri (%).	46
Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin tuz değerleri (%).	46
Tablo 4.13. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin tuz değerleri (%).	46
Tablo 4.14. Glutensiz ekmeklerin hacim değerleri (mL).	47
Tablo 4.15. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin hacim değerleri (mL).	47
Tablo 4.16. Glutensiz ekmeklerin ağırlık kaybı (%).	48
Tablo 4.17. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin ağırlık kaybı (%).	48
Tablo 4.18. Glutensiz ekmeklerin protein değerleri (%).	49
Tablo 4.19. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin protein değerleri (%).	49

Tablo 4.20. TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.	52
Tablo 4.21. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.	53
Tablo 4.22. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.	53
Tablo 4.23. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.	53
Tablo 4.24. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.	54
Tablo 4.25. TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.	54
Tablo 4.26. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.	55
Tablo 4.27. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.	55
Tablo 4.28. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.	56
Tablo 4.29. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.	56

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Buğday proteini bileşeninin gösterimi.....	6
Şekil 2.2. Normal ve çölyak hastalıklı bağırsak görünümü.....	8
Şekil 2.3. Erişkin Çölyak Hastalığının Klinik Fenotiplerinin Yaygınlığı.....	9
Şekil 3.1. Glutensiz ekmeklerin fermantasyon öncesi görünümü.....	28
Şekil 3.2. Glutensiz ekmeklerin fermantasyon kabinindeki görüntüleri.....	29
Şekil 3.3. Metot No.10-20'a göre buğday unu kullanarak ekmeğin üretim akış şeması.....	31
Şekil 4.1. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.....	58
Şekil 4.2. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.....	59
Şekil 4.3. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.....	60
Şekil 4.4. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.....	61
Şekil 4.5. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerin yandan görünümü.....	62
Şekil 4.6. Karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerin iç kesit görünümü.....	62
Şekil 4.7. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.....	63
Şekil 4.8. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.....	64
Şekil 4.9. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.....	65
Şekil 4.10. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.....	66
Şekil 4.11. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.....	67
Şekil 4.12. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.....	68
Şekil 4.13. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.....	69
Şekil 4.14. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.....	70

RENNET KAZEİN VE EMÜLSİFİYE EDİCİ TUZLARI KULLANARAK GLUTENSİZ EKMEK ÜRETİMİ

ÖZET

Çölyak hastalığı dünyada en sık görülen hastalıklardan biridir. Çölyak hastalığı; buğday, çavdar ve arpa gibi tahıllarda bulunan ve gluten proteinine karşı duyarlı bireylerin gluten tüketmesi ile tetiklenen otoimmün bir rahatsızlıktır. Tedavi ise ömür boyu sürecek glutensiz bir diyetdir.

Buğday ununun bir bileşeni olan gluten proteininin en önemli özelliği ekmek üretiminde arzulanan kalite özelliklerini oluşturmasıdır. Glutensiz ekmeklerde kalite sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu durum, araştırmacıların ve tüketicilerin glutensiz ürünlere olan ilgisinin artmasına neden olmuştur.

Artan glutensiz beslenme trendini karşılamak için çok sayıda bilimsel araştırma yapılmaktadır. Glutensiz ekmek üretmek; fırıncılar, araştırmacılar ve gıda endüstrisi için büyük zorlukların arasında yer almaktadır. Glutensiz ekmeklerde tekstür, görünüş ve lezzet özelliklerinde kalite kusurları görülmektedir.

Rennet kazein ile emülsifiye edici tuzların (TSPF, DSF, SAPF SHMF) etkileşimi ile glutensiz ekmekte gluten benzeri bir protein matrisi oluşturulabileceği araştırmamızın hipotezidir. Oluşturulan kazein matrisinin glutensiz ekmekte gluten gibi davranarak fiziksel ve görsel yapıyı iyileştirmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada rennet kazein ve emülsifiye edici tuzların (TSPF, DSF, SAPF ve SHMF) ekmek hamuru ve ekmeklerin kimyasal, tekstürel, görsel özelliklerine etkileri Merkezi Kompozit Dizayn, yüzey yanıt yöntemi kullanılarak araştırılmıştır.

Rennet kazein kullanımı ile ekmekte protein oranının yükseldiği gözlemlenmiştir. Genel olarak DSF ve SAPF ile rennet kazein kullanımı ekmek sertliğini artırırken TSPF ve SHMF ile üretilen örneklerde kontrol örneğine göre herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. TSPF dışında, rennet kazein ve DSF, SAPF ve SHMF kombinasyonları kullanılarak ekmek rengi iyileştirilmiştir. Rennet kazeini ve SHMF ile glutensiz ekmek üretiminde ekmek hacminin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir ($p < 0.0001$, $R^2 = 97.8$). Sonuç olarak, %20 rennet kazein, %0.3 SHMF ve %22 rennet kazein, %1 SHMF ile kabul edilebilir doku ve renkte glutensiz ekmek üretmek mümkündür.

PRODUCTION OF GLUTEN-FREE BREAD USING RENNIN CASEIN AND EMULSIFYING SALT

SUMMARY

Celiac disease is one of the most common diseases in the world. Celiac disease is an autoimmune entropy triggered by the consumption of gluten by individuals sensitive to gluten protein found in grains such as wheat, barley and rye. Treatment of Celiac Disease is a lifelong gluten-free diet. The gluten-free diet is characterized by a combination of naturally occurring gluten-free foods and gluten-free alternatives to grain-based foods. With a gluten-free diet, complete healing of the damage in the small intestine and correction of nutritional deficits can provide resolution of symptoms.

Genetic, environmental and immunological factors play an important role in the pathogenesis of celiac disease, some of which are clear while others are just beginning to emerge. The disease can occur at any age with various symptoms and signs. This multifaceted clinical presentation leads to a variety of phenotypes, including gastrointestinal, subclinical, extraintestinal, potential, unresponsive, seronegative, and resistant.

Gluten, which is a component of wheat flour, determines the quality of bread. Gluten proteins play an important role in determining the unique baking quality of wheat by imparting water absorption capacity, stickiness, viscosity and elasticity to the dough. Gluten is also essential in gas containment to achieve the desired texture and volume in the dough system.

The structures and interactions of this matrix contribute to gluten's unique properties. The resulting functions are essential for determining the dough quality of bread and other baked goods. Quality problems arise in gluten-free breads. The main problem is that it is not possible to produce gluten-free doughs, bakery products and breads with the same technological and sensory performance as wheat-based products.

As a result, it has led to an increased interest in gluten-free products among researchers and consumers. In the production of gluten-free breads, mechanical and sensory difficulties must be resolved, as gluten-free dough has a weak structure, is technologically difficult to process, and often has a light mouthfeel.

Significant amount of scientific study has been conducted to meet the increasing trend in gluten-free diet. Producing gluten-free bread is one of the biggest challenges for bakers, researchers and the food industry. Quality defects are observed in the texture, appearance and sensory properties of gluten-free breads. At the same time different ingredients make a big difference in the nutritional composition of gluten-free foods compared to their gluten-containing counterparts, and therefore affect the nutritional quality of these products.

Various types are widely used in the bakery industry to increase the formation of protein networks. Much of the research has focused on the use of a wide variety of ingredients and functional additives, such as the use of nutrient-dense raw materials

(e. g. pseudograins), proteins, fibers, dairy, emulsifiers, and other hydrocolloids to replace the gluten web and aid processing.

Our hypothesis was that the interaction between rennet casein and emulsifying salts (TSPF, DSF, SAPF SHMF) can form a gluten-like protein matrix in gluten-free bread. The aim of this study was to create a casein matrix, which acts like gluten to improve the physical and visual structure of gluten-free bread.

Ingredients used in bread manufacture were weighed in the specified proportions and kneaded for 5 minutes in a household dough kneader. 230 g of the kneaded dough was weighed, taken into a greased baking dish and shaped. At the same time, 30 grams of dough was placed in plastic containers to perform texture analysis in the dough. Doughs were placed in a fermentation cabinet set at 70% relative humidity and 40°C and subjected to fermentation for 1 hour. After the fermentation process, the doughs placed in the baking dish were left to bake for 33 minutes in the oven brought to 200°C.

Doughs placed in 30 gram containers for texture analysis were analyzed after the fermentation process. After baking, the bread was left wrapped with a cloth on the grill at room temperature for 2 hours to cool. At the end of the 2 hour period, the 0th day analyzes of the breads were conducted. Then, the breads were taken into polyethylene bags and kept at room temperature for 1 day and analyzed on the 1st day.

The standard method (Method 10-20) recommended by AACC (American Cereal Chemists Association) was used in the production of wheat flour bread.

Dough and bread properties were analyzed separately.

Analysis of dough: pH and texture analysis. Dough texture analysis, the hardness and stickiness values of the doughs were measured by using a texture device with uniaxial compression.

Analysis of bread; Volume and weight measurement, moisture and total dry matter analysis, protein analysis using the Kjeldahl method, fat analysis, salt analysis using the Mohr method, L*, a* and b* color values were measured at 3 different points for the outer and inner color of the bread samples, texture analyzes (hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness) and Central composite design (Mullen and Ennis, 1979) and surface response methodology (RSM) (Montgomery, 2001) for statistical analysis and experimental design analysis were used to investigate the effects of emulsifying salt and rennet casein. 2-level factorial experimental design was used to examine the effects of independent variables (emulsified salt and rennet casein) with 2 replicates of the center point and 2 star points ($\alpha = 1.414$).

In this study, interaction of rennet casein and emulsifying salts (TSPP, DSP, SAPP and SHMP) was investigated by using Central Composite Design Response Surface Methodology. The lowest and highest concentration of emulsifying salts were determined with preliminary analyses.

It has been observed that the protein ratio in bread increased with the use of rennet casein. In general, the use of DSP and SAPP and rennet casein increased the firmness of bread, but no difference was observed in the samples produced with TSPP and SHMP compared to the control sample. Apart from TSPP, bread color was improved by using combinations of rennet casein and DSP, SAPP and SHMP.

Gluten-free bread production with rennet casein and SHMP was observed to significantly increase bread volume ($p < 0.0001$, $R^2 = 97.8$). As a result, it is possible

to produce gluten-free bread with acceptable texture and color with 20% rennet casein, 0.3% SHMP and 22% rennet casein, 1% SHMP.

1. GİRİŞ

Ekmek yaşamın simgelerinden biri olan ve insanoğlunun tükettiği en önemli ve en eski gıdalardan biridir. Ülkemiz ekmek miktarı açısından dünyada ilk sırada yer almaktadır (Ünver-Alçay ve Ahmetoglu, 2020).

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmek, “buğday ununa su, tuz ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*), gereken durumlarda izin verilen katkı maddeleri, şeker, enzim, enzim kaynağı olarak malt unu ve vital gluten ilave edilerek elde edilen karışımın kendi tekniğine göre uygun olarak yoğrulması, şekil verilmesi, fermente edilmesi ve pişirilmesi ile elde edilen ürünü ifade etmektedir“ (Anonim, 2012).

Toplumların beslenme biçimlerine bakıldığında ekmekte bulunan gluten, diyetin en yaygın bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Ünver-Alçay ve Ahmetoglu, 2020).

Gluten; suda ve 0,5 molar sodyum klorür çözeltisinde çözünmeyen, buğday, yulaf, çavdar ve arpa veya bunların melezleri ve türevlerinde bulunan ve bazı kişilerin tolere edemediği bir protein fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2012). Gluten buğday proteini olmasının yanı sıra yulaf, çavdar ve arpa gibi tahıllarda da bulunur ancak miktarları daha azdır (Hayıt, 2018). Kaliteli ekmek üretimi için gerekli olan ve hamurun uzayabilirlik ve elastikiyet özelliklerini sağlayan gluten, görünüş ve ekmek içi yapısına katkıda bulunan en önemli faktörlerden biridir (Özüğür ve Hayta, 2011). Glutenin iki ana fraksiyonu glutenin ve gliadindir (Abbasi ve ark, 2012). Hamurda elastik ve tutarlı bir yapı oluşturmak için glutenin gerekliyken, gliadin bir hamur sisteminin viskozitesinden ve uzayabilirliğinden sorumludur (Abbasi ve ark., 2015; Gujral ve Rosell, 2004).

Bununla birlikte, son zamanlarda glutenin özellikle çeşitli klinik bozukluklara sebebiyet verdiği ve birtakım rahatsızlıklara neden olduğu öne sürülmüştür. Bu rahatsızlıklar alerjik olmayan ve otoimmün kapsamında rahatsızlıklardır (Ünver-Alçay ve Ahmetoglu, 2020).

"Gluten" teriminin başka bir çağrışımı, çölyak hastalığı olan kişilerde beslenme sorunlarına neden olan protein ailesi ile ilgilidir (Feighery, 1999; Murray, 1999). Bu hastalık, tahıl ve tahıl ürünlerinde bulunan glutene karşı aşırı duyarlılık sonucu ortaya çıkan, incebarsak mukozasında ve submukozasında iltihaplanma ile karakterize edilen, çoğunlukla malabsorbsiyon ile seyreden, gluten tüketiminden kaçıldığında klinik bulguların düzeldiği primer bir incebarsak hastalığıdır. Çölyak hastalığı, literatürde gluten sensitif enteropati veya çölyak sprue olarak da isimlendirilmektedir (Farrel ve Kelly, 2002).

Hastalık, çeşitli semptomlar ve belirtiler ile her yaşta ortaya çıkabilir. Bu semptomlardaki çeşitlilik, gastrointestinal, ekstraintestinal, subklinik, potansiyel, seronegatif, yanıt vermeyen ve dirençli olmak üzere çeşitli fenotiplere yol açar (Caio ve ark., 2019). Anemi, ağız ülseri, karın ağrısı, ishal, şişkinlik, kabızlık, yorgunluk, osteoporoz, kısırlık, kanser, anksiyete ve depresyon çölyak hastalıkları ile ilişkili en önemli semptomlardır (Gallagher ve ark., 2004b).

Çölyak hastalığı tipik olarak 2 yaş civarında erken çocukluk döneminde teşhis edilir. 40 yaş civarında ikinci kez zirve yapmaktadır. Çoğu semptom, besinlerin ve vitaminlerin emilim bozukluğundan kaynaklanır (Collin ve Mäki, 1994; Janatuinen ve ark., 1999). Çölyak hastalığının rastlanma sıklığı coğrafi farklılıklar sergilemektedir (Farrel ve Kelly, 2002). Klinik tanı oranı genellikle daha düşük olmasına rağmen, çoğu Batı ülkesinde çölyak hastalığı prevalansının yaklaşık %1 olduğu tahmin edilmektedir (Ludvigsson ve Green, 2011).

Tedavi ömür boyu sürecek glutensiz diyetdir. Glutensiz diyete sıkı bir şekilde uyulması hastalık prognozu için önem taşımaktadır. Glutensiz diyet mineraller, lifler, B kompleksi vitaminleri (tiamin, riboflavin, niasin ve B12 vitamini) ve ayrıca D vitamini içeriği açısından düşüktür (Kupper, 2005; Thompson, 2000). Teşhis edilen hastalarda glutensiz diyetin yanında eksikliği tespit edilen besin öğeler ve vitaminler destekleyici olarak takviye edilmektedir (Green ve Cellier, 2007).

Çölyak hastalığına ve diğer sağlık sorunlarına yol açan gluten intoleransı dünya çapında bir sorun haline gelmiştir (Matos ve Rosell, 2015; Ren ve ark., 2020). Şu anda piyasaya sürülen glutensiz unlu mamullerin çoğu düşük kaliteye sahiptir (Wieser, 2008). Bu sorunlar, hem tahıllı ürünler üzerinde çalışan teknik kişiler hem de fırıncılar

için büyük teknolojik zorluklar ortaya çıkarmış ve glutensiz unlu mamullerin üretiminde glutene alternatif arayışlara yol açmıştır (Arendt ve ark., 2008).

Gluten proteininin işlevselliğinin ekmek kalitesinin merkezinde olduğu açıktır (Veraverbeke ve Delcour, 2010). Glutensiz ekmek üretimi, ekmek hamurundaki glutenin viskoelastik özelliklerini taklit eden polimerik maddeler gerektirir (Arendt ve ark., 2008). Bununla birlikte, ekmek formülasyonlarında glutenin olmaması, ön pişirme sürecinde bir klasik hamur yapısının aksine genellikle sıvı bir hamur yapısı ortaya çıkartır. Bu hamur yapısı ile ortaya çıkan pişmiş ekmekler kabul görmeyen renk ve kalite kusurları taşır (Gallagher ve ark., 2004a). Ayrıca, glutensiz hamurların gaz tutma kabiliyetleri daha düşüktür (Schober ve ark., 2005).

Glutensiz ekmekler, çoğunlukla nişasta bazlı oldukları ve az miktarda mineral, vitamin ve özellikle diyet lifi içerdiğinden genellikle besleyici değeri düşüktür (Phimolsiripol ve ark., 2012).

Literatürde çok sayıda çalışmada çeşitli tahıl ve baklagillerin, nişasta ve unları ile glutensiz ekmek üretimi araştırılmıştır. Glutensiz ekmeğin teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli hidrokolloid ve proteinler glutenin oluşturduğu yapıyı oluşturmak için denenmiştir. Bu ürünlerin dokusu, ağızda bıraktıkları his ve raf ömründe olumlu sonuçlar alınmıştır (Wieser, 2008).

Rennet kazein kendi doğal durumunda hidrofobik olduğundan, proses peynirinde rennet kazeinin hidrasyona uğraması için emülsifiye edici tuzların ortamda bulunması gerekir. Emülsifiye edici tuzlar proses peynirine eklenme sırasında ayrışır ve anyonik kuyruğun "kalsiyum ayrışması" olarak bilinen bir işlemle etkileşime girmesine ve kalsiyumu rennet kazeinden çıkarmasına izin verir. Pozitif kalsiyumun uzaklaştırılması, rennet kazeindeki güçlü iyonik kalsiyum fosfat köprülerinin sayısını azaltır ve kazein proteinlerinin sistem içinde dağılmasını sağlar. Kazeindeki negatif amino asit kalıntıları ile diğer protein moleküllerinin yan zincirleri arasındaki etkileşimler, proses peynire yapı ve sertlik sağlamak için kullanılabilecek bir protein jelinin oluşumuyla sonuçlanır (Talbot-Walsh ve Selomulya, 2021) . Rennet kazein ve emülsifiye edici tuz etkileşiminin peynir yapımı sırasında oluşturduğu yapıdan yola çıkarak aynı protein yapısının gluten içermeyen malzemelerle üretilen ekmek yapısında gluten matrisinin yerini alabileceği hipotezi tezimizin temelini oluşturmaktadır.

Literatürde glutensiz ekmek üretiminde rennet kazein ve emülsifiye edici tuzların birlikte kullanımını inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Gluten

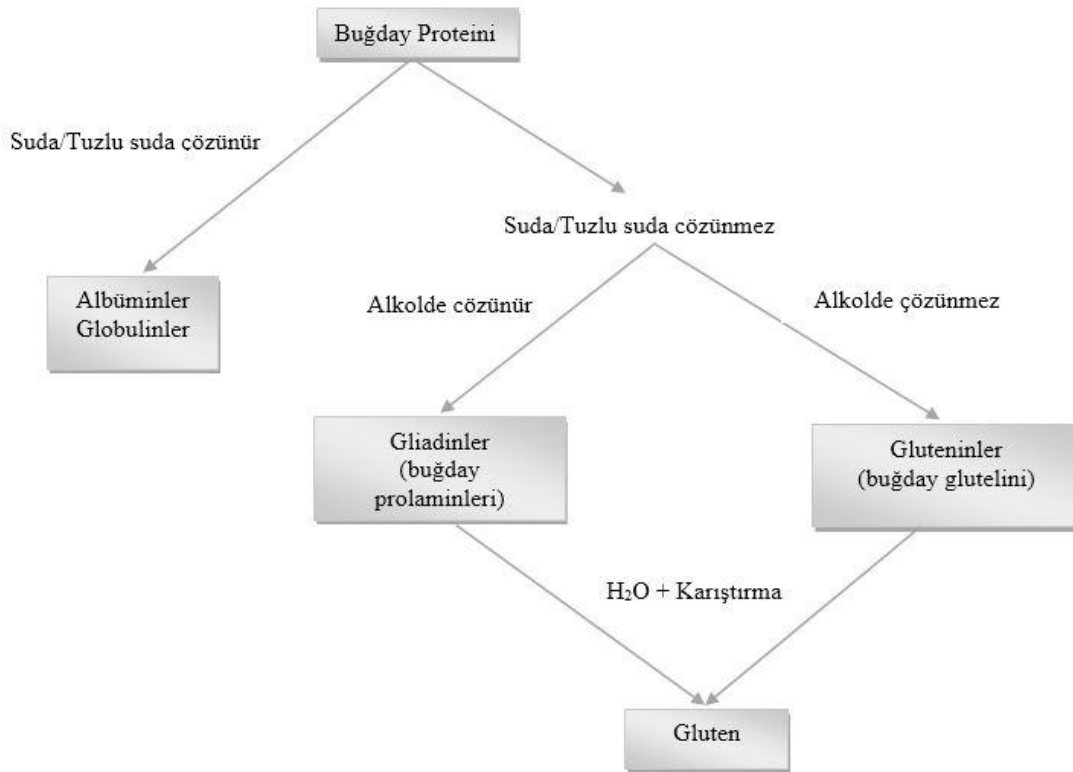
Gluten, buğdayın ve diğer tahılların depo proteinlerinin bir karışımıdır (Catassi ve Fasano, 2008). Benzer depo proteinleri arpada hordein, çavdarda secalin ve yulafta aveninler olarak bulunur ve topluca "gluten" olarak adlandırılır (Biesiekierski, 2017).

Gluten, ilk olarak 1745 yılında İtalyan kimyager Beccari tarafından tanımlanmıştır (Khan ve Bushuk, 1979). Gluten, beyaz un (nişastalı endosperm hücrelerinden türetilen) ile yapılan hamurun su ile yıkanmasıyla elde edilir. Gluten, kuru ağırlık bazında yaklaşık %75 protein içerir, geri kalanın çoğu nişasta ve lipidlerdir (Shewry ve ark., 2002). Lipitler, toplam glutenin ağırlıkça yaklaşık olarak %5 ila %10'unu oluşturmaktadır. Karbonhidratlar (nişasta, pentozanlar ve şekerler) ise toplam glutenin %5 ila %15 ini oluşturmaktadır (Khan ve Bushuk, 1979).

Buğday gluteni, gelişmekte olan tahılın nişastalı endosperm hücrelerinde biriken ana depolama proteinleridir. Bunlar, olgun kuru tanelerin hücreleri içinde sürekli bir protein matrisi oluşturur ve un, hamur oluşturmak için su ile karıştırıldığı zaman bir viskoelastik ağ meydana getirir. (Shewry ve ark., 2002). Proteinlerin çoğu prolaminler adı verilen tek bir türe aittir. Osborne tanımına göre: prolaminler, başlangıçta alkol-su karışımlarındaki, tipik olarak %60-70 (h/h) etanoldeki çözünürlüklerine göre tanımlanan bir protein grubudur. Buğdayda, monomerik ve polimerik prolaminlerin bu grupları sırasıyla gliadinler ve gluteninler olarak bilinir ve birlikte gluteni oluşturur (Shewry ve ark., 1986).

Gliadin, gluten proteinlerinin %70 sulu etanolde çözünen kısmıdır. Un proteinlerinin yaklaşık %35-40'ını oluşturur (Khan ve Bushuk, 1979). Gliadinler esas olarak moleküler ağırlıkları 28.000-55.000 civarında olan monomerik proteinlerdir ve farklı birincil yapılarına göre α/β -, γ - ve ω -tipi olarak sınıflandırılabilirler (Wieser, 2007). α ve γ -gliadin, ortam şartlarında molekül içi disülfid (SS) bağlarında yer alan sistein kalıntıları içerir. ω -Gliadin, sistein kalıntılarından yoksundur (Ooms ve Delcour, 2019). Disülfid bağları ya bulunmaz ya da zincir içi çapraz bağlar olarak mevcuttur (Wieser, 2007).

Osborne tanımına göre glutenin, gluten proteinlerinin %70 sulu etanolde çözünmeyen ancak seyreltik asit veya alkalide çözünen fraksiyonudur. Buğday endosperm proteininin yaklaşık %35 ila 45'ini içerir (Khan ve Bushuk, 1979). Glutenin fraksiyonu, zincirler arası disülfid bağlarıyla bağlanmış kümelenmiş proteinleri içerir; yaklaşık 500.000 ile 10 milyon Da arasında değişen büyüklüklere sahiptirler. Disülfid bağlarının indirgenmesinden sonra, ortaya çıkan glutenin alt birimleri, gliadinlere benzer sulu alkollerde bir çözünürlük gösterir. Birincil yapıya dayalı olarak, glutenin alt birimleri, düşük (MA = 32.000–35.000) ve yüksek (MA = 67.000–88.000) moleküler ağırlıklı alt birimlere bölünmüştür (Wieser, 2007).



Şekil 2.1. Buğday proteini bileşenin gösterimi.

Kaynak: (Gluten-free breads. In *Gluten-Free Cereal Products and Beverages*, Arendt ve ark., 2008).

Gliadinler ve gluteninler genellikle buğdayda aşağı yukarı eşit miktarlarda bulunur (Arendt ve ark., 2008). Her iki fraksiyon, yüksek glutamin ve prolin içerikleri ile karakterize edilen, kısmen yakından ilişkili sayısız protein bileşeninden oluşur (Wieser, 2007).

Gluten, moleküller arası kovalent bağlardan ve kovalent olmayan etkileşimlerden oluşan karmaşık, yüksek düzeyde çapraz bağlı ve üç boyutlu bir ağdır (Belton, 1999; Wieser, 2007). Çapraz bağlanma derecesi genellikle HMW (yüksek moleküler

ağırlıklı) ve LMW (düşük moleküler ağırlıklı) glutenin alt birimlerinin moleküler ağırlığı, GMP (glutenin makropolimeri) ve ayrıca serbest sülfhidril (SH) gruplarının miktarı ile karakterize edilir (Lucas ve ark., 2018).

Gluten, kaliteli ekmek üretmek için gereken elastik ve uzayabilir özellikleri sağlayan, undaki ana yapıyı oluşturan proteindir (Gallagher ve ark., 2004b). Gluten hamurun iskeletini oluşturur. Gluten, yoğurma işlemin gerçekleştiği sırada hamura katılan havayı ve mayalar tarafından meydana getirilen karbondioksit gazını hamur içerisinde muhafaza ederek ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapı kazanmasını sağlar (Dizlek, 2013).

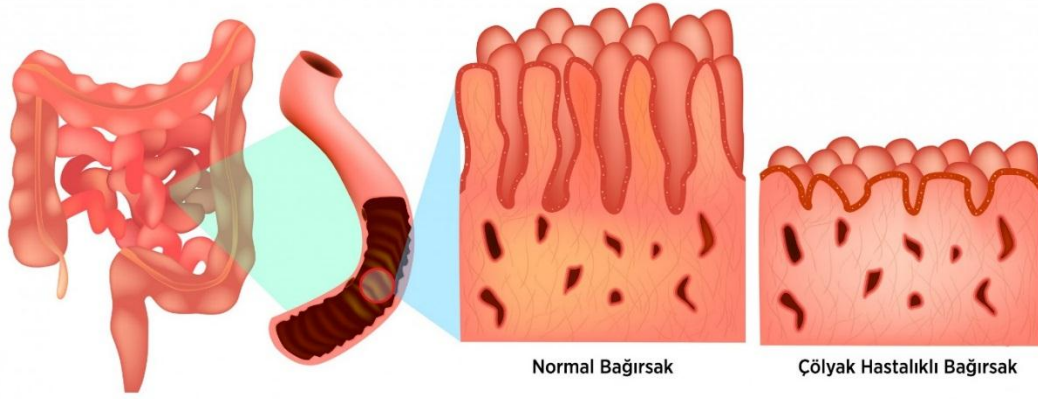
Gluten proteinleri hamura su emme kapasitesi, yapışkanlık, viskozite ve elastikiyet kazandırarak buğdayın benzersiz pişme kalitesini belirlemede önemli bir rol oynar (Wieser, 2007). Genel olarak, glutenin proteinlerinin hamura elastikiyet ve yapışkanlık sağlayan polimerik protein ağını oluşturduğu, gliadinlerin ise glutenin ağının plastikleştiricileri olarak hareket ettiği ve hamurun uzayabilirliğine ve viskozitesine katkıda bulunduğu kabul edilmektedir (Ooms ve Delcour, 2019).

Belirli bir unun ekmek yapma potansiyelini maksimize etmek için gerekli olan optimum reolojik özellikleri geliştiren ve hamur karıştırma sırasında kapsamlı değişiklikleri ortaya çıkaran esas kısım gluten proteininin parçası olan glutenin kısmıdır. Ekmek yapımında gluteninin fonksiyonel davranışının anahtarı, fiziksel (moleküler boyut ve şekil) ve kimyasal (amino asit bileşimi, dizisi ve toplanma eğilimi) özelliklerinde yatmaktadır (Khan ve Bushuk, 1979).

2.2. Çölyak Hastalığı

"Gluten" teriminin başka bir çağrışımı, çölyak hastalığı olan kişilerde beslenme sorunlarına neden olan protein ailesinden olmasıdır (Murray, 1999). Çölyak hastalığı, ince bağırsak mukozasında gluten tarafından şiddetlenen inflamatuvar bir yanıt olarak tanımlanır (Ciclitira ve ark., 2005). Gluten tüketimi ile birlikte ince bağırsak iç yüzeyinde absorpsiyon işlemini sağlayan(villi) çıkıntılar kısalmakta, ilaveten tamamen ortadan kalkarak bağırsak iç yüzeyi düzleşmektedir. Bu çıkıntılarının yüzeyinde yer alan tek sıra "kripta" hücreleri kalınlaşmakta ve absorpsiyonun gerçekleştiği yüzey azalıp besinlerin alımı zorlaşmaktadır (Türksoy ve Özkaya, 2006).

İlk tanımı Antik Yunan'da Aretaeus tarafından yetişkinlerde bir malabsorbsiyon sendromu olarak tanımlanmış olup, ilk tam tanımı 19. yüzyılın sonunda Samuel Gee tarafından yapılmıştır (Ventura ve ark., 1999). Bununla birlikte hastalığın tedavisi ve etyolojisinde İkinci Dünya Savaşı'na kadar ciddi bir gelişme yaşanmamıştır. Hastalığın tedavisi ve etyolojisi ile ilgili ilk gelişmeyi Hollandalı pediatrist Dicke, İkinci Dünya Savaşı sırasında hastalığın relapslarının azaldığını fakat savaşın bitmesiyle hastalığın tekrarlama oranlarının arttığını gözlemlemiş ve bunun savaş sırasında tahıl ürünlerinin tüketimindeki düşüşe bağlı olduğunu ifade etmiştir (Dicke ve ark., 1953; Ventura ve ark., 1999). Daha sonrasında, 1954 yılında Paulley hastalığa dair karakteristik intestinal lezyonlarının tanımını yapmıştır (Paulley, 1954; Farrel ve Kelly, 2002).



Şekil 2.2. Normal ve çölyak hastalıklı bağırsak görünümü.

Kaynak: (<https://floranakli.com/en/celiac-disease-and-flora-disorder/>, Erişim Tarihi: 22/08/2022)

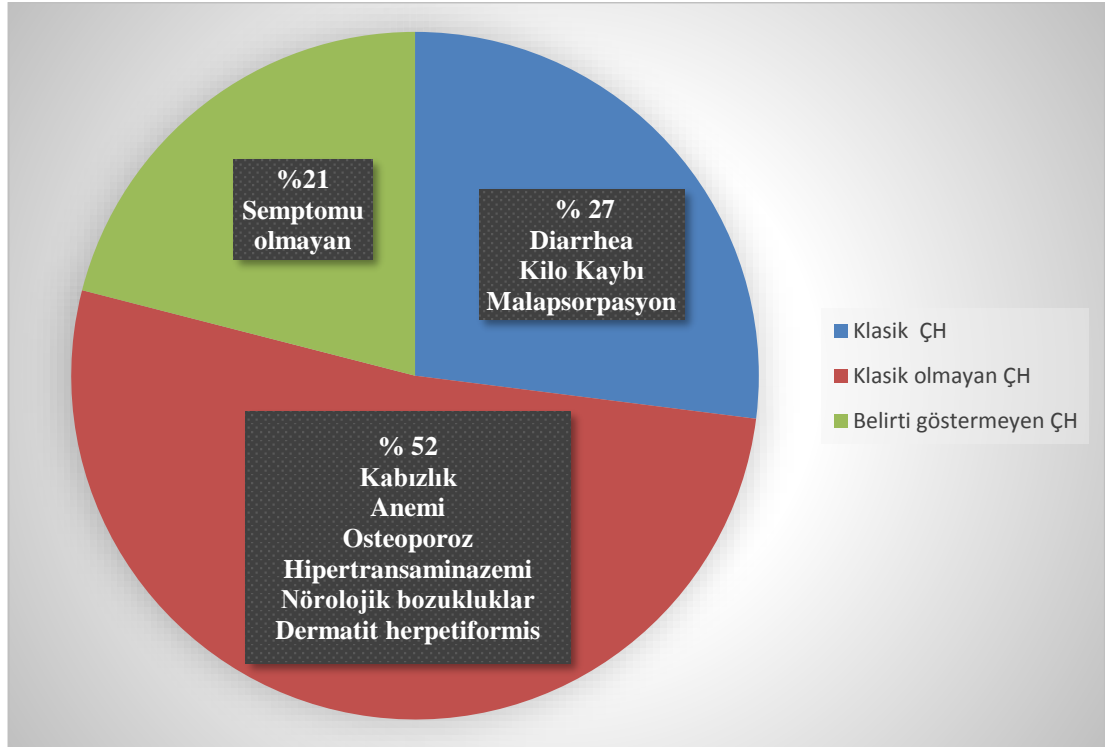
Çölyak hastalığı tanısı, gluten içeren diyet üzerine pozitif biyopsi ve serolojik antikolar ile predispozan genetik faktör insan lökosit antijeni, insan lökosit antijeni gen alellerinin varlığına dayanır (Ferguson ve ark., 1993).

Hastalığın başlıca nedeni buğdayda bulunan gluten proteininin gliadin adlı alt fraksiyonudur (Türksoy ve Özkaya, 2006). Tarif edilen gliadin fraksiyonları: α , β , γ ve ω alt birimleridir. β , γ ve ω fraksiyonları daha hafif toksisite etkilerine sahipken, α -gliadin alt birimi en yoğun zararlı etkilere sahiptir (Carroccio ve ark., 2011; Frisoni ve ark., 1995).

Hastalık, çeşitli semptomlar ile ortaya çıkabilir. Bu çok yönlü klinik semptomlar, gastrointestinal, ekstraintestinal, subklinik, potansiyel, seronegatif, yanıt vermeyen ve dirençli olmak üzere çeşitli fenotiplere yol açar (Caio ve ark., 2019). Çölyak hastalıkları ile ilişkili belirtilen en önemli semptomlar; anemi, ağız ülseri, şişkinlik,

ishal, karın ağrısı, kabızlık, yorgunluk, osteoporoz, kısırlık, kanser, depresiyon ve anksiyetedir (Gallagher ve ark., 2002).

Çölyak hastalığı, yaşlılar dahil olmak üzere her yaş grubunda ortaya çıkabilmesine rağmen, tipik vakalar çocukluk döneminde tespit edilir (Catassi ve Fasano, 2008). Vakaların %6'sına çocukluk çağında ve % 20'sine altmış yaşından sonra tanı konulmaktadır (Green ve ark., 2001). Çölyak hastalığı, dünya çapında yaşam boyu en sık görülen rahatsızlıklardan biridir ve bu hastalığın görülme sıklığı, coğrafi değişiklikler göstermektedir. Batı Avrupa, çölyak hastalığının en yaygın olduğu bölge olarak bilinmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde bu hastalığın prevalansı yaklaşık %1'dir (Green ve ark., 2001; Catassi ve Fasano, 2008). Genel popülasyondaki prevalansı yaklaşık %0.5-1'dir (Caio ve ark., 2019).



Şekil 2.3. Erişkin Çölyak Hastalığının Klinik Fenotiplerinin Yaygınlığı

Kaynak: (Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Medicine*, Caio ve ark., 2019)

Çölyak hastalığının patogeneğinde, bazıları net olan, bazıları ise henüz yeni yeni ortaya çıkmaya başlayan çevresel, genetik ve immünolojik faktörler önemlidir (Parzanese ve ark., 2017). Tahıl taneleri buğday, çavdar ve arpada bulunan proteinler, hastalık aktivasyonuna sebebiyet veren bilinen başlıca çevresel faktörlerdir (Kagnoff, 2005). Tartışılan diğer çevresel faktörler, gıda maddelerinde bulunan ağır metaller ve bakteriyel TG ile temsil edilebilir (Elli ve ark., 2015; Lerner ve Matthias, 2015).

Çölyak hastalığı osteoporoz, kısırlık veya kanser benzeri uzun süreli komplikasyon riskine yol açabilmektedir (Catassi ve Fasano, 2008).

2.2.1. Glutensiz diyet

Çölyak hastalarında gluten alımı, kalsiyum, demir, folik asit ve yağda çözünen vitaminler gibi mikro besinlerin emilim bozukluğu ile sonuçlanan ince bağırsakta iltihaplanma ve mukozal hasara yol açtığından, tek tedavi hayat boyunca glutensiz diyettir (Gujral ve ark., 2012). Glutensiz diyet, doğal olarak oluşan glutensiz gıdalar ve tahıl bazlı gıdaların glutensiz hale getirilen alternatifleri ile oluşturulan beslenme düzenidir (Sapone ve ark., 2012). Pseudo tahıl yüksek protein, esansiyel amino asitler, yağ asitleri ve mineral içeriği nedeniyle glutensiz ekmeklerde tercih edilmektedirler (Houben ve ark., 2012).

Çölyak hastaları iki farklı kategoriden glutensiz besinler tüketirler. İlk kategoride, et, balık, süt, meyve ve sebze gibi çok çeşitli yaygın ürünleri yemelerine izin verilir. İkincisi, çölyak hastalığı olan kişiler Kodeks Alimentarius Özel Diyet ve Beslenme Kullanımları için Gıda Komitesi tarafından kabul edilen Glutensiz Gıdalar için Kodeks Standardına göre glutensiz diyetetik gıdalardır (Wieser ve Koehler, 2008).

Kodeks Alimentarius Standardına göre glutensiz gıdalar şu şekilde tanımlanır (Gallagher ve ark., 2004b)

- (a) Buğdaydan veya kavuzlu buğday, kamut veya makarnalık buğday, çavdar, arpa, yulaf gibi tüm Triticum türlerinden veya bunların 20 ppm gluten seviyesini aşmayan melez çeşitlerinden oluşan veya yalnızca bunlardan yapılan prolaminler;
- (b) 200 ppm gluten seviyesini aşmayan; glutensiz hale getirilmiş buğday, çavdar, arpa, yulaf, kılçıksız buğday veya bunların melez türlerinden oluşan bileşenler;
- (c) (a) ve (b)'de spesifik edilen iki bileşenin 200 ppm'yi aşmayan herhangi bir karışımı

Glutensiz diyeti hayata geçirmek birçok diyet modellerine göre büyük değişiklikler içerir (Grant ve ark., 1998). Çölyak hastalığı olan bir hastada diyetten glutenin tamamen çıkarılması, hastaların çoğunda histolojik, semptomatik ve serolojik remisyona neden olabilmektedir (Niewinski, 2008). Glutensiz diyete bağlılık, çölyak hastalığı olan çoğu bireyde semptomların gerilemesine, histolojik ve laboratuvar

bulgularının normalleşmesine ve çölyak hastalığına bağlı komplikasyon riskinde azalmaya yol açar (Ciacci ve Mazzacca, 2002). Sıkı diyet kontrolü ile, diyete başladıktan 6-12 ay takiben antikor seviyeleri normale dönebilir, tam histolojik çözüme ulaşılması 2 yıla kadar sürebilir (Grefte ve ark., 1988).

Sadece glutensiz ürünleri tüketme zorunluluğu sebebiyle, çölyak hastalarının hemen hemen %40'ı beslenme rejimlerinden memnun değildir ve alternatif tedavileri keşfetmeye isteklidirler (Aziz ve ark., 2011). Glutensiz ürünler, gluten içeren eşdeğerlerinden daha yüksek karbonhidrat ve lipit içeriğine sahiptirler (Theethira ve Dennis, 2015).

Kronik kabızlık çölyak hastalığı olan hastalarda yaygın ve önemli bir semptomdur. Bu nedenle hastalar için yeterli lif alımı önemlidir (Theethira ve Dennis, 2015). Kalıcı olarak glutensiz bir diyet benimseyen çölyak hastaları, mısır bazlı gıdaların yüksek tüketimi nedeniyle genel popülasyondan daha yüksek seviyelerde mikotoksinlere maruz kalabilirler (Wild ve Gong, 2010). Çölyak hastalığı olan kişilerin laktoz intoleransı olduğu bildirilmiştir, bu nedenle yüksek laktoz konsantrasyonu içeren ürünler, villus tarafından üretilen laktaz enzimi bulunmadığından onlar için uygun değildir (Roman ve ark., 2019). Ek olarak, çölyak hastalığı deneklerinde artmış bağırsak gram-negatif ve azalmış Bifidobakteri bulunduğu tespit edilmiştir (Sanz ve Palma, 2011).

Glutensiz beslenme lif, B vitaminleri, demir ve eser mineraller gibi bazı eksikliklere yol açabilmektedir (Theethira ve Dennis, 2015).

2.2.2. Glutensiz ürünlerin kullanımı ve etkileri

Çölyak hastalığına yol açan gluten intoleransı dünya çapında bir sorun haline gelmiştir. Sonuç olarak, hem araştırmacılar hem de tüketiciler tarafından glutensiz ürünlere olan ilgi artmıştır (Cappelli ve ark., 2020). Nitekim glutensiz ürünlere artan talep nedeniyle geleneksel tahıl ürünlerine benzer duyuşsal ve besleyici özelliklere sahip glutensiz unlu mamuller üzerine araştırmalar artmıştır (Matos ve Rosell, 2015).

Bu eğilimler, gıda endüstrisinin yanıt vermekte zorlandığı önemli bir talep artışına yol açmıştır. Temel sorun, buğday bazlı ürünlerle aynı teknolojik ve duyuşsal performansa sahip glutensiz hamurlar, ekmekler ve unlu mamuller üretmenin imkansız olmasıdır (Cappelli ve ark., 2020).

Gluten olmaması hem hamur reolojisi hem de nihai ürünün kalitesi üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Glutensiz hamurlar, buğday hamuruna kıyasla daha düşük yapışkanlık ve elastikiyet ile karakterize edilir (Arendt ve Bello, 2005; Matos ve Rosell, 2015). Glutensiz hamurlar son derece pürüzsüzdürler ve işlenmesi zordur. Eksik etkileşimlerden dolayı su molekülleri ekmek içinde sıkı bir şekilde bağlı değildir ve kabuğa çok daha hızlı yayılırlar; bu daha sıkı bir iç yapıya ve daha yumuşak kabuk oluşumuna yol açmaktadır (Cauvain ve Young, 1998; Gallagher ve ark., 2004a).

Ayrıca, gluten olmaması daha düşük özgül hacimde, zayıf bir doku ve renge sahip ekmeğe neden olur. Diğer problemler ise daha kısa raf ömrü, tatmin edici olmayan tat, ağız kuruluğu hissi ve benzeri istenmeyen duyuşal özelliklerdir (Arendt ve Bello, 2005; Matos ve Rosell, 2015). Bu nedenle, viskoelastisite ve iyi hamur reolojisi için gerekli olan güçlü bir protein ağının geliştirilmesi esastır (Cauvain, 1998). Üç boyutlu protein ağı oluşturmaktan sorumlu olan gluten, glutensiz ekmek yapımlarında alternatif malzemeler ile karşılanmaya çalışılmaktadır (Mancebo ve ark., 2015).

Glutensiz ekmek üretimi öncelikle glutensiz un veya nişasta gerektirir. Mısır nişastası ve pirinç unu bu amaçla en yaygın kullanılan hammaddelerden olmanın yanı sıra darı ve sorgum da hammadde olarak kullanılabilir. Ayrıca, piyasada glutensiz buğday nişastası da bulunabilmektedir (Mancebo ve ark., 2015).

Glutensiz gıdaların besin değerini artırmak için besleyici değeri yüksek glutensiz tahıllar ve pseudo tahıllar kullanılabilir (Pellegrini ve Agostoni, 2015). Glutensiz tahıllar ve yalancı tahılların yanı sıra nohut, tarla fasulyesi, soya fasulyesi ve Fransız fasulyesi gibi baklagillerden, kestane, hindistancevizi, keten tohumu ve muzdan yapılan unlar da glutensiz unlu mamüllerin tariflerinde su tutma kapasiteleri nedeniyle nişasta katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Houben ve ark., 2012).

Tablo 2.1. Etiket bilgilerinden elde edilen glutensiz ekmeklerin buğday ekmeğine göre ortalama besin değerleri (Roman ve ark., 2019).

	Glutensiz Normal Ekmekler			Ticari buğday ekmeği*	
	Ürün sayısı	Ortalama±SD	Aralık	Beyaz ekmecek	Kepekli ekmecek
Protein (g/100g)	211	3.91±2.08	0.6 - 10.4	8.85	12.45
Yağ (g/100g)	211	6.27±3.03	0 - 19.4	3.33	3.50
Doymuş Yağ (g/100g)	211	0.93±0.83	0 - 5.5	m.b.	m.b.
Karbohidratlar (g/100g)	211	46.09±10	22 - 83.8	49.42	42.71
Şekerler (g/100g)	176	4.56±3.70	0 - 24.4	5.67	4.34
Lif (g/100g)	186	5.19±2.62	0 - 11.7	2.7	6
Tuz (g/100g)	211	1.15±0.43	0.2 - 4.1	1.24	1.16
Kalori (kcal/100g)	211	258±36	118 - 381	266	252

* USDA veri tabanından elde edilen veriler (2018)

Not: m.b. mevcut bilgi yok; SD, standart sapma; USDA-Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı

Glutensiz ekmecek üretimi üzerine yapılan araştırmaların çoğu, gluten ağının yerini almak, işlenmeye yardımcı olmak için besin değeri yüksek ham maddeler; örneğin pseudo tahıllar, süt ürünleri, proteinler, emülgatörler, lifler ve diğer hidrokolloidlerin kullanımı gibi çeşitli fonksiyonel katkı maddelerinin kullanılmasına odaklanmıştır (Bender ve Schönlechner, 2020).

Birçok araştırmaya rağmen, herhangi bir katkı maddesi henüz gluteni tam olarak taklit edememiştir. Çeşitli bileşenlerin kullanımının ve etkilerinin anlatıldığı çok çeşitli çalışmalar yayınlanmıştır (Bender ve Schönlechner, 2020).

Kısaca bu bileşenler üç ana gruba ayrılabilirler:

1. Su bağlayıcı ve film oluşturan bileşenler: Hidrokolloidler veya koyulaştırıcı maddeler (örneğin guar zankı, keçiyoynuzu zankı, pentozanlar, ksantan, önceden jelatinize edilmiş doğal veya modifiye nişastalar, selüloz türevleri (Foschia ve ark., 2016).

2. Yapı oluşturan, hacim dolduran, tat veren bileşenler: Proteinler (örneğin süt proteini, soya proteini, balık proteini, modifiye proteinler), yağlar ve düşük moleküler ağırlıklı karbonhidratlar (Houben ve ark., 2012; Renzetti ve ark., 2010).

3. Yüzey aktif maddeler (emülgatörler): Glutensiz ekmecek pişirmek için, son on yılda yapılan araştırmalarda kabul edilebilir glutensiz ekmecek kalitesi için en uygun sistem hidrokolloid emülgatör proteininin (örn. yumurta, soya fasulyesi veya süt proteini) eklenmesi olarak ortaya çıkmıştır (Bender ve Schönlechner, 2020).

2.3. Glutensiz Ekmek Üzerine Yapılan Çalışmalar

López ve ark. (2004), yaptıkları çalışmada; pirinç unu, mısır ve manyok nişastasını kullanarak, glutensiz beyaz ekmek üretiminde buğday ununun yerini alacak bir un karışımı bulmayı amaçlayan çeşitli formülasyonları araştırmışlardır. Çeşitli formülasyonlar kullanılarak elde edilen ekmekleri, fiziksel parametrelerini (ekmek içi görünümü, özgül hacim ve nem) ve duyuşal parametrelerini (tat, görünüm, ekmek içi dokusu, kabuk rengi ve kabuledilebilirlik) dikkate alarak değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucuna göre pirinç unundan elde edilen ekmeğin en iyi performansı gösterdiğini bildirmişlerdir. Pirinç unu formülasyonu ile hazırlanan ekmeklerin, homojen dağılmış küçük alveoller ile daha iyi bir kıvam sunduğunu, daha yumuşak bir ürün elde edilmesini sağladığını belirlemişlerdir. Fiziksel ve duyuşal analizler sonucunda %20 manyok nişastası, %35 mısır nişastası ve %45 pirinç unundan oluşan un karışımı ile yapılan ekmeklerde homojen ve iyi dağılmış gözeneklerden oluşan ekmek içi, hoş görünümlü dış yapı ve tatminkar duyuşal özelliklere sahip ekmek üretilebilebileceği bildirilmiştir.

Phimolsiripol ve ark. (2012), tarafından gerçekleştirilen çalışmada; pirinç kepeğinin farklı fraksiyonlarını % 10 oranında ekleyerek, pirinç bazlı glutensiz ekmeğin fiziksel ve besinsel özellikleri, raf ömrü incelenmiştir. Kullanılan pirinç kepeği fraksiyonlarının farklı miktarlarda protein, yağ, çözünür ve çözünmez diyet lifi içerdiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre pirinç kepeği eklenmesinin özellikle yüksek miktarda çözünür diyet lifi içerdiği için daha yüksek özgül hacim, daha yumuşak ekmek içi, tercih edilebilir ekmek rengi, ve iyi gelişmiş gözenek yapısına sahip ekmeklerin oluşumuna sebep olduğu belirtmişlerdir. Aynı zamanda glutensiz ekmek üretimi için yüksek çözünür diyet lifi içeriğine sahip bir pirinç kepeği kaynağı seçildiğinde, elde edilen ekmeğin duyuşal kabul edilebilirliğinin arttığını ve raf ömrünün uzadığını tespit etmişlerdir.

Gusmão ve ark.(2019), tarafından yapılan çalışmada kırmızı pirinç unu, mikrobiyal transglutaminaz ve prebiyotik (inülin) ile formüle edilmiş glutensiz ekmek geliştirilmesi amaçlanmıştır. Glutensiz ekmek formülasyonuna %1,0 mikrobiyal transglutaminaz ilavesi ve 80 dakikalık fermentasyon süresinin ekmek hacmini, sertliğini ve çiğnenebilirliğini arttırdığını; ancak, tüm ekmeklerin yapışkanlığı ve esnekliğinin etkilenmediği rapor edilmiştir. Kırmızı pirinç unu, prebiyotik ve

transglutaminaz, glutensiz kaliteli ekmek üretimi için umut verici derecede faydalı bileşenler olduğu sonucuna varmışlardır.

Shin ve ark. (2010) mumsu olmayan pirinç unu, transglutaminaz ve çeşitli protein kaynaklarının (peynir altı suyu proteini, sodium kazeinat ve soya proteini) glutensiz ekmek üzerine etkilerini araştırmışlardır. Pirinç unu (yaklaşık %12 nem içeriği), pirinç ıslatıldıktan sonra kuru tahılın kuru öğütülmesinden elde edildiği belirtilmiştir. Çalışma sonucunda transglutaminaz ilavesinin glutensiz pirinç hamurunun ağ yapısını iyileştirdiği raporlanmıştır. Ayrıca, transglutaminaz ve protein ilavelerinin pirinç ekmeğinin sertliğini azalttığını, peynir altı suyu ve soya proteininden oluşan pirinç ekmeklerinde ise spesifik hacim ve sarılığın arttığı, ekmek renginde beyazlığı azaldığı bildirilmiştir.

Kawamura-Konishi ve ark. (2013) glutensiz pirinç ekmeğinin kalitesini iyileştirmek için proteaz işleminin etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada *Bacillus stearothermophilus'tan (thermoase)* elde edilen ticari proteaz kullanılmıştır. Ticari proteaz ile muamele edilen ekmek, eklenen enzim miktarına bağlı olarak iyi ekmek içi görünümü, yüksek hacim ve yumuşak dokuya sahip olduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda, *Bacillus stearothermophilus'tan (thermoase)* elde edilen ticari proteaz ile muamele edilen ekmekte bayatlama oranının kontrol ekmeğe göre çok daha düşük olduğu raporlanmıştır. Glutensiz pirinç ekmeğinin kalitesini iyileştirmek için proteaz işleminin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Ziobro ve ark. (2016) guar zamkı ve pektin gibi diğer yapı oluşturucu ajanların yokluğunda, seçilen protein izolatların ve konsantrelerinin glutensiz ekmeğin kalitesi ve bayatlaması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Seçilen protein izolatları ve konsantrelerinin bezelye, albümin, acı bakla, kolajen ve soya içerdiği raporlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre soya ve bezelye proteini içeren ekmeklerin hacimleri daha küçük, albümin içerenlerin ise kontrol ekmeğinden önemli ölçüde daha büyük olduğu bulunmuştur. Bezelye ve acı bakla proteinlerinin varlığı kontrol ile kıyasla daha kabul edilebilir renk ve koku sağladığı bildirilmiştir. Ayrıca, protein ilavesinin ekmeğin depolanması sırasında ekmek sertliğinde ve retrograd amilopektinin entalpisinde artışa neden olduğu raporlamışlardır.

Storck ve ark. (2013) protein ağlarını güçlendirmek için transglutaminazın yanı sıra kazein ve albümin protein izolatlarından oluşan, proteinle zenginleştirilmiş pirinç bazlı

unlar ile üretilen glutensiz ekmekleri incelemişlerdir. Çalışma sonunda transglutaminaz (1,35 U enzim/g pirinç unu proteini), yumurta albümini (0,67 g/100 g pirinç unu proteini) ve kazein (0,67 g/100 g un) birleştirilerek en düşük ekmek içi sertliği ile en yüksek spesifik hacimde glutensiz ekmek üretildiği bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dokusal özellikler kazein ve transglutaminaz ilavesinden etkilendiğini bildirilmiştir. Transglutaminazın varlığı, protein çapraz bağlanmasını öneren tüm protein fraksiyonlarında önemli bir azalma ile sonuçlanmıştır. Protein izolatları ise önemli ölçüde unun jelatinleşme ve jelleşme davranışını değiştirerek viskoziteyi azalttığını ifade edilmiştir. Ayrıca, albümin, kazein protein izolatları ve transglutaminaz kullanımı fermente, glutensiz ürünler yapmak için protein açısından zengin karışımların üretilmesine yönelik umut verici bir yaklaşım oluşturduğunu belirtilmiştir.

Crockett ve ark. (2011) hidroksipropil metilselüloz (HPMS) ile muamele edilmiş alternatif proteinlerin glutensiz hamur sistemi üzerindeki etkilerini belirlenmesi amaçlanmıştır. Alternatif proteinler olarak yumurta beyazı tozları ve soya proteini izolatu eklenmiştir. Yumurta proteini tozunda eklenen oranlar %5, %10 ve %15'tir. Soya proteini izolatında eklenen oranlar ise %1, %2 ve %3' tür. Elde edilen sonuçlara göre soya proteini izolatu ve yumurta beyazı tozlarının %5 ve %10 oranında eklenmesi, hidroksipropil metilselüloz işlevselliğini baskıladığını, mevcut suyu azaltarak, nişasta matrisi ile hidroksipropil metilselüloz etkileşimlerini zayıflatığını ve köpük stabilitesini azaltarak hamur stabilitesini azalttığını bildirilmiştir. %15 yumurta beyazı tozlarının ilavesinde ise hidroksipropil metilselüloz ile negatif etkileşimlerin üstesinden gelerek ekmek hacmini geliştirdiği bildirilmiştir.

Witczak ve ark. (2017) glutensiz hamurun reolojisi ve patates proteinli ekmeğin fiziksel özelliklerini incelenmiştir. Çalışma sonucunda %2-10 düzeyinde uygulanan patates proteini, glutensiz hamurun reolojisini önemli ölçüde değiştirdiğini, kırıntı gözenekliliğinde %10'a varan bir azalma ve uygulanan seviyeye bağlı olarak gözenek dağılımında bir değişikliğe neden olduğunu raporlanmıştır. Patates proteinli ekmeğin beyazlığı (L^*), düşük konsantrasyonlarda kontrolden daha yüksek olduğu fakat daha yüksek patates proteini ilaveleri uygulandığında beyazlığın (L^*) azaldığı bildirilmiştir.

Aprodu ve ark. (2016) mısır ve pirinç unlarına dayalı glutensiz formülasyona farklı proteinlerin (yumurta tozu, soya, acı bakla, sodyum kazeinat ve peynir altı suyu) etkilerini değerlendirmişlerdir. Pirinç ve mısır unlarından oluşan hamurun

hidratasyonu %55 ile %105 arasında değiştiğini belirtilmiştir. Glutensiz ekmek tariflerine eklenen proteinlerin doğası ve su seviyesi ürün kalitesi üzerinde belirleyici bir role sahip olduğunu ve reolojik davranış açısından en iyi sonuçlar, % 95-105 su absorpsiyonunda yumurta tozu, soya ve acı bakla proteini ilaveli numuneler için kaydedildiğini raporlanmıştır. Çalışma sonucunda pirinç ve mısır unları ile yapılan glutensiz formülasyonlara protein ilavesinin, ekmek içi dokusunun iyileştirilmesine faydalı olduğu bildirilmiştir.

Krupa-Kozak ve ark. (2013) süt proteinlerinin glutensiz hamur ve glutensiz ekmeğin teknolojik ve besinsel özellikleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Uygulanan süt proteinleri (kalsiyum kazeinat, sodyum kazeinat, spreyle kurutulmuş peynir altı suyu proteini izolatu ve hidrolize peynir altı suyu proteinleri) ekmeklerinin teknolojik özelliklerini etkilediğini, protein türünden ziyade süt ilavesine bağlı olarak spesifik hacim, kabuk koyulaşması ve iç kısım hafifliğinde önemli artışa neden olduğunu belirtilmiştir. %12 seviyesine dahil edilen süt proteinleri, önemli ölçüde ekmek sertliğini azalttığını; fakat en yüksek protein miktarı ilavesi ters etkiye yol açtığını raporlamışlardır. Elde edilen glutensiz ekmekler protein açısından zengin ve protein kaynağı veya yüksek protein olarak kabul edilebildiğini raporlanmıştır. Çalışma sonucunda test edilen süt proteinlerinin glutensiz ekmeğe başarıyla eklenebileceği ve teknolojik ve besinsel özellikler üzerinde faydalı etkileri olduğu bildirilmiştir.

2.4. Pirinç Unu

Pirinç, buğday ve mısırdan sonra buğdaygiller ailesinden en çok yetiştirilen ve beslenmede çok önemli bir rolü olan bitki türüdür. Pirinç unu kabuksuz, renksiz ve yavan tadı olan antialerjik bir üründür (Rosell ve ark., 2007; Rosell ve Marco, 2008). Pirinç unu, kahverengi veya beyaz pirincin bütün veya kırık tanelerinden üretilir. Spesifik son kullanıma bağlı olarak, un değerimenciliğinde hem mumlu hem de mumsuz tip pirinç kullanılır (Rosell ve Marco, 2008). Ticari olarak valsli değerimen tarafından üretilen pirinç ununun ortalama boyutu 80~120 elek (125~177 μm) aralığındadır (Kim, 2013).

Pirinç ununun özellikleri ve kalitesi pirinç çeşidi, ön işleme yöntemi, öğütme yöntemi, ekipman ve parçacık boyutu dağılımına bağlıdır (Kim, 2013). Parçacık boyutu dağılımı ve hasarlı nişasta derecesi, pirinç ununun fizikokimyasal özelliklerini ve

dolayısıyla unun özel uygulama için uygunluğunu etkileyen iki temel faktör olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Kim, 2013).

Pirinç ununun ekmek yapımında kullanılması, pirinç tüketimini artırmaya yönelik bir yaklaşımdır (Araki ve ark., 2009). Buğday proteini ile karşılaştırıldığında, pirinç yüksek lizin içeriğine ve daha dengeli aminoasit profiline sahiptir (Torbica ve ark., 2010). Pirinç unu, gluten ihtiva etmemesi ve kolay sindirilebilir karbonhidratlar içeriği açısından zengin olması nedeniyle çölyak hastalığı olan kişilerin diyetinde önemli bir hammadde olmaktadır (Gallagher ve ark., 2004b). Bu unun uygunluğu, düşük prolamin içeriğine atfedilir, çünkü prolaminlerin parçalanmasından salınan peptitler, çölyak hastalığından muzdarip bireyler için toksin görevi görür (Gujral ve Rosell, 2004).

Bununla birlikte, pirinç ununun sayısız avantajına rağmen, yapısında gluten proteinlerinin olmaması nedeniyle fermentasyon sırasında üretilen karbondioksiti tutmak için gerekli bir yapının meydana oluşturamamakta ve ekmek gibi kabul edilebilir bir mayalı ürün elde edilememektedir (Gujral ve ark., 2003).

2.5. Kazein

Süt, ilişkili protein ve kalsiyum fosfat komplekslerinden oluşan kolloidal partiküller içerir. Bu heterojen birliktelik kolloidleri kazein miselleri olarak adlandırılır. Yaklaşık 70 yıl önce, "kazein" terimi, pH 4.6'da süttten çöktülenen protein için evrensel olarak İngilizce kelime olarak kabul edilmiştir (Fox, 2003).

Kazein misellerinin kuru ağırlığının yaklaşık olarak %93'ünü α_{s1} -, α_{s2} -, β - ve κ -kazein proteinleri oluşturmaktadır (Swaisgood, 2003). Misel kuru maddesinin geri kalanı, topluca kolloidal kalsiyum fosfat (KKF) veya misel kalsiyum fosfat (MKF) olarak adlandırılan inorganik maddelerden oluşur (Schmidt, 2003).

Kazeinler yaklaşık olarak pH 3'ün altında ve pH 5.5'in üzerinde çözünür ancak 5°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve izoelektrik bölgelerinde çözünmezler. Hem asidik hem de nötr pH değerlerinde, kazeinlerin viskozitesi büyük ölçüde protein konsantrasyonuna, sıcaklığa, pH'a ve kalsiyum konsantrasyonuna bağlı olan oldukça viskoz çözeltiler oluşturur (Fox ve Mulvihill, 1990).

Kazeinler ne küresel, ne fibriler proteinler, ne erimiş globüller ne de rastgele sarmallardır (Holt ve Sawyer, 1993). Literatürde kazein misellerinin içyapısı için çeşitli modeller önerilmiştir (Fox, 2003). Önerilen modeller 3 genel kategoriye ayrılır:

1. Çekirdek kaplama
2. İçyapı
3. Alt miseller modeli; En eski ve en sık atıfta bulunulan model, kazeinlerin koloidal kalsiyumfosfat tarafından birbirlerine yapıştırılan miseller oluşturduğu fikrine dayanan misel altı modeldir (Fox, 2003).

Kazeinler arasındaki etkileşim, hidrofobik ve elektrostatik etkileşimler arasındaki hassas bir denge tarafından yönetilir (Holt ve Sawyer, 1993). Tüm kazeinler birleşme eğilimi gösterir. Kazeinler amfifilik proteinlerdir. Spesifik birincil yapıları nedeniyle, hem polar olmayan hem de polar matrislerle etkileşime girmelerine izin veren alternatif hidrofobik ve hidrofilik (yükü) bölgeler içerirler. Amfifilik karakterleri, esnek yapıları, iki değerlikli metal iyonları ve kalsiyum fosfat mevcudiyetinde yapılarına uyum sağlama yetenekleri ile birleştiğinde, kazeinlere ısı stabilitesi, yapı oluşumu, kalınlaşma, köpürme, emülsifiye etme potansiyeli ve su bağlama açısından fonksiyonel özelliklerini verir (Rollema ve Muir, 2009).

Kazein ve kazeinatlar, kahvaltılık gevreklerle, sütlü bisküvilere, proteinle zenginleştirilmiş ekmek ve bisküvilere, yüksek proteinli ekmek ve kurabiyelere besin takviyesi olarak, dondurulmuş pişmiş kek ve kurabiyelere ise emülgatör ve dokuyu iyileştirmek için kullanılmaktadır (Rollema ve Muir, 2009).

2.5.1. Rennet kazein

Rennet kazein, kazein misellerinin proteolitik destabilizasyonu ile elde edilir. Rennet kazein suda çözünmez; sadece aşırı pH değerlerinde veya fosfatlar, polifosfatlar ve sitratlar gibi kalsiyum tutucu tuzlar kullanılarak çözülebilir. Rennet kazein üretiminde süt nötre yakın pH değerlerinde çöktildiğinden, yüksek bir mineral içeriğe (kalsiyum fosfat içeriği) sahiptir (Rollema ve Muir, 2009).

Rennet kazein hem gıda hem de gıda dışı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Karagül-Yüceer ve ark., 2003). Rennet kazeinin çoğu, işlenmiş peynir ve peynir analoglarının üretiminde kullanılır, çünkü bu ürünlerin yapısına ve işlevsel desteğine önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Bu işlemlerde, rennet kazein

eritme tuzlarının (kalsiyum ayırma bileşikleri) kullanımıyla kısmen çözünür hale getirilir ve özellikleri özel uygulamaya göre ayarlanır (Rollema ve Muir, 2009).

2.6. Emülsifiye Edici Tuzlar

Genel olarak emülsifiye edici tuzlar (EET), tek değerlikli katyon (sodyum-Na) ve çok değerlikli bir anyondan oluşur. Emülsifiye edici tuzlar (EET), amfifilik değildir ve dolayısıyla kendi başlarına emülgatör değildir (Tamime, 2011).

Emülsifiye edici tuzlar (EET) proses peynirlerin üretiminde önemli role sahiptirler (Lucey ve ark., 2011). Proses peynir üretiminde EET'nin temel rolü, peynir proteinlerinin emülsiyeye etme kabiliyetini desteklemektir. Herhangi bir peynir sisteminde EET'nin etki mekanizması aşağıdakileri içerir:

1. Protein sisteminden kalsiyumun çıkarılması;
2. Proteinlerin peptitleştirilmesi, çözündürülmesi ve dağıtılması;
3. Proteinleri nemlendirmek ve şişirmek;
4. Yağı emülsiyon haline getirilmesi ve emülsiyonun stabilize edilmesi;
5. pH'ın kontrol edilmesi ve stabilize edilmesi;
6. Soğutulduktan sonra ürünün uygun bir yapısının oluşturulması (Tamime, 2011).

Proses peynir üzerindeki EET'nin diğer olası etkileri arasında lezzet ve renk yer alır. Bazı emülsifiye edici tuzlar bakteriyolojik etkiler gösterir. Monofosfatlar, daha yüksek fosfatlar ve polifosfatlar ile daha da belirgin olan spesifik bir bakteriyostatik etkiye sahiptir. Sitratların bu tür etkileri yoktur ve hatta bakteriyel bozulmaya maruz kalabilirler (Carić ve Kaláb, 1999).

Emülsifiye edici tuzlar (EET) normalde 100 gram başına 3 g oranında eklenir. Çok yüksek bir toplam EET konsantrasyonunun (100 gramda 3 grama yakın) kullanılması, ham madde peynirindeki tüm orijinal proteine bağlı kalsiyumun çözünmesiyle sonuçlanır. Emülsifiye edici tuzlar (EET) benzer bir molar bazda kalsiyum kompleksleştirme yeteneği, ortofosfat < sitrat < pirofosfat < heksametafosfat sırasında artar (Lucey ve ark., 2011).

Tablo 2.2. Peynir işleminde emülsifiye edici tuzların genel özellikleri (van Wazer, 1971; Carić ve Kaláb, 1993; akt. Fox ve ark.,2017).

	Sitratlar	Ortofosfatlar	Pirofosfatlar	Polifosfatlar	Alüminyum Fosfatlar
İyon değişimi (kalsiyum sekestrasyonu) 5.3-6.0 pH aralığında tamponlama işlemi	Düşük	Düşük	Orta	Yüksek-Çok Yüksek	Düşük
Para-Kazeinat dispersiyonu (Peptizasyon)	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük- Çok Düşük	-
Emülsifikasyon	Düşük	Düşük	Çok Yüksek	Çok Yüksek (n=3-10)	Çok Düşük
Bakteriyostatik etkileri	Yoktur	Düşük	Yüksek	Yüksek- çok yüksek	

2.7. Emülsifiye Edici Tuz Türleri

2.7.1. Sitratlar

Sitratlar, sitrik asit tuzlarıdır. Uluslararası Saf ve Uygulamalı Kimya Birliği'nin (IUPAC) isimlendirmesinde sitrik asit, 2-hidroksipropan-1,2,3-trikarboksilik asittir. Ayrışma adımlarına bağlı olarak sitrik asit sitratlar, hidrojen sitratlar ve dihidrojen sitratlar oluşturur. Sitrat bazlı tuzlar, asidik hidrojen atomlarının tribazik sitrik asitten katyonlarla değiştirilmesiyle elde edilir (Lucey ve ark., 2011).

Sitrat tuzları suda çözünürdür ve pH değerleri 1 g/100 mL solüsyon için yaklaşık 3,8 ila 8,2 arasındadır ve H^+ 'nın Na^+ ile daha fazla yer değiştirmesi ile pH değerlerinde artış olur. Sitrik asidin H^+ iyonlarının Na^+ iyonları ile nötralizasyonu, üç tip tuzla sonuçlanır: mono-, di- ve trisodyum sitrat. Monosodyum ve disodyum sitratlar asidik bir ürün ve yağlanma da dahil olmak üzere zayıf doku ile sonuçlanır, bu yüzden tek başına kullanılmazlar ancak proses peynirin pH'ını düzeltmek için karışımlarda kullanılabilirler (Lucey ve ark., 2011).

Sodyum sitrat, proses peynir yapmak için kullanılan ilk emülsifiye edici tuzdur (Lucey ve ark., 2011). Potasyum veya amonyum sitratlar gibi diğer sitrat formları, düşük sodyumlu proses peynir üretiminde kullanım için değerlendirilmiştir (Karahadian ve Lindsay, 1984).

2.7.2. Fosfat bazlı emülsifiye edici tuzlar

Fosfatlar, fosforik asit tuzlarıdır. Monomerik (tekli fosfat) ve polimerik (çoklu) fosfatlar arasında bir ayırım yapılır (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.1. Ortofosfatlar

Monofosfatlar, ortofosfatlar adı altında daha iyi bilinmektedir (Lucey ve ark., 2011).

Ortofosfatlar, tüm yoğunlaştırılmış fosfatların üretimi için başlangıç malzemesidir (McCullough ve ark., 1956). Ortofosfatlar ve yoğunlaştırılmış fosfatlar, fosfor atomu başına bir güçlü asit veya iyonize grup (hidrojen atomu) içerir. Ayrıca ortofosfatlar bir zayıf asit fonksiyonu içerir. Ortofosfatlardan polifosfatlara kadar tüm fosfatlar yüksek yüklü anyonlar gibi davranırlar (Lucey ve ark., 2011).

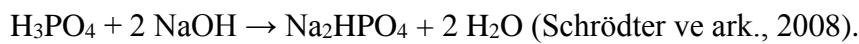
Ortofosfatların Ca^{2+} bağlama kabiliyeti pH 6'nın altında sınırlıdır ve pH 6 civarında kalsiyum fosfatlar oluşur. Ortofosfatlar ve pirofosfatlar, 2–3, 4.5–9.0 ve 10–12 pH aralıklarında yüksek tamponlama kapasitelerine sahiptir. Ortofosfatlar mükemmel tamponlardır ve çoğunlukla işlenmiş peynirin pH'ını stabilize etmek için kullanılır. Ortofosfatların güçlü tamponlama kapasitesi, polifosfatların zincir uzunluğunun artmasıyla azalır (Lucey ve ark., 2011).

Monosodyum ve trisodyum fosfatlar, proses peynir üretiminde esas olarak pH değerini düzeltmek için kullanılır. Bu tuzlar, (a) monosodyum dihidrojen fosfat (MSF), (b) disodyum hidrojen fosfat (DSF) ve (b) trisodyum fosfattır (TSF) (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.2. DSF

Disodyum fosfat (DSF), Na_2HPO_4 formülüne sahip inorganik bileşiktir. Tuzların 2, 7, 8, 12 hidratlı formlarının yanı sıra susuz formları da bilinmektedir. Bunların hepsi suda çözünür ve beyaz tozlardır. Susuz tuz ise higroskopiktir.

DSF, fosforik asidin sodyum hidroksit ile nötralize ederek üretilebilir:



DSF, proses peynir endüstrisinde tek başına veya diğer tuzların kombinasyonu ile kullanılan başlıca EET türlerinden biridir. DSF ile yapılan proses peynirin avantajları arasında pişirmede kolayca eriyebilen, iyi bir tat ve uzama özelliği yer almaktadır. DSF'nin ayrıca bazı bakteriyostatik etkileri vardır. DSF'nin dezavantajı, bu tip emülsifiye edici tuzun düşük çözünürlüğü nedeniyle kristal oluşumu için güçlü potansiyeldir (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.3. Polimerik (çoklu) fosfatlar

Polimerik fosfatlar, asit ortofosfatlardan ısıtılma işlemi ve kondensat suyundan ayrılma yoluyla elde edilir, bu nedenle bunlara yoğunlaştırılmış fosfatlar denir. Polimerik fosfatlar üç gruba ayrılabilir: doğrusal zincir oluşturan polifosfatlar, halka oluşturan metafosfatlar ve çapraz bağlı ultra-fosfatlar (Lucey ve ark., 2011).

Doğrusal zincir oluşturan bileşenler, kısa zincirli ve uzun zincirli polifosfatlar olmak üzere iki grupta ayırt edilebilir. Proses peynir üretiminde çapraz bağlı veya halka oluşturan fosfatlar kullanılmaz. Polifosfatlar, bu EET'nin üretimi sırasında oluşan farklı zincir uzunluklarındaki fosfatların bir karışımından oluşur. Çoğu durumda, uzun zincirli polifosfatlar için camsı ve kristal olmayan bileşikler elde edilir (Lucey ve ark., 2011).

Polifosfatlar için genel formül $M_{n+2}P_nO_{3n+1}$ 'dir, burada M, bir metal iyonu, hidrojen ve benzerlerinin bir eşdeğerini temsil eder. $n = 1$ için bu genel formül ortofosfatı temsil eder; $n = 2$ için pirofosfat; ve $n = 3$ için tripolifosfat (Lucey ve ark., 2011).

Proses peynir üretimi için en önemli EET, kısa zincirli polifosfatlar (difosfatlar ve trifosfatlar) ve genellikle (hatalı olarak) heksametafosfatlar olarak adlandırılan uzun zincirli polifosfatlardır (Graham tuzları). Gerçek heksametafosfatlar halka oluşturur ve proses peynir yapımında kullanılmazlar (Lucey ve ark., 2011).

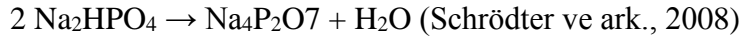
2.7.2.4. Yoğunlaştırılmış fosfatlar (kısa zincirli)

Proses peynir üretiminde kullanılan yoğunlaştırılmış kısa zincirli ($n = 2$ veya 3) fosfatlar suda çözünür. Teknolojik önemi olan üç kısa zincirli yoğunlaştırılmış fosfat vardır: sodyum asit pirofosfat (SAPF), tetrasodyum pirofosfat (TSPF) ve sodyum tripolifosfat (STPF). Tripolifosfatlar arasında ($n = 3$), STPF küçük miktarlarda kullanılır, çünkü yüksek seviyeleri gıda ürünlerinde burukluğa neden olabilir (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.5. TSPF

Tetrasodyum pirofosfat, formülü $Na_4P_2O_7$ olan inorganik bir bileşiktir. Tuz olarak beyaz, suda çözünür bir katıdır. Pirofosfat anyonu ve sodyum iyonlarından oluşur (Perry, 2011).

Tetrasodyum pirofosfat; daha sonra tetrasodyum pirofosfat oluşturmak üzere 450 °C'ye ısıtılan disodyum fosfat oluşturmak için fosforik asidin sodyum karbonat ile reaksiyona girmesiyle üretilir:



TSPF, proses peynir üretiminde kullanılan yaygın emülsifiye edici tuzların herhangi biri arasında 20°C'de en düşük suda çözünürlüğe sahiptir. TSPF nötr bir tuzdur ve Ca²⁺ dahil alkalın toprak metallerini kolayca kompleksler veya çökeltir (Lucey ve ark., 2011).

TSPF'nin süt sistemlerinde kazeinleri dağıtmada çok etkili olduğu ve belirli koşullar altında pH > 6'da bile jelleşmeye neden olabileceği iyi bilinmektedir (Mizuno ve Lucey, 2007). TSPF, işlendikten sonra yeniden kristalleşebilir. TSPF'nin krema oluşumunu desteklediği bilinmektedir ve aşırı krema oluşumunu önlemek için proses peynirde kullanımına özen gösterilmelidir (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.6. SAPF

Sodyum asit pirofosfat (SAPF), pirofosfat anyonu ve sodyum katyonlarından oluşan inorganik bir bileşiktir. Birçok gıda işleme uygulamasında tamponlama ve şelatlama maddesi olarak görev gören beyaz, suda çözünür bir katıdır. Sudan kristalleştirildiğinde bir heksahidrat oluşturur, fakat oda sıcaklığının üzerinde kurur (Brodie ve Godber, 2001).

Sodyum dihidrojen fosfatın ısıtılmasıyla sodium asit pirofosfat üretilir:



2.7.2.7. Camsı fosfatlar (doğrusal, uzun zincirli)

Uzun zincirli polifosfatlar, iyon değiştiriciler gibi davranır; ayrıca protein çözünürlüğüne neden olmada çok etkilidirler ve işlenmiş peynirdeki çözünür protein içeriği artan polifosfat ilavesiyle artar (Lucey ve ark., 2011).

Teknolojik olarak camsı fosfatlar, 4 ila 25'lik bir ortalama yoğunlaşma derecesi gösterir. Yoğunlaşma derecesi, ortalama olarak molekül başına mevcut olan fosfor atomlarının (F) sayısını tanımlar. Graham tuzu (sodyum heksametafosfat; SHMF) ortalama 10 ila 25 yoğunlaşma derecesine sahiptir (Lucey ve ark., 2011).

Sodyum heksametafosfat (SHMF), Na₆[(PO₃)₆] bileşiminin bir tuzudur (Greenwood ve Earnshaw, 1997). Ticaretin sodyum heksametafosfatı tipik olarak heksamerin bir

olduğu metafosfatların (ampirik formül: NaPO_3) bir karışımıdır ve genellikle bu adla anılan bileşiktir (Andreola ve ark., 2004). SHMF çok güçlü kalsiyum bağlama özelliklerine sahiptir, bu da kalsiyum kolloidal fosfat kaybı nedeniyle kazeinlerin dispersiyonuna neden olur (Lucey ve ark., 2011).

SHMF bir polielektrolittir ve kazeinlerle birleşerek kazein dispersiyonunu büyük ölçüde artırır ve böylece yük itmesini artırır. Ayrıca; SHMF peynir matrisinden kalsiyumu bağlama konusunda güçlü bir yeteneğe sahiptir, bu da kazein dispersiyonunu artırmaktadır (Lu ve ark., 2008). Ayrıca, SHMF protein hidrasyonunu artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.8. Fosfat bazlı diğer emülsifiye edici tuzlar

Fosforik asitlerin potasyum tuzları, karşılık gelen sodyum tuzlarından daha fazla çözünür olmasına rağmen, proses peynir yapımında yaygın olarak kullanılmazlar çünkü yüksek seviyelerde ürüne acı bir tat verirler.

Sodyum alüminyum fosfatlar (SALF) ($\text{Na}_{15}\text{Al}_{28}(\text{PO}_4)_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$) bazen proses peynir üretiminde kullanılır, ancak daha yaygın olarak taklit/analog peynirlerin imalatında kullanılır.

SALF, proses peynirde maksimum 3 g/100 g seviyesinde kullanılabilir ve kristal gelişimi göstermez. Amonyum fosfatlar, gliserol-fosfatlar ve sodyum magnezyum fosfat gibi diğer fosfat formları da proses peynir yapımında denenmiştir (Lucey ve ark., 2011).

2.7.2.9. Diğer emülsifiye edici tuz türleri

Tartratların, tartarik asit tuzlarının (IUPAC adı: 2,3-dihidroksibütandioik asit), laktatların ve laktik asit tuzlarının (IUPAC adı: 2-hidroksipropanoik asit) emülsifiye edici tuzlar olarak denendiği çalışmalar vardır. Depolama sırasında üründe kristallerin oluşması nedeniyle tartratlardan kabul edilebilir proses peynir kalitesi elde etmek mümkün olmadığından, bu tip emülsifiye edici tuzlar artık kullanılmamaktadır (Lucey ve ark., 2011).

Sodyum potasyum tartrat (Rochelle tuzu) da proses peynir üretiminde emülsifiye edici tuz olarak denenmiştir, ancak doku kusurları ve kumluluk geliştirme eğilimi nedeniyle terk edilmiştir. Trihidroksiglutarik asitlerin sodyum tuzları tek başına veya diğer EET ile kombinasyon halinde kullanılmış ve iyi kıvamda proses peynir ürettikleri

bildirilmiştir. Diglikolik asit ve tuzları da olası EET olarak önerilmiştir (Lucey ve ark., 2011).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan pirinç ve buğday unu yerel bir marketten alınarak Sakarya Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ar-Ge Laboratuvarına getirilmiştir.

Çalışmada kullanılan 4 farklı gıda tipi emülsifiye edici tuzlar (Tetrasodyum Pirofosfat (TSPF), Disodyum Fosfat (DSF), Sodyum Asit Pirofosfat (SAPF) ve Sodyum Heksametafosfat (SHMF)) ve rennet kazein Maysa Gıda San. ve Tic. A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan maya, tuz, yağ (shortening) ve şeker Sakarya'daki marketlerden temin edilmiştir. Ekmek üretimi için içme suyu kullanılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Ekmek üretimi

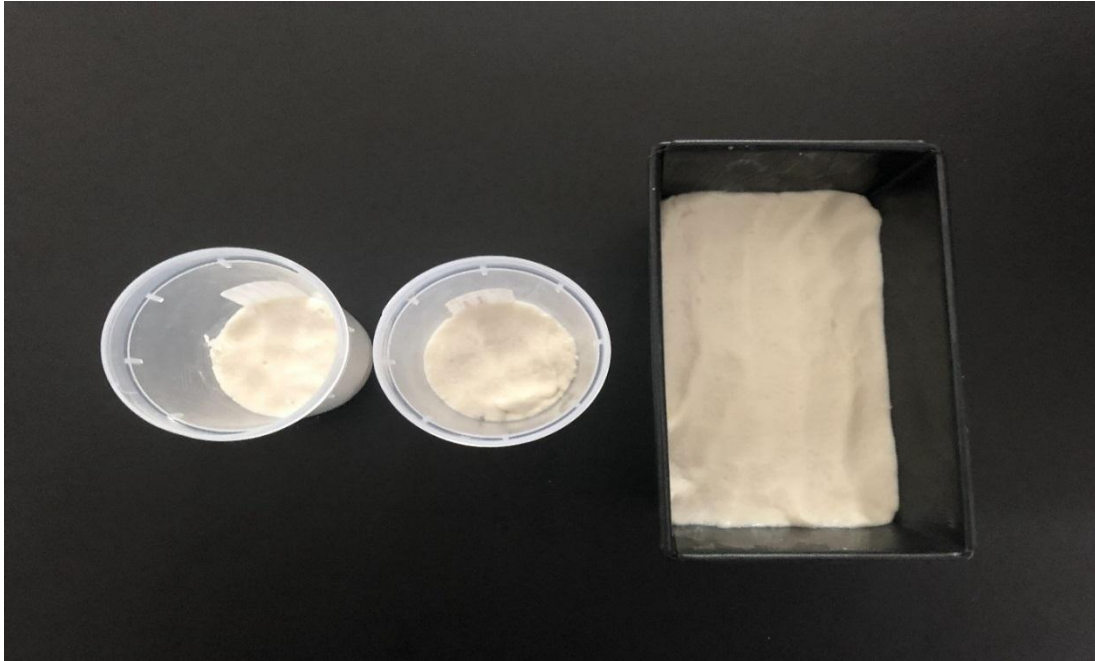
Glutensiz ekmek üretimi için ilk olarak glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılacak emülsifiye edici tuz ve rennet kazein oranlarının alt ve üst limitlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu düzeylerin belirlenmesi için değişken oranlarda TSPF ve rennet kazein içeren Tablo 3.0'da görüldüğü gibi 20 ön deneme üretimi gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde alınan sonuçlardan yola çıkarak farklı özellikleri taşıyan emülsifiye edici tuzların ve rennet kazein miktarının alt ve üst limitlerine karar verilmiştir. Araştırma konusu olan glutensiz ekmek; pirinç unu, rennet kazein ve emülsifiye edici tuzlardan herhangi birinin karışımından oluşmaktadır. Bu çalışmada her bir emülsifiye edici tuzun (Tetrasodyum Pirofosfat (TSPF), Disodyum Fosfat (DSF), Sodyum Asit Pirofosfat (SAPF) ve Sodyum Heksametafosfat (SHMF)), ve rennet kazeinin farklı oranlarda kullanılmasıyla 10'ar defa ekmek üretimi yapılmıştır.

Kontrol olarak ise sadece buğday unundan yapılan ekmekler (K) kullanılmıştır. Karşılaştırma amacıyla sadece pirinç unundan yapılan ekmekler (P), pirinç unu ve rennet kazein karışımı içeren ekmekler (P-KZ), pirinç unu ve %1 DSF içeren örnekler (P-DSF), pirinç unu ve %1 TSPF içeren örnekler (P-TSPF), pirinç unu ve %1 SAPF içeren örnekler (P-SAPF) ve pirinç unu ve %1 SHMF içeren örnekler (P- SHMF)

üretimiştir. Buğday unu ekmek üretiminde AACC (Amerikan Hububat Kimyacıları Birliği) tarafından önerilen standart metot (Metod 10-20) kullanılmıştır.

Ekmek bileşenleri Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de belirtilen oranlarda tartılmış ve ev tipi hamur yoğurucusunda (Kitchen Aid, ABD), ikinci kademedeki 5 dakika süreyle yoğurulmuştur. Yoğurulan hamurdan 230'ar g tartılıp, yağlanmış pişirme kabına alınmış ve şekil verilmiştir. Aynı zamanda, hamurda tekstür analizleri gerçekleştirmek için plastik kaplara 30'ar gram hamur konulmuştur. Hamurlar, % 70 bağıl nem ve 40°C'ye ayarlanmış fermantasyon kabine konulmuş ve 1 saat fermantasyon işlemine tabi tutulmuştur. Fermantasyon işlemi bittikten sonra, pişirme kabına konulan hamurlar 200°C'ye getirilmiş olan fırında 33 dakika pişirmeye bırakılmıştır. Tekstür analizi için 30 ar gram kaba konulan hamurlar ise fermantasyon işlemi sonrası analize tabii tutulmuştur. Pişirme sonrası ekmeklerin soğuması için 2 saat oda sıcaklığında ızgara üzerine bez ile sarılıp bırakılmıştır. 2 saat sürenin sonunda ekmeklerin 0. gün analizleri yapılmıştır. Ardından ekmekler polietilen poşetlere alınarak oda sıcaklığında 1 gün bekletilip 1.gün analizlerine tabii tutulmuşlardır.

Tablo 3.1 ve Tablo 3.2'de belirtilen bileşenlerin oranları orijinaldir, diğer bölümlerde kolaylık olması açısından oranlar benzer oranlarda yazılmıştır.



Şekil 3.1. Glutensiz ekmeklerin fermantasyon öncesi görünümü.



Şekil 3.2. Glutensiz ekmeklerin fermantasyon kabinindeki görüntüleri.

Tablo 3.1. Ön denemelerde kullanılan formülasyonlar.

Örnekler	Emülsifiye Edici Tuz (g) TSPF	Rennet Kazein (g)	Pirinç Unu (g)	Maya (g)	Şeker (g)	Tuz (g)	İçme Suyu (ml)	Sirke (ml)	Kabartma Tozu (g)
Ön Deneme 1			100	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 2		25	75	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 3	2.5	25	75	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 4	1	10	90	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 5	2.5	10	90	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 6	2.5		100	1.43	5.35	1.5	90		
Ön Deneme 7	2.5	5	95	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 8	1	25	90	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 9	1	25	75	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 10	2.5	15	85	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 11	2.5	10	90	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 12	1	25	75	2.86	5.36	1.5	55	35	
Ön Deneme 13		25	75	2.86	5.36	1.5	90	10	5
Ön Deneme 14	1	25	75	2.86	5.36	1.5	80	10	
Ön Deneme 15	1	10	90	2.86	5.36	1.5	80	10	
Ön Deneme 16	1	5	95	2.86	5.36	1.5	80	10	
Ön Deneme 17	0.1	25	75	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 18	0.25	25	75	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 19	0.1	20	80	2.86	5.36	1.5	90		
Ön Deneme 20	0.25	20	80	2.86	5.36	1.5	90		

Tablo 3.2. Glutensiz ekmek formülasyonu.

Örnek no.	Pirinç unu (gram)	Emülsifiye Edici Tuz (gram) (TSPF, DSF, SAPF, SHMF)	Rennet Kazein (gram)	Instant Maya (gram)	Şeker (gram)	Tuz (gram)	İçme Suyu (mL)
1	85	1	15	2.86	5.35	1.5	90
2	90	1.7	10	2.86	5.35	1.5	90
3	85	0.01	15	2.86	5.35	1.5	90
4	85	1	15	2.86	5.35	1.5	90
5	90	0.3	10	2.86	5.35	1.5	90
6	85	1.98	15	2.86	5.35	1.5	90
7	80	1.7	20	2.86	5.35	1.5	90
8	92.07	1	7.92	2.86	5.35	1.5	90
9	80	0.3	20	2.86	5.35	1.5	90
10	77.92	1	22.07	2.86	5.35	1.5	90

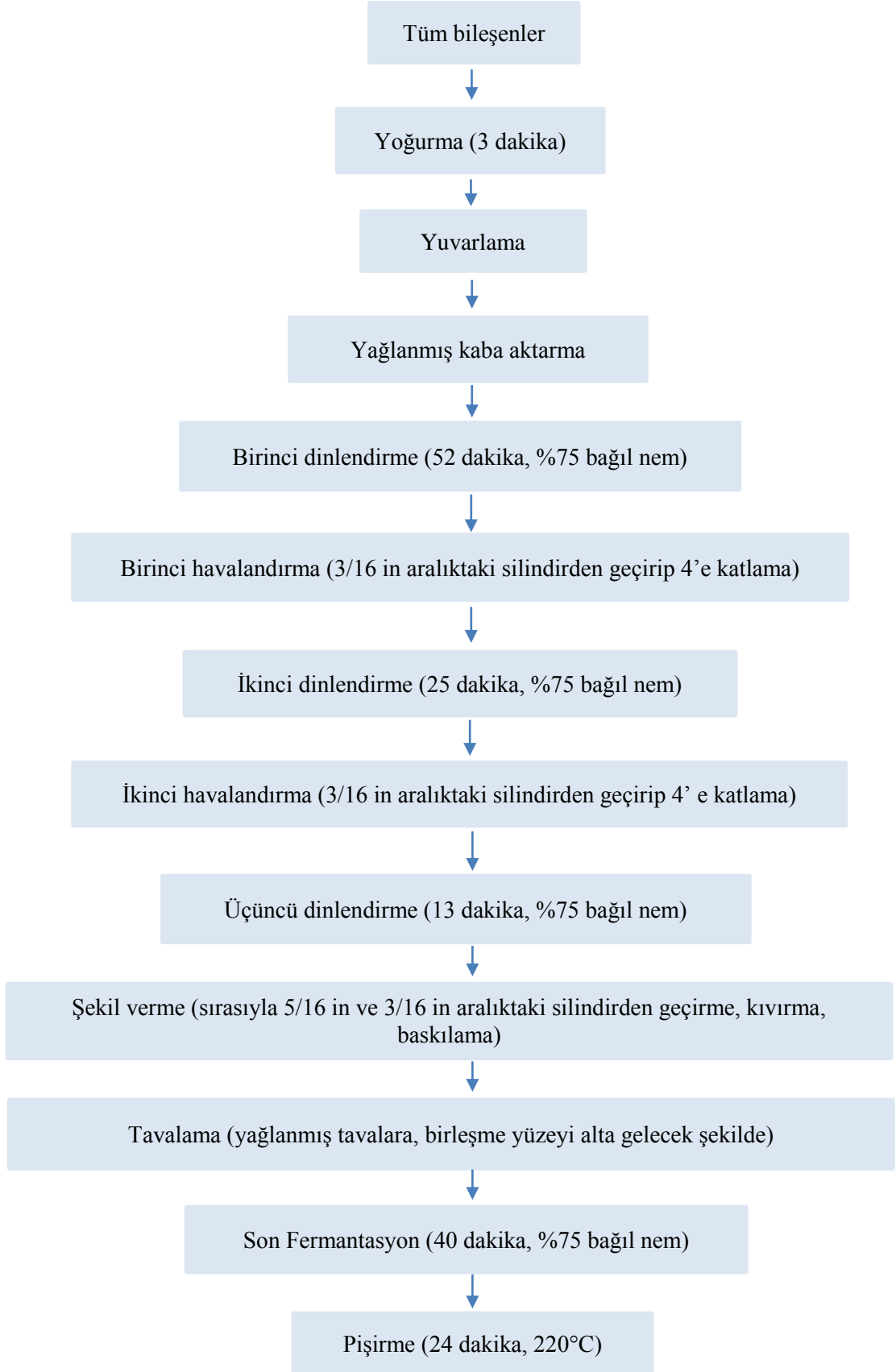
Tablo 3.3. Sadece pirinç unu¹, pirinç unu ve rennet kazein içeren², pirinç unu ve TSPF içeren³, pirinç unu ve DSF içeren⁴, pirinç unu SAPF içeren⁵ ve pirinç unu SHMF içeren⁶ ekmeklerinin formülasyonu.

Örnek No.	Pirinç unu (gram)	Emülsifiye Edici Tuz (gram) (TSPF, DSF, SAPF, SHMF)	Rennet Kazein (gram)	Instant Maya (gram)	Şeker (gram)	Tuz (gram)	İçme Suyu (mL)
P ¹	100	-	-	2.86	5.35	1.5	90
P-KZ ²	85	-	15	2.86	5.35	1.5	90
P-TSPF ³	100	1	-	2.86	5.35	1.5	90
P-DSF ⁴	100	1	-	2.86	5.35	1.5	90
P-SAPF ⁵	100	1	-	2.86	5.35	1.5	90
P-SHMF ⁶	100	1	-	2.86	5.35	1.5	90

Buğday unundan (K) üretilen ekmek bileşenleri Tablo 3.3'te gösterilmiş olup üretim akış şeması ise Şekil 3.3'te gösterildiği gibidir.

Tablo 3.3. Buğday unundan yapılan ekmeğin formülasyonu.

Bileşenler	Miktar
Un	100 g
Şeker	6 g
Maya	5.3 g
Yağ	3 g
Tuz	1.5 g
Su	60 ml
Peyniraltı Suyu Tozu	1 g
Askorbik Asit	50 ppm



Şekil 3.3. Metot No.10-20'a göre buğday unu kullanarak ekmeğin üretimi akış şeması.

3.3. Hamurda Yapılan Analizler

3.3.1. pH

Hamurun pH değeri, pH metre (Hanna pH211; Hanna Instruments, Woonsocket, RI, ABD) cihazı kullanarak ölçülmüştür. Kalibre edilmiş pH metre probu hazırlanan hamura doğrudan daldırılmıştır ve değer sabitlendikten sonra okuma gerçekleştirilmiştir.

3.3.2. Hamur tekstürü

Hamurda tekstür analizleri tek açılı baskı (uniaxial compression) ile tekstür cihazı (Brookfield CT3, USA) kullanarak gerçekleştirilmiş ve hamurların sertlik ve yapışkanlık değerleri ölçülmüştür. 30 gram hamur örneği 40 mm çapında plastik kaplara aktarılmıştır. Hamurun tekstür özellikleri 5 mm penetrasyon derinliği ve 1 mm/s hızında 25.4 mm'lik silindirik prob ile ölçülmüştür.

3.4. Ekmeklerde Yapılan Analizler

3.4.1. Hacim ve ağırlık ölçümü

Ekmek numuneleri pişirildikten sonra ızgara üzerine alınarak 2 saat boyunca oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Sonrasında ekmeklerde hacim ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ekmek örneklerinin ağırlık kaybı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ağırlık kaybı} = (\text{hamur ağırlığı} - \text{ekmek ağırlığı}) \times 100 / \text{hamur ağırlığı}$$

Ekmeklerin hacim ölçümü kolza tohumuyla yer değiştirme prensibine göre çalışan hacim ölçer (Şimşek Laborteknik, Ankara) cihazıyla yapılmıştır (AACC Metod 10-05.01). Hacim ölçerin bir haznesine kolza tohumları diğer boş olan haznesine ekmekler bütün olarak yerleştirilmiştir. Hacim ölçer sabit bir zemine konulmuştur ve kolza tohumu ile dolu olan hazne yukarıda kalacak şekilde ters çevrilmiştir. Ekmek hacminin artan tohumları hacim ölçer aletin ölçü silindirinden değer sabitlendikten sonra okuma yapılmıştır.

3.4.2. Nem ve toplam kuru madde analizi

Analitik terazide ($\pm 0,001$ g hassasiyette) pens yardımıyla alüminyum tartım kaplarının darası alınmış (m_1) ve homojen hale getirilen ekmek örneklerinden 3'er g alüminyum tartım kaplarına aktarılmıştır. Ekmek örnekleri, sabit tartıma gelinceye kadar 105°C 'de etüvde tutulmuştur (m_2). Sabit tartıma gelen ekmek örnekleri etüvden çıkartılıp 15

dakika desikatörde soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan ekmek örnekleri tekrar tartılıp son tartımlar kaydedilmiştir (m_3). Homojen hale getirilen ekmek örneklerinin nem ve toplam kuru madde değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Avcı ve ark., 2021):

$$R = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (3.1)$$

R = Rutubet (nem) miktarı (%)

m_1 = Kabın darası (g)

m_2 = İlk tartım (g)

m_3 = Son tartım (g)

Toplam Kuru Madde Miktarı ise aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$TKM = 100 - R$$

Burada : TKM = Toplam kuru madde (%)

3.4.3. Protein analizi

Homojen hale getirilen ekmek örneklerinin toplam azot içeriğini saptamak için Kjeldahl yöntemi kullanılmıştır. Saptanan toplam azot miktarı çeviri faktörü 6.25 ile çarpılarak % protein miktarı dolaylı şekilde belirlenmiştir. Denklemi ise, aşağıda ifade edildiği şekildedir (Avcı ve ark., 2021).

$$\% \text{Azot Miktarı (g/100g)} = \frac{[(V_1 - V_2) * N * 0.014]}{\ddot{o}} \times 100 \quad (3.2)$$

%Protein Miktarı= % Azot miktarı x 6.25

V_1 = Esas deneme için titrasyonda harcanan 0.1 N HCl miktarı (mL)

V_2 = Şahit deneme için titrasyonda harcanan 0.1 N HCl miktarı (mL)

= Titrasyonda kullanılan HCl çözeltisinin normalitesi:

\ddot{o} = Örnek miktarı (g)

3.4.4. Yağ analizi

Homojen hale getirilen ekmek örneklerinin yağ analizleri bir yağ çözgeni ile Soxhlet aygıtından sürekli olarak ekstrakte edilmesi prensibine göre çalışan (WisTherm PMI

Laborteknik, Almanya) cihazıyla yapılmıştır. Ekstrakttaki toplanan çözücünün tümü uçurulduktan sonra kalan örnek ölçülmüştür. Denklemi ise, aşağıda ifade edildiği şekildedir (Avcı ve ark., 2021):

$$\% \text{ Toplam Yağ Miktarı (g/100g)} = \frac{[(E-(F+K))]}{\ddot{o}} \times 100 \quad (3.3)$$

Ö= Örnek miktarı (g)

F= Kaba filtre kağıdının darası (g)

K= Kartuşun darası (g)

E= Ekstraksiyon işleminden sonra kaba filtre kağıdı, kartuş ve yağı uzaklaştırılmış örneğin toplam ağırlığı (g)

3.4.5. Tuz analizi

Homojen hale getirilen ekmek örneklerinin % tuz miktarını belirlemek için Mohr yöntemi kullanılmıştır.

Yöntemin prensibi ise örnekteki klorür, gümüşle çöktürülür. İndikatör olarak eklenen kromat, ortamdaki fazla bulunan gümüş ile tepkimeye girer ve tepkimenin stokiyometrisinden yola çıkarak miktar tayini yapılmıştır. Denklemi ise, aşağıda ifade edildiği şekildedir (Avcı ve ark., 2021):

$$\% \text{ Tuz (Klorür)} = \frac{N_{\text{AgNO}_3} * f * V_{\text{AgNO}_3} * (0.0585 \frac{\text{g}}{\text{meş-g}})}{m} * \text{SF} * 100 \quad (3.4)$$

N_{AgNO_3} = Gümüş nitrat çözeltisinin normalitesi

f = Gümüş nitrat çözeltisinin faktörü

V = Deneyde harcanan Gümüş nitrat çözeltisinin hacmi (mL)

0,0585 g/meş-g= Sodyum klorürün mili eşdeğer gramı

m = Örnek miktarı (g)

SF = Seyreltme Faktörü

3.4.6. Renk analizi

Ekmek örneklerinin dış ve iç rengi için renk ölçüm cihazı (PCE-CSM 7; PCE Instruments, İNGİLTERE) kullanılmıştır. 3 farklı noktada L^* , $+a^*$ ve $+b^*$ renk değerleri ölçülmüş ve ortalama değerler hesaplanmıştır.

3.4.7. Tekstür analizi

Ekmek örnekleri üretimi takip eden günde 2 cm^3 boyutlarında kesilerek Tekstür Profil Analizi (TPA) için hazırlanmıştır. Oda sıcaklığındaki örnekler 50 mm prob ile 1 mm/s hızda, %25 gerilim ile çift baskı uygulanmıştır. Sertlik, yapışkanlık, yapışıklık, esneklik ve çiğnenebilirlik parametreleri değerlendirilmiştir.

3.5. İstatistik Analizler ve Deneysel Dizayn

Merkezi kompozit dizayn (Mullen ve Ennis, 1979) ve yüzey yanıt metodolojisi (RSM) (Montgomery, 2001), emülsiyon tuz ve rennet kazeinin etkilerini araştırmak için kullanılmıştır. 2 yıldız noktası ($\alpha = 1.414$) ve merkez noktasının 2 kopyası ile bağımsız değişkenlerin (emülsifiye edici tuz ve rennet kazein) etkilerini incelemek için 2 seviyeli faktöriyel bir deney tasarımı kullanılmıştır.

Sonuçları analiz etmek için çoklu (adım adım) regresyon ve RSM kullanılmıştır (Statgraphics sürüm 5.1 plus, Manugistics, Rockville, MD).

Ortalamaları karşılaştırmak için Tukey-Kramer testi kullanılmış ve ortalamalar arasındaki farklar $p < 0.05$ 'te anlamlı kabul edilmiştir. Pearson korelasyon katsayıları, çeşitli tepkiler (sertlik, adhesiflik, ekmek hacmi, renk vb.) arasında tahmin edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Hamur ve Ekmekte Gerçekleştirilen Analizler

Çalışmada kullanılan Merkezi Kompozit Metoduna ait istatistik sonuçları tablo 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.1. Çeşitli rennet kazein ve tetrasodyum pirofosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.

Özellikler	R ²	p değeri	Faktör	Tahmin Denklemi
Hamur Sertliği	74.09	0.0090	EET 0.0534 EET*KZ 0.0064	= 112.002 - 260.858*EET + 16.9418*EET*KZ
Hamur Yapışkanlığı	K.B.			
Hamur pH	57.02	0.0116	EET*KZ	= 6.35944 + 0.00813512*EET*KZ
Ekmek Ağırlığı				
Ekmek Hacmi	K.B.			
Ekmek Sertliği	74.89	0.0026	EET*KZ	= 488.3 + 26.5257*EET*KZ
Ekmek Yapışkanlığı	K.B.			
Ekmekte Kohezif Yapışkanlık	66.53	0.0040	EET ²	= 0.861068 - 0.00619975*EET ²
Ekmek Esnekliği	K.B.			
Ekmek Elastikiyetliği	73.76	0.0030	EET*KZ	= 458.617 + 20.7089*EEK *KZ
Ekmek Çiğnenebilirliği	73.71	0.0030	EET*KZ	= 22.9829 + 0.978042*EEK *KZ
L*iç	39.88	0.0502	KZ	= 87.4672 - 0.337297*KZ
a*iç	K.B.			
b*iç	41.63	0.0439	KZ	= 6.46853 + 0.0320653*KZ
L*dış	63.94	0.0097	KZ	= 87.0173 - 0.243977*KZ
a*dış	75.65	0.0071	R ² 0.0023 EET*KZ 0.0583	= 2.74985 + 0.00333656*KZ ² - 0.0206557*EEK *KZ
b*dış	65.76	0.0044	R ²	= 5.36902 + 0.00835734*KZ ²
Ekmekte %KM	56.09	0.0127	R ²	= 54.4491 + 0.00450781*KZ ²
Ekmekte %Ağırlık kaybı	K.B.			
Ekmekte %Tuz Miktarı	K.B.			
Ekmekte %protein miktarı	73.75	0.0015	R ²	= 8.23013 + 0.00475078*KZ ²
Ekmekte %Rutubet	55.43	0.0135	R ²	= 45.5982 - 0.00454644*KZ ²

Not: K.B.: korelasyon bulunmamaktadır, EET: emülsifiye edici tuz, KZ: rennet kazein, iç: ekmeğin iç kısmının rengi, dış: ekmeğin dış kısmının rengi

Tablo 4.2. Çeşitli rennet kazein ve disodium fosfat seviyeleri ile üretilen ekmeğin hamuru ve ekmeğin numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.

Özellikler	R ²	p Değeri	Faktör	Tahmini Denklem
Hamur Sertliği	88.61	0.0000	EET*KZ	= 158.11 + 12.196*EET*KZ
Hamur Yapışkanlığı	56.13	0.0117	EET	= 0.110969 - 0.0223127*EET
Hamur pH	67.80	0.034	EET ²	= 6.42096 + 0.0830272*EET ²
Ekmeğin Ağırlığı	64.01	0.054	EET	= 197.476 - 1.57663*EET
Ekmeğin Hacmi	K.B.			
Ekmeğin Sertliği	70.62	0.023	EET	= 1662.32 + 843.573*EET
Ekmeğin Yapışkanlığı	K.B.			
Ekmeğin Kohezif Yapışkanlığı	K.B.			
Ekmeğin Esnekliği	K.B.			
Ekmeğin Elastikiyetliği	78.38	0.0007	EET	= 1218.79 + 746.814*EET
Ekmeğin Çiğnenabilirliği	75.64	0.0011	EET	= 62.0979 + 35.5109*EET
L*iç	74.69	0.0082	KZ 0.0063 EET 0.0465	= 82.7146 - 0.101919*KZ + 0.45637*EET
a*iç	K.B.			
b*iç	K.B.			
L*dış	87.24	0.0001	KZ	= 88.8728 - 0.299326*KZ
a*dış	75.38	0.011	KZ ²	= 2.2952 + 0.00299827*KZ ²
b*dış	73.59	0.0015	KZ ²	= 6.56152 + 0.00667298*KZ ²
Ekmeğin %KM	K.B.			
Ekmeğin %Ağırlık kaybı	55.59	0.0133	EET	= 14.3461 + 0.640578*EET
Ekmeğin %Tuz Miktarı	91.59	0.0013	EET 0.0638 EET ² 0.0326 KZ ² 0.0055	= 1.21728 - 0.153009*EET + 0.00016164*KZ ² + 0.0914388*EET ²
e.1 gramda %protein miktarı	96.92	0.0000	KZ 0.0000 EET*KZ 0.0191	= 5.8739 + 0.312712*KZ - 0.0183678*EK *KZ
Ekmeğin % Rutubet	K.B.			

Not: K.B.: korelasyon bulunmamaktadır, EET: emülsifiye edici tuz, KZ: rennet kazein, iç: ekmeğin iç kısmının rengi, dış: ekmeğin dış kısmının rengi

Tablo 4.3. Çeşitli rennet kazein ve sodium asit pirofosfat seviyeleri ile üretilen ekmek hamuru ve ekmek numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.

Özellikler	R ²	p Değeri	Faktör	Tahmini Denklem
Hamur Sertliği	84.64	0.0002	EET*KZ	= 93.3892 + 7.45365*EET*KZ
Hamur Yapışkanlığı	K.B.			
Hamur Ph	81.54	0.0063	EET 0.0120 EET ² 0.0500	= 6.55588 - 0.579283*EET + 0.128221*EET ²
Ekmek Ağırlığı	K.B.			
Ekmek Hacmi	36.79	0.0630	EET ²	= 341.465 - 5.41669*EET ²
Ekmek Sertliği	94.93	0.0000	KZ 0.0091 EET ² 0.0000	= 1021.03 + 38.4415*KZ + 267.836*EET ²
Ekmek Yapışkanlığı	K.B.			
Ekmek Kohezif Yapışkanlığı	61.48	0.0073	EET*KZ	= 0.841196 - 0.000450252*EET*KZ
Ekmek Esnekliği	49.52	0.0231	EET*KZ	= 5.0315 - 0.00596743*EET*KZ
Ekmek Elastikiyeti	94.78	0.0000	KZ 0.0088 EET ² 0.0000	= 893.04 + 30.6771*KZ + 208.428*EET ²
Ekmek Çiğnenebilirliği	77.52	0.0008	EET ²	= 74.2661 + 9.11641*EET ²
L*iç	K.B.			
a*iç	K.B.			
b*iç	K.B.			
L*dış	78.01	0.0016	EET	= 79.192 + 2.31975*EET
a*dış	87.32	0.0020	EET 0.0043 EET ² 0.0284	= 8.55244 - 4.72376*EET + 0.959869*EET ²
b*dış	67.69	0.0192	EET 0.0166 KZ ² 0.0634	= 11.7148 - 2.14055*EET + 0.00464227*KZ ²
Ekmekte %KM	44.22	0.0359	R ²	= 55.8488 + 0.0051487*KZ ²
Ekmekte %Ağırlık kaybı	K.B.			
Ekmekte %Tuz Miktarı	79.91	0.0036	EET ² 0.0022 EET*KZ 0.0302	= 1.36072 + 0.0961699*EET ² - 0.00680056*EET*KZ
Ekmekte %protein miktarı	97.73	0.0000	KZ	= 3.94257 + 0.343575*KZ
Ekmekte % Rutubet	43.26	0.0387	R ²	= 44.3693 - 0.00523589*KZ ²

Not: K.B.: korelasyon bulunmamaktadır, EET: emülsifiye edici tuz, KZ: rennet kazein, iç: ekmeğin iç kısmının rengi, dış: ekmeğin dış kısmının rengi

Tablo 4.4. Çeşitli rennet kazein ve sodyum heksameta fosfat seviyeleri ile üretilen ekmeğin hamuru ve ekmeğin numunelerinin kimyasal, tekstürel ve görsel özelliklerini tanımlayan ikinci dereceden polinom modelleri.

Özellikler	R ²	p Değeri	Faktör	Tahmini Denklem
Hamur Sertliği	K.B.			
Hamur Yapışkanlığı	72.56	0.0018	EET*KZ	= 0.248641 - 0.00400417*EET*KZ
Hamur pH	90.59	0.0003	EET 0.0372 R ² 0.0001	= 6.21284 + 0.0282476*EET + 0.000264462*KZ ²
Ekmeğin Ağırlığı	67.46	0.0197	KZ 0.0071 EET*KZ 0.0676	= 192.568 + 0.231841*KZ - 0.0373907*EET*KZ
Ekmeğin Hacmi	98.77	0.0001	KZ 0.0031 EET 0.0624 KZ ² 0.0067 EET ² 0.0682	= 398.688 - 7.55473*KZ + 11.7936*EET + 0.138889*KZ ² + 3.68484*EET ²
Ekmeğin Sertliği	72.96	0.0017	EET*KZ	= 1348.71 - 6.71489*EET*KZ
Ekmeğin Yapışkanlığı	K.B.			
Ekmeğin Kohezif Yapışkanlığı	64.84	0.0049	KZ	= 0.846456 + 0.000919729*KZ
Ekmeğin Esnekliği	K.B.			
Ekmeğin Elastikiyetliği	97.53	0.0003	EET 0.0007 KZ ² 0.0048 EET ² 0.0141 EET*KZ 0.0261	= 1488.33 - 468.707*EET - 0.403667*KZ ² + 52.6137*EET ² + 7.08852*EET*KZ
Ekmeğin Çiğnenbilirliği	65.19	0.0047	EET*KZ	= 50.3795 - 0.250056*EET*KZ
L*iç	49.96	0.0223	KZ	= 83.6678 - 0.173145*KZ
a*iç	K.B.			
b*iç	38.94	0.0538	KZ	= 5.86455 + 0.0386421*KZ
L*dış	96.22	0.0000	KZ ² 0.0000 EET ² 0.0001	= 88.8245 - 0.0131353*KZ ² - 0.93155*EET ²
a*dış	87.47	0.0007	KZ ² EET ²	= 1.37977 + 0.00890618*KZ ² + 0.482024*EET ²
b*dış	82.07	0.0024	KZ 0.0018 EET ² 0.02446	= 4.09013 + 0.443087*KZ + 0.590169*EET ²
Ekmeğin %KM	70.63	0.0137	EET 0.0286 EET ² 0.0101	= 61.3591 - 6.32661*EET + 2.57273*EET ²
Ekmeğin %Ağırlık kaybı	65.92	0.0231	KZ EET*KZ	= 16.2565 - 0.0991028*KZ + 0.0159809*EET*KZ
Ekmeğin %Tuz Miktarı	K.B.			
Ekmeğin %protein miktarı	92.19	0.0000	KZ	= 6.04863 + 0.264994*KZ
Ekmeğin % Rutubet	70.57	0.0138	EET 0.0287 EET ² 0.0101	= 38.6375 + 6.31538*EET - 2.5682*EET ²

Not: K.B.: korelasyon bulunmamaktadır, EET: emülsifiye edici tuz, KZ: rennet kazein, iç: ekmeğin iç kısmının rengi, dış: ekmeğin dış kısmının rengi

4.1.1. pH

pH hamurun fermentasyon hızına doğrudan etki eden teknolojik parametrelerinden biri olduğundan dolayı, rennet kazein ve farklı emülsifiye edici tuzlar kullanılarak hazırlanan hamurların pH değerleri ölçülmüştür. Rennet kazein ve emülsifiye edici

tuzlar ile hazırlanan hamurların belirlenen pH değerleri Tablo 4.5 ve 4.6’da daha net olarak gözlemlenmektedir.

Tablo 4.5. Glutensiz hamurların pH değerleri.

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	6.5	6.5	6.0	6.3
2	6.3	6.8	5.8	6.3
3	6.6	6.3	6.6	6.3
4	6.6	6.5	6.0	6.3
5	6.3	6.3	6.3	6.3
6	7.1	7.3	5.9	6.4
7	7.0	6.7	5.9	6.4
8	6.5	6.9	5.8	6.3
9	6.5	6.4	6.1	6.4
10	6.7	6.7	6.3	6.6

Tablo 4.6. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen hamurların pH değerleri.

Örnek No.	P	P- KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
pH değeri	5.57	5.59	6.81	6.49	4.54	5.22	5.94

Tablo 4.5’te belirtilen değerlere göre, TSPF içeren hamur örneklerinin pH değerleri 6.3-7.1, DSF içeren hamur örneklerinin pH değerleri 6.3-7.3, SAPF içeren hamur örneklerinin pH değerleri 5.8-6.6, SHMF içeren hamur örneklerinin pH değerleri 6.3-6.4 aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Karşılaştırma amacıyla üretilen sadece pirinç unu içeren hamurun pH değeri 5.57, pirinç unu ve rennet kazein içeren hamurun pH değeri 5.59, pirinç unu ve %1 TSPF içeren hamurun pH değeri 6.81, pirinç unu ve %1 DSF içeren hamurun pH değeri 6.49, pirinç unu ve %1 SAPF içeren hamurun pH değeri 4.54, pirinç unu ve %1 SHMF içeren hamurun pH değeri 5.22 aralığında bulunmuştur. Kontrol hamurun pH değeri ise 5.94 aralığında bulunmuştur.

TSPF ($R^2= 57$, $p<0.0116$) ve DSF ($R^2= 68$, $p<0.034$) emülsifiye edici tuzlarının pH’ı yükseltme konusunda en etkili olduğu gözlemlenmiştir. SAPF ($R^2=81$, $p<0.0063$) emülsifiye edici tuzunun ise asitlik özellik gösterdiğinden dolayı en düşük pH değeri verdiği görülmüştür.

Emülsifiye edici tuzların kullanımı genellikle peynirin pH’sında yukarı doğru bir kayma ile sonuçlanmaktadır (Lu ve ark., 2008). Nihai ürün pH’sı, eklenen miktarın yanı sıra kullanılan emülsifiye edici tuzların pH’yı ve tamponlama yeteneği ile ilgilidir. Ortofosfatlarda, hidrojenin sodyum ile yer değiştirmesi, bu emülsifiye edici tuzun

çözeltisinin pH'sında bir artışa neden olur ve ayrıca bu tuzdan yapılan proses peynirin pH'sını da artırır. Bu çalışmada literatüre benzer şekilde bazı emülsifiye edici tuzların kullanımı ile hamurun pH'sında artış olduğu gözlemlenmiştir. Rennet kazein kullanılarak üretilen ekmeğin, emülsifiye edici tuzlar kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla pH'larında farklılık olduğunu gözlemlenmiştir. DSF ile üretilen ekmek hamurları en yüksek pH değerlerine sahipken SAPF ile üretilen hamurlar en düşük pH değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Lucey ve ark. (2008) farklı emülsifiye edici tuzlar TSS, DSF, SHMF ve TSPF (%2, ağırlık/ağırlık) ile yapılan pastörize proses peynirleri incelemiş ve DSF kullanılarak üretilen proses peynirlerin en yüksek pH değerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

DSF mükemmel bir tamponlayıcıdır ve pH'yı yükseltme etkisinin TSPF ve SHMF'ye kıyasla daha fazla olduğunu geçmiş çalışmalarda bildirilmiştir. Lucey ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ürün pH'sında bizim çalışmamıza benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

SAPF haricinde, rennet kazein ve emülsifiye edici tuz konsantrasyonunun artırılmasıyla pH değerinde yükseliş olduğu gözlemlenmiştir.

Hamuru meydana getiren unsurların niteliği ve miktarları, fermantasyon süresi, ortam sıcaklığı gibi faktörler pH değerlerine etki etmektedir (Banu ve ark., 2011). Mayalar hafif asidik ortamlarda çalışırlar. Mayanın fermantasyon aktivitesi 4-6 pH aralığında optimum seviyededir (Poitrenaud, 2004). pH 4'ün altında fermentasyon hızı çabuk düşer, pH değeri 4-6 aralığında olduğunda fermantasyon hızında sadece hafif değişiklikler olur (Maloney ve Foy, 2003).

TSPF ve DSF ile üretilen ekmeklerin hacminin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bunun bir muhtemel sebebi TSPF ve DSF ile üretilen hamurun pH değerinin yüksek olması nedeniyle maya aktivitesinin sınırlanmış olması olabilir. Ayrıca TSPF kremleşme yani yeni etkileşimler oluşturma kabiliyetine sahiptir. TSPF'nin sebep olduğu yeni etkileşimlerin sert bir yapıya neden olması ve ekmek hacim artışını engellemesi muhtemeldir.

Banu ve ark. (2011) çavdar unu ile hazırlanmış ekmek hamurlarının 37°C'de 24 saat fermantasyon işleminden sonra pH değerlerinin 4.1 civarında olduğunu ve fermantasyon sonunda hamurların pH değerinin 3.9 seviyelerine düştüğünü bildirmişlerdir.

Bizim çalışmamızda gözlemlendiğimiz pH değerleri literatürdeki ekme hamurlarına kıyasla daha yüksek olmuştur. Hamurda kullanılan rennet kazeinin tamponlama etkisinin yanı sıra kullanılan emülsifiye edici tuzların pH değerlerini yükseltmesi bunun başlıca sebepleridir.

4.1.2. Glutensiz hamurların reolojik özellikleri

Glutensiz hamur ve kontrol örneklerinin sertlik ve yapışkanlık değerleri Tablo 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.7. Glutensiz hamurların sertlik (g) değerleri.

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	223.7	397.7	323.5	188.7
2	76.2	688.7	289.5	80.7
3	366.0	196.7	153.7	197.7
4	187.2	790.5	405.7	268.2
5	56.0	207.0	185.7	136.7
6	477.7	1062.2	714.0	119.0
7	943.2	1012	687.5	227.7
8	97.7	550.2	136.5	103.7
9	110.7	247.2	238.5	121.5
10	386.2	873.7	332.0	186.0

Tablo 4.8. Glutensiz hamurların yapışkanlık (mJ) değerleri.

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	0.2	0.0	0.0	0.0
2	0.3	0.0	0.2	0.0
3	0.0	0.1	0.1	0.2
4	0.1	0.0	0.2	0.0
5	0.3	0.2	0.3	0.3
6	0.0	0.0	0.2	0.0
7	0.0	0.0	0.1	0.0
8	0.2	0.0	0.3	0.1
9	0.2	0.1	0.3	0.2
10	0.1	0.0	0.1	0.0

Tablo 4.9. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen hamurlarının sertlik ve yapışkanlık değerleri.

	Hamur Sertliği (g)	Hamur Yapışkanlığı (mJ)
P	68.7	0.5
P-KZ	111.5	0.2
P-TSPF	149.2	0.2
P-DSF	108.5	0.3
P-SAPF	92.5	0.4
P-SHMF	111.0	0.3
K	32.7	0.0

TSPF hamur sertliğini azaltırken TSPF ve rennet kazein etkileşimi hamur sertliğini artırmıştır ($R^2=74$, $p<0.009$). TSPF ile üretilen ekmek hamurları ve yapışkanlık arasında korelasyon bulunmamıştır.

Rennet kazein ile DSF etkileşimi hamur sertliğini artırmıştır ($R^2=88.6$, $p<0.000$). DSF ile üretilen ekmek hamurlarında hamur yapışkanlığını etkileyen tek faktör DSF konsantrasyonu olmuştur ve DSF konsantrasyonu arttıkça hamur yapışkanlığı azalmıştır emülsifiye edici tuzun tek başına kullanımı hamur yapışkanlığını arttırdığını bulunmuştur ($R^2=56.1$, $p<0.011$).

Rennet kazein ile SAPF etkileşiminin hamur sertliğini arttırdığını bulunmuştur ($R^2=84.6$, $p<0.0002$). SAPF ile üretilen hamurlar ve yapışkanlık arasında korelasyon bulunmamıştır.

SHMF ile üretilen hamurlar ile hamur sertliği arasında korelasyon bulunmamıştır. Rennet kazein ile SHMF etkileşimi hamur yapışkanlığı etkileyen tek faktör olup hamur yapışkanlığı ile rennet kazein SHMF arasında negatif korelasyon bulunmuştur ($R^2=72.5$, $p<0.0018$).

Proses peynir üreticileri, pişirme süresinin uzatılmasının ve belirli tipte emülsifiye edici tuzların kullanılmasının, “kremleşme” olarak adlandırılan erimiş peynirin viskozitesinde bir artışa neden olabileceğini belirtmişlerdir. Kremleşme reaksiyonunun nihai ürünün özelliklerini etkilediği bilinmektedir. TSPF ve SAPF emülsifiye edici tuzlar güçlü kremleştirme etkilerine sahiptir. SHMF ve DSF emülsifiye edici tuzlar zayıf kremleştirme etkisine sahiptir. Bu, proses peynir üretimi sırasında kazeinleri yeterince dağıtmak için yetersiz emülsifiye edici tuz eklenirse, yağın zayıf bir şekilde emülsifiye edildiğini ve çok az kremleşmenin gözlemlendiğini göstermektedir.

4.2. Glutensiz Ekmeklerde Gerçekleştirilen Analizler

4.2.1. Glutensiz ekmeklerde kurumadde ve nem değerleri belirlenmesi

Nem içeriği bayatlamamanın bir göstergesidir. Taze halde genellikle kuru, gevrek ve kolay kırılabilir yapıya sahip olan kabuk, ekmek içinden nemi çekerek yumuşak bir doku oluşması ile karakterize edilirken, bunun aksine ekmek içi ise nem kaybederek doku sertleşmesi ile karakterize edilmektedir. Ekmek bayatladıkça nem kaybeder, iç yapı daha sert ve kolay parçalanabilir bir hal almaktadır (Recai ve Hazım, 1985).

Ekmeğin rutubet miktarı arttıkça kristalizasyon hızı azalmakta ve %63 rutubetten sonra çok sınırlı miktarda kristalizasyon meydana gelmektedir. Nişastanın kristalizasyonun ise ekmeğin bayatlamasında önemli olduğu iddia edilmektedir (Hellman ve ark., 1954).

Normal buğday ekmeğinde nem değeri %32.2 iken pirinç unu ile yapılan ekmeklerinde nem içeriğinin ~%42 olduğu görülmüştür. %15 rennet kazein ilavesi ile nem değerinin %48.8 olduğu görülmektedir. Rennet kazein ilavesi ekmeğin nem içeriğini yükseltmiştir. Rennet kazein ve emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerin nem içeriğinin sadece rennet kazein içeren ekmeklerin nem değerine göre daha düşük olduğu görülmüştür.

Moore ve ark ve ark. (2006), yaptığı çalışmada transglutaminaz enziminin glutensiz ekmekler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmalarında glutensiz ekmeklerin nem içerikleri %57.5-61.6 arasında değişmiştir.

Katz (1928), bayatlamamanın ekmeğin rutubetine bağlı olduğu ve rutubeti %16.4'ten aşağı olan ekmeklerle rutubeti %36.8'den yukarı olan ekmeklerin uzun süre bayatlamayacağı belirtilmiştir. Bice ve Geddes (1946), bu fikre tam katılmayıp yaptıkları araştırmalarda ekmek rutubeti %54'ün üstünde olduğu zaman bayatlamamanın yavaşlayacağını belirtmişlerdir.

Glutensiz, kontrol ve kıyaslama amacıyla üretilen ekmeklerin kurumadde miktarları ölçülmüş olup, Tablo 4.10 ve 4.11'de verilmiştir. Çalışmamıza benzer şekilde Mezaize ve ark. (2009) glutensiz ekmek formülasyonu için kuru madde değerleri % 63.1 - 66.6 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Kuru madde miktarı beklenildiği şekilde rennet kazein miktarın artırılmasıyla artmıştır.

Tablo 4.10. Glutensiz ekmeklerin kurumadde değerleri (%).

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	57.6	53.7	57.9	57.8
2	54.3	52.4	61.1	61.1
3	56.0	57.0	57.9	61.1
4	57.6	53.7	57.9	57.8
5	54.3	52.4	54.4	60.7
6	55.9	53.7	57.9	64.4
7	57.6	57.0	59.4	64.4
8	57.4	53.7	56.1	59.4
9	57.6	61.9	62.7	57.8
10	60.9	53.7	61.1	54.4

Tablo 4.11. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin kurumadde değerleri (%).

Örnek No.	P	P- KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
Kurumadde değeri	58	51.1	54.4	54.4	54.4	54.4	67.7

4.2.2. Glutensiz ekmekte tuz miktarı belirlenmesi

Ekmeğin ana bileşenlerinden biri olan tuzun, ekmeğin üretimi ve kalitesi üzerinde birçok etkisi vardır. Bunlardan en önemlisi ise lezzetin gelişmesidir. Tuz, gluten proteini güçlendirerek, hamurun fiziksel özelliklerini geliştirir; hacim, şekil ve renk açısından güzel bir ekmek elde edilmesini sağlar. Fermentasyon işleminden sorumlu olan maya, tuz tarafından kontrol edilebilir (Poitrenaud, 2004).

Türk Gıda Kodeksine ekmekte tuz miktarı en çok %1.5 olmalıdır (Anonim, 2012). Glutensiz ve kontrol ekmeklerin tuz değerleri Tablo 4.12 ve 4.13'te verilmiştir. SAPF dışında, emülsifiye edici tuz ve rennet kazein miktarlarının arttırılmasıyla ekmeklerin tuz miktarı arttığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin tuz değerleri (%).

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	1.3	1.2	1.2	1.2
2	1.4	1.4	1.8	1.4
3	1.6	1.3	1.4	1.4
4	1.3	1.2	1.2	1.2
5	1.4	1.1	1.4	1.5
6	1.2	1.7	1.6	1.8
7	1.4	1.5	1.6	1.6
8	1.4	1.3	1.3	1.6
9	1.4	1.3	1.2	1.5
10	1.3	1.4	1.1	1.4

Tablo 4.13. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin tuz değerleri (%).

Örnek No.	P	P-KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
Tuz değeri	1.6	1.5	1.6	1.1	1.4	1.1	1.40

4.2.3. Glutensiz ekmeklerde hacim belirlenmesi

Glutensiz hammaddelerden ekmek ve unlu mamullerin hazırlanması için hamurun hacminin ve kıvamının sağlanması gerekmektedir. Pişirirken, proteinler artan sıcaklıkla denatüre olur ve nişasta jelatinleşmesi meydana gelir. Genişleyen gaz kabarcıklarını korumak ve ürünün pişmesi veya soğutulması sırasında çökmemesi için yeterince güçlü ve esnek bir yapı oluşturulmalıdır (Šmídová ve Rysová, 2022).

Glutensiz ekmeklerinin hacim değerleri Tablo 4.14'te verilmiştir. Kontrol ekmeklerinin hacim değerleri ise Tablo 4.15'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre TSPF ve DSF emülsifiye edici tuzlar kullanılarak üretilen ekmekler ile ekmek hacmi arasında korelasyon bulunmamıştır. SAPF kullanılarak üretilen ekmeklerin hacmi SAPF'in karesiyle negatif ilişki göstermiş ve artan SAPF konsantrasyonu ekmek hacmini azaltmıştır ($R^2=36.7$, $p<0.063$). SHMF ile üretilen ekmeklerde SHMF lineer, rennet kazein konsantrasyonu ve SAPF konsantrasyonu kuadratik olarak ekmek hacmi ile pozitif korelasyon göstermişlerdir ($R^2=98.7$, $p<0.0001$).

SHMF bir polielektrolittir ve kazeinlerle birleşerek kazein dispersiyonunu büyük lde artırır dolayısıyla yk itmesini arttırır (Lu ve ark., 2008).

SHMF emülsifiye edici tuzu kalsiyumu güçlü bir şekilde bağlayarak kazeinler arasında yeni etkileşimler oluşturduğu için hamurun gaz tutma kapasitesi arttırılmış olup daha yüksek hacme sahip ekmek elde edildiğini düşünmekteyiz.

Tablo 4.14. Glutensiz ekmeklerin hacim değerleri (mL).

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	270	340	300	325
2	285	320	300	375
3	255	355	315	300
4	285	340	300	325
5	350	365	355	325
6	300	335	290	365
7	265	365	320	350
8	315	345	350	350
9	300	330	360	300
10	315	360	355	330

Tablo 4.15. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin hacim değerleri (mL).

rnek No.	P	P-KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
Hacim değeri	275	305	285	290	300	300	540

4.2.4. Glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı

Glutensiz ekmek ve kontrol ekmeklerin ağırlık kaybı değerleri Tablo 4.16 ve 4.17'de gösterildiği zereidir.

Tablo 4.16. Glutensiz ekmeklerin ağırlık kaybı (%).

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	14.3	15.4	14.7	15.6
2	12.7	15.2	15.5	15.1
3	16.4	13.7	15.7	13.3
4	15.4	15.5	16.2	14.4
5	18.6	14.5	15.3	15.0
6	15.5	15.8	15.5	14.7
7	15.1	16.8	16.2	14.3
8	15.5	16.1	17.8	15.4
9	13.0	14.9	14.4	13.5
10	15.2	14.8	15.0	13.9

Tablo 4.17. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin ağırlık kaybı (%).

Örnek No.	P	P-KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
Ağırlık Kaybı	16.6	12.9	15.3	15.7	16.9	14.4	6.5

TSPF içeren glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı %12.7-18.6, DSF içeren glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı %13.7-16.8, SAPF içeren glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı %14.4-17.8 ve SHMF içeren glutensiz ekmeklerde ağırlık kaybı %13.3-15.6 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Karşılaştırma amacıyla üretilen P içeren ekmeğin ağırlık kaybı %16.6, P-KZ içeren ekmeğin ağırlık kaybı %12.9, P-TSPF içeren ekmeğin ağırlık kaybı %15.3, P-DSF içeren ekmeğin ağırlık kaybı %15.7, P-SAPF içeren ekmeğin ağırlık kaybı %16.9, P-SHMF içeren ekmeğin ağırlık kaybı %14.4 olduğu tespit edilmiştir. Kontrol ekmekte ağırlık kaybı ise %6.5 olduğu gözlemlenmiştir. Buğday ekmeğinin ağırlık kaybının düşük olmasının nedeni glutenin nişasta tanecikleri çevresinde koruyucu görevi yaparak fazla suyu absorbe etmesini sağlamasından ileri gelmektedir (Demiralp, 1997).

Bu çalışmada kullanılan protein görevi gören rennet kazein tarafından absorbe edilen su miktarı, buğday ekmeğine kıyasla daha düşük kaldığı ve bu nedenle daha fazla ağırlık kaybı yaşandığını düşünmekteyiz.

4.2.5. Glutensiz ekmeklerin protein değerleri

Proteinler, glutensiz ürünlerin besin değerini artırır. Glutenli un veya başka bir protein kaynağının seçimi, hamurun reolojik özelliklerini ve hamurdaki suyun bağlanmasını etkiler. Proteinler, nişasta ve lipitlerle etkileşime girer ve birlikte hamurun stabilitesine ve ürünün yapısına katkıda bulunur. Ayrıca bu yapı ekmeğin istenilen aromasının verilmesine katkıda bulunur (Šmídová ve Rysová, 2022).

Buğday unundan yapılan kontrol ekmeğin protein değeri 9.3 iken, karşılaştırma amacıyla üretilen P içeren ekmeğin protein değeri 4.9, P-KZ içeren ekmeğin protein değeri 12.5, P-TSPF içeren ekmeğin protein değeri 5.6, P-DSF içeren ekmeğin protein değeri 5.3, P-SAPF içeren ekmeğin protein değeri 5.4, P-SHMF içeren ekmeğin protein değeri ise 5.4 olarak bulunmuştur.

Rennet kazein miktarın artırılmasıyla ekmekte beklendiği şekilde protein oranı yükseldiğini gözlemlenmiştir. Üretilen glutensiz ekmeklerin en yüksek protein oranına sahip %22.07 rennet kazein ve %1 SAPF emülsifiye edici tuz içeren ekmek tespit edilirken, en düşük protein oranına sahip %7.98 rennet kazein ve %1 SAPF emülsifiye edici tuz içeren ekmek örneği tespit edilmiştir. Buğday unundan üretilen ekmeğin protein oranı ise % 9.3 olduğunu gözlemlenmiştir. Glutensiz ve kontrol ekmeklerin protein değerleri Tablo 4.18 ve 4.19’ da verilmiştir.

Turkut ve ark. (2016), tarafından yaptıkları çalışmada glutensiz ekmeklerin protein değerleri %7.6-8.4 olarak bulunmuştur. Hatipoğlu (2016) glutensiz ekmeklerin protein değerlerinin %4.3-4.9 aralığında değiştiği, ekmeklik buğday unundan yapılan ekmeğin protein değeri ise %6.5 olarak gözlemlendiği raporlanmıştır. Bu çalışmada yapılan glutensiz ekmeklerin protein içeriği ekmek üretiminde rennet kazein kullanılması nedeniyle literatürde çalışılmış glutensiz ekmeklerin protein içeriğinden daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.18. Glutensiz ekmeklerin protein değerleri (%).

	TSPF	DSF	SAPF	SHMF
1	11.3	12.5	11.2	12.5
2	11.0	10.0	9.6	9.5
3	9.3	13.3	11.9	11.8
4	11.3	12.5	11.2	12.5
5	8.7	9.6	8.9	9.6
6	10.6	11.4	11.6	11.6
7	12.2	14.0	13.9	13.2
8	7.9	9.3	7.9	9.6
9	11.8	14.8	14.8	14.8
10	14.0	14.9	15.0	14.5

Tablo 4.19. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin protein değerleri (%).

Örnek No.	P	P-KZ	P-TSPF	P-DSF	P-SAPF	P-SHMF	K
Protein Değerleri	4.9	12.5	5.6	5.3	5.4	5.4	9.3

4.2.6. Glutensiz ekmeklerde yağ değerleri

Bu çalışmada üretilen glutensiz ekmeklerin yağ değerleri %1.7-2. aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin yağ değerleri ise %0.2-5.5 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir.

4.2.7. Glutensiz ekmeklerde renk

Glutensiz ekmek kabuk ve iç kısmına ait L^* , $+a^*$ ve $+b^*$ değerleri Tablo 4.20, 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te verilmiştir.

Glutensiz ekmeklerin renk analizleri üretimden 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir. L^* değerinin yüksek olması, ekmek kabuğu renginin beyazlığının yüksek olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre ekmek kabuğun L^* parlaklık parametresi %22.0 rennet kazein ve %1 SHMF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en düşük (70.9) düzeyde iken, %15 rennet kazein ve %1.98 SAPF emülsifiye edici tuzu içeren ekmeklerde en yüksek (85.6) düzeyde olduğunu bulunmuştur. Yüksek rennet kazein içeren iki örneğin L^* değerlerinin en yüksek ve en düşük olması ekmek beyazlığının sadece rennet kazeine bağlı olmadığı, emülsifiye edici tuzun da ekmek beyazlığına önemli katkı sağladığını göstermektedir. Buğday unundan yapılan ekmeğin ise L^* değeri 63 olarak gözlemlenmiştir.

Pişirme sırasında indirgen şekerler ve amino asitler Maillard reaksiyonu adı verilen enzimatik olmayan esmerleşme için reaktanları sağlar. Maillard reaksiyonu ve maya metabolitleri ortaya çıkan ekmeğin hacmi, dokusu, rengi ve tadı için belirleyicidir (Elgeti ve ark., 2014).

TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.8-10.2 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.9-6.0 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.7-7.9 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 3.2-14.2 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. Kırmızılık değeri, %22.07 rennet kazein ve %1 SHMF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en yüksek (14.2) düzeyde iken, %15 rennet kazein ve %1 SAPF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en düşük (2.7) düzeyde olduğu bulunmuştur.

TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 5.9-19.8 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 8.0-15.0 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 8.1-17.3 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 9.5-21.9 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. Sarılık değeri, %22.07 rennet kazein ve % 1 SHMF emülsifiye edici tuz içeren ekmekte en yüksek (21.9) düzeyde iken, %7.92 rennet kazein ve %1 TSPF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en düşük (5.9) düzeyde bulunmuştur.

Buğday unu kullanarak üretilen kontrol ekmeğinde kabuğunu sarılık parametresi $+b^*$ değeri 17.5, karşılaştırma amacıyla üretilen sadece pirinç unu içeren ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 8.8, pirinç unu ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 10.9, pirinç unu ve %1 TSPF kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 7.1, pirinç unu ve %1 DSF kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 7.6, pirinç unu ve %1 SAPF kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 5.9, pirinç unu ve %1 SHMF kullanarak üretilen ekmek kabuğunun sarılık parametresi $+b^*$ değeri 3.0 aralığında olduğunu tespit edilmiştir.

Ekmeğin dış rengi kadar iç rengi de tüketici için bir kalite unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ekmek içinin L^* parlaklık parametresi %7.92 rennet kazein ve %1 DSF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en yüksek (86.7) düzeyde iken, %20 rennet kazein ve %1.7 TSPF emülsifiye edici tuzu içeren ekmeklerde en düşük (71.4) düzeyde olduğunu bulunmuştur.

Buğday unu kullanarak üretilen kontrol ekmeği ve pirinç unu kullanılarak üretilen referans ekmeklerde (P, P-KZ, P-TSPF, P-DSF, P-SAPF, P-SHMF) ekmek içi L^* değerleri benzerlik göstermiştir (Tablo 4.24).

TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.1-2.9 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.1-3.1 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.3-2.8 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. SHMF ve

rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 1.8-2.8 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. Kırmızılık değeri, %20 rennet kazein ve % 0.3 DSF emülsifiye edici tuz içeren ekmekte en yüksek (3.1) düzeyde iken, %10 rennet kazein ve %1.7 SHMF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en düşük (1.8) düzeyde bulunmuştur.

Kontrol olarak buğday unu kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.2, karşılaştırma amacıyla üretilen ve sadece pirinç unu içeren ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.0, pirinç unu ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.4, pirinç unu ve %1 TSPF kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.3, pirinç unu ve %1 DSF kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.1, pirinç unu ve %1 SAPF kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.1, pirinç unu ve %1 SHMF kullanarak üretilen ekmek içinin kırmızılık parametresi $+a^*$ değeri 2.2 aralığında olduğunu tespit edilmiştir.

TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin sarılık parametresi $+b^*$ değeri 6.6-7.7 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin sarılık parametresi $+b^*$ değeri 5.8-8.2 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin sarılık parametresi $+b^*$ değeri 6.4-7.0 aralığında değiştiğini gözlemlenmiştir. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen ekmek içinin sarılık parametresi $+b^*$ değeri 5.7-7.2 aralığında olduğunu tespit edilmiştir. Sarılık değeri, %15 rennet kazein ve % 1 DSF emülsifiye edici tuz içeren ekmekte en yüksek (8.2) düzeyde iken, %15 rennet kazein ve %0.01 DSF emülsifiye edici tuz içeren ekmeklerde en düşük (5.8) düzeyde bulunmuştur.

Tablo 4.20. TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.

	Ekmek Kabuğu			Ekmek İçi		
	L^* değeri	$+a^*$ değeri	$+b^*$ değeri	L^* değeri	$+a^*$ değeri	$+b^*$ değeri
% 15 RK, %1 TSPF	81.5	3.5	9.0	80.4	2.9	7.4
% 10 RK, %1.7 TSPF	80.4	2.8	8.3	79.6	2.4	7.2
% 15 RK, %0.01 TSPF	81.4	3.4	8.6	79.9	2.3	7.0
% 15 RK, %1 TSPF	81.7	3.6	9.0	80.0	2.8	7.3
% 10 RK, %0.3 TSPF	84.5	3.6	8.9	83.9	2.1	6.8
% 15 RK, %1.98 TSPF	81.6	3.4	8.9	80.8	2.7	7.2
% 20 RK, %1.7 TSPF	72.3	10.2	19.8	71.4	2.9	6.8
% 7.92 RK, %1 TSPF	85.4	2.9	5.9	84.5	2.1	6.6
% 20 RK, %0.3 TSPF	78.8	5.8	15.4	76.1	2.8	7.5
% 22.07 RK, %1 TSPF	79.6	6.0	16.5	81.6	2.2	7.7

Tablo 4.21. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.

	Ekmek Kabuğu			Ekmek İçi		
	L* değeri	+a* değeri	+b* değeri	L* değeri	+a* değeri	+b* değeri
%15 RK, %1 DSF	81.6	3.3	8.4	81.3	2.9	7.2
%10 RK, %1.7 DSF	83.1	3.5	8.6	82.7	2.8	5.9
%15 RK, %0.01 DSF	82.2	3.5	9.2	80.5	2.1	5.8
%15 RK, %1 DSF	81.4	3.4	8.9	78.9	2.8	8.2
%10 RK, %0.3 DSF	80.5	2.9	8.0	80.6	2.4	6.4
%15 RK, %1.98 DSF	82.6	3.4	10.6	81.5	2.4	8.0
%20 RK, %1.7 DSF	77.9	4.1	10.4	80.0	2.9	7.5
%7.92 RK, %1 DSF	86	3.0	8.5	86.7	2.8	7.2
%20 RK, %0.3 DSF	80.2	5.8	14.4	77.9	3.1	6.8
%22.07 RK, %1 DSF	79.6	6.0	15.0	80.7	2.9	7.1

Tablo 4.22. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.

	Ekmek Kabuğu			Ekmek İçi		
	L* Değeri	+a* değeri	+b* değeri	L* değeri	+a* değeri	+b* değeri
%15 RK, %1 SAPF	83.5	2.7	8.3	82.1	2.3	6.8
%10 RK, %1.7 SAPF	84.1	2.9	8.8	80.5	2.4	6.9
%10 RK, %1.7 SAPF	79.8	7.9	17.3	79.8	2.4	7.0
%15 RK, %0.01 SAPF	83.8	2.7	8.1	81.8	2.4	6.5
%15 RK, %1 SAPF	85.5	3.1	9.6	81.3	2.5	6.4
%10 RK, %0.3 SAPF	85.6	2.7	8.7	81.2	2.7	6.9
%15 RK, %1.98 SAPF	85.4	3.0	9.9	82.9	2.4	6.7
%20 RK, %1.7 SAPF	84.1	3.4	10.2	81.6	2.3	6.4
%7.92 RK, %1 SAPF	78.0	7.5	15.9	75.8	2.8	7
%20 RK, %0.3 SAPF	81.7	4.8	13.6	81.5	2.3	7.0

Tablo 4.23. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.

	Ekmek Kabuğu			Ekmek İçi		
	L* Değeri	+a* değeri	+b* değeri	L* değeri	+a* değeri	+b* değeri
%15 RK, %1 SHMF	81.3	6.6	16.3	79.4	2.6	7.0
%10 RK, %1.7 SHMF	79.1	7.4	16.2	80.9	1.8	5.7
%15 RK, %0.01 SHMF	81.8	5.9	14.4	78.5	2.6	6.9
%15 RK, %1 SHMF	81.9	6.5	15.8	80.8	2.7	7.2
%10 RK, %0.3 SHMF	84.5	3.5	9.6	82.3	2.5	6.6
%15 RK, %1.98 SHMF	73.8	11.1	20.3	78.4	2.4	6.5
%20 RK, %1.7 SHMF	71.1	9.9	17.4	78.9	2.6	7.0
%7.92 RK, %1 SHMF	84.7	3.2	9.5	81.7	2.6	6.3
%20 RK, %0.3 SHMF	77.2	9.1	17.3	76.6	2.8	6.7
%22.07 RK, %1 SHMF	70.9	14.2	21.9	79.8	2.7	6.9

Tablo 4.24. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin kesim öncesi ve sonrası renk değerleri.

	Ekmek Kabuğu			Ekmek İçi		
	L^* Değeri	$+a^*$ değeri	$+b^*$ değeri	L^* değeri	$+a^*$ değeri	$+b^*$ değeri
P-KZ	81.2	4.4	10.9	78.1	2.4	5.7
P-TSPF	80.6	2.9	7.1	80.0	2.3	6.1
P-DSF	83.9	2.8	7.6	81.8	2.1	5.2
P-SAPF	86.0	2.0	5.9	80.0	2.1	5.0
P-SHMF	87.1	2.1	3.0	82.2	2.2	5.1
P	81.4	3.4	8.8	80.0	2.0	6.8
K	63.0	14.6	17.5	78.6	2.2	9.5

Ekmek içinin görsel özellikleri unun elde edildiği buğdayın çeşidi, unun kompozisyonu ve kullanılan katkı maddeleri gibi pek çok faktöre göre değişkenlik göstermektedir. Literatürdeki çalışmalarda da ekmeğin iç rengi için çok farklı sonuçlara rastlanmaktadır. Mohammed (2012), buğday unundan yapılan ekmek kabuğunun L^* değeri 98.14 olarak bulunmuştur. Diğer taraftan Hatipoğlu (2016), tarafından yapılan çalışmada ekmek kabuğunun L^* değerlerinin 48.83 olduğu belirtilmiştir.

4.2.8. Glutensiz ekmeklerin tekstür özellikleri

Tekstür cihazı kullanarak glutensiz ve kontrol ekmeklerin sertlik, yapışkanlık, kohezif yapışkanlık, esneklik, elastikiyetlik ve çiğnenebilirlik değerleri ölçülmüştür. Tablo 4.25, 4.26, 4.27, 4.28, 4.29'da tekstürel özelliklere ait değerler verilmiştir.

Tablo 4.25. TSPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.

Örnek No.	Sertlik (g)	Yapışkanlık (mJ)	Kohezif Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Elastikiyet (g)	Çiğnenebilirlik (mJ)
%15 RK, %1 TSPF	096.0	0	0.8	4.7	947.8	43.7
%10 RK, %1.7 TSPF	798.6	0	0.8	5.2	674.1	34.6
%15 RK, %0.01 TSPF	1911.3	0	0.8	5.0	1605.8	79.0
%15 RK, %1 TSPF	321.0	0	0.8	4.9	1111.2	53.7
%10 RK, %0.3 TSPF	922.0	0	0.8	5.0	800.8	39.2
%15 RK, %1.98 TSPF	2297.1	0	0.7	4.7	1819.8	84.2
%20 RK, %1.7 TSPF	2985.2	0	0.8	4.9	2439.1	117.8
%7.92 RK, %1 TSPF	1350.7	0	0.8	4.8	1128.8	53.6
%20 RK, %0.3 TSPF	938.3	0	0.8	5.0	807.6	40.2
%22.07 RK, %1 TSPF	1629.0	0	0.8	5.1	1380.3	69.1

Tablo 4.26. DSF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.

Örnek No.	Sertlik (g)	Yapışkanlık (mJ)	Kohezif Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Elastikiyet (g)	Çiğnenebilirlik (mJ)
%15 RK, %1 DSF	2135.5	0	0.8	5.0	1824.6	89.8
%10 RK, %1.7 DSF	3568.1	0	0.8	4.8	2930.5	140.3
%15 RK, %0.01 DSF	2133.3	0	0.5	5.0	1155.9	55.7
%15 RK, %1 DSF	3197.5	0	0.8	4.9	2735.5	131.0
%10 RK, %0.3 DSF	1543.1	0	0.8	4.9	1349.6	65.7
%15 RK, %1.98 DSF	3848.2	0	0.7	4.9	3010.4	145.0
%20 RK, %1.7 DSF	4590.5	0	0.8	4.9	3747.7	181.6
%7.92 RK, %1 DSF	3442.0	0	0.8	5.1	2806.3	142.8
%20 RK, %0.3 DSF	1954.7	0	0.8	5.1	1678.1	84.2
%22.07 RK, %1 DSF	3258.5	0	0.8	5.0	2735.2	135.5

Tablo 4.27. SAPF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.

Örnek No	Sertlik (g)	Yapışkanlık (mJ)	Kohezif Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Elastikiyet (g)	Çiğnenebilirlik (mJ)
%15 RK, %1 SAPF	2469.8	0	0.8	4.8	2034.3	96.8
%10 RK, %1.7 SAPF	3275.3	0	0.8	4.6	2696.8	124.2
%15 RK, %0.01 SAPF	1849.3	0	0.8	5.0	1558.9	77.3
%15 RK, %1 SAPF	2732.8	0	0.8	4.7	2293.7	107.7
%10 RK, %0.3 SAPF	1971.6	0	0.8	5.3	1629.2	85.7
%15 RK, %1.98 SAPF	4400.3	0	0.7	4.7	3500.7	164.6
%20 RK, %1.7 SAPF	3915.2	0	0.8	4.4	3191.6	139.9
%7.92 RK, %1 SAPF	1703.6	0	0.8	4.7	1419.0	66.5
%20 RK, %0.3 SAPF	2231.6	0	0.8	4.7	1868.2	86.8
%22.07 RK, %1 SAPF	2698.2	0	0.8	4.8	2201.4	104.4

Tablo 4.28. SHMF ve rennet kazein kullanarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.

Örnek No	Sertlik (g)	Yapışkanlık (mJ)	Kohezif Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Elastikiyet (g)	Çiğnenebilirlik (mJ)
%15 RK, %1 SHMF	1141.5	0	0.8	4.8	975.8	46.4
%10 RK, %1.7 SHMF	1004.3	0	0.8	4.5	847.9	37.9
%15 RK, %0.01 SHMF	1475.8	0	0.8	4.2	1292.7	53.9
%15 RK, %1 SHMF	1639.8	0	0.8	4.1	1435.2	58.6
%10 RK, %0.3 SHMF	1398.6	0	0.8	4.4	1205.1	52.9
%15 RK, %1.98 SHMF	989.8	0	0.8	4.2	854.2	35.8
%20 RK, %1.7 SHMF	931.0	0	0.8	4.6	808.1	36.3
%7.92 RK, %1 SHMF	1169.8	0	0.8	4.6	1000.4	45.7
%20 RK, %0.3 SHMF	1186.3	0	0.8	4.3	1030.3	43.6
%22.07 RK, %1 SHMF	894.7	0	0.8	4.1	789.6	31.9

Tablo 4.29. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklere ait sertlik, yapışkanlık, koheziflik, esneklik, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri.

Örnek No	Sertlik (g)	Yapışkanlık (mJ)	Kohezif Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Elastikiyet (g)	Çiğnenebilirlik (mJ)
P	764.8	0	0.8	4.6	654.5	29.5
P-KZ	1184.7	0	0.8	4.9	989.9	47.5
P-TSPF	1928.5	0	0.8	4.9	1516.1	73.9
P-DSF	1663.6	0	0.8	4.8	1352.6	63.8
P-SAPF	1343.3	0	0.8	4.9	1142.6	55.8
P-SHMF	1577.8	0	0.8	4.8	1340.5	63.7
K	581.5	0	0.7	4.6	411.3	18.8

Tekstürel özelliklere ait sertlik değerlerine bakıldığında, %1.7 DSF ve %20 rennet kazein içeren ekmeğin en yüksek 4590.5 g sertliğe sahip bulunurken, %1.7 TSPF ve %10 rennet kazein içeren ekmeğin ise en düşük sertlik değerine 798.6 g sahip olduğu bulunmuştur. Buğday unundan yapılan kontrol ekmeğinin sertlik değeri 581.5 g olarak bulunmuştur. Karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerin sertlik değerleri ise; P içeren ekmeğinin sertlik değeri 764.8 g, P-KZ içeren ekmeğinin sertlik değeri 1184.7 g, P-TSPF içeren ekmeğinin sertlik değeri 1928.5 g, P-DSF içeren ekmeğinin sertlik değeri 1663.6 g, P-SAPF içeren ekmeğinin sertlik değeri 1343.3 g, P-SHMF içeren ekmeğinin sertlik değeri 1577.8 g olarak bulunmuştur.

Tüm ekmeklerinin yapışkanlık değeri birbirlerine yakın bulunmuştur.

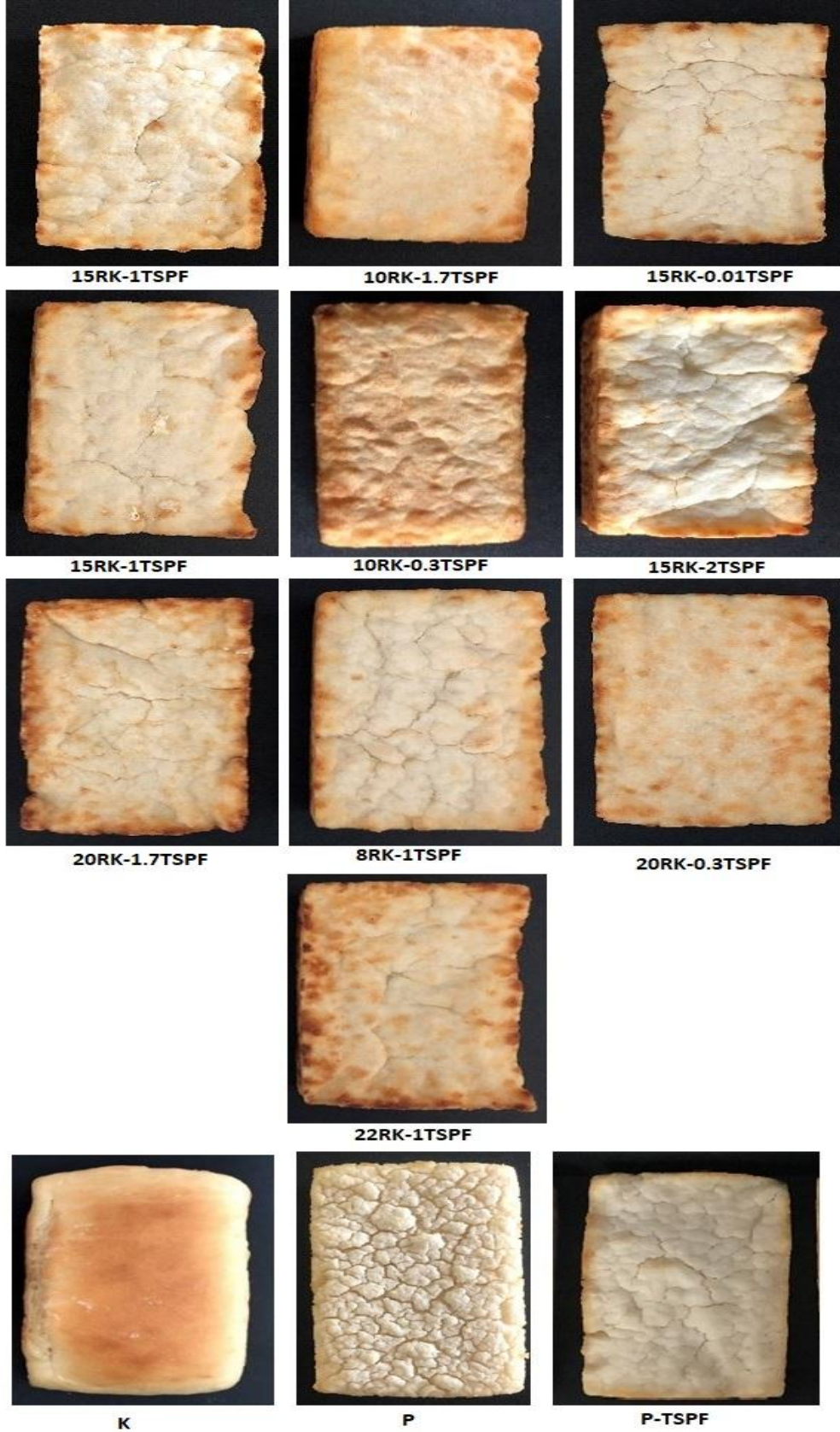
Glutensiz ekmeklerin en düşük 0.5 kohezif yapışkanlık değerine sahip %0.01 DSF ve %15 rennet kazein içeren ekmekler iken, TSPF, SAPF ve SHMF emülsifiye edici tuzları kullanarak üretilen ekmeklerin kohezif yapışkanlık değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Kontrol olarak buğday unundan üretilen ekmeğin ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerinin kohezif yapışkanlık değerleri birbirlerine yakın bulunmuştur.

%1 SHMF, %15 rennet kazein ve %1 SHMF ve % 22.07 rennet kazein içeren ekmekler en düşük 4.1 mm esneklik değerlerine sahip iken, %10 rennet kazein ve %0.3 SAPF içeren ekmekler en yüksek 5.3 mm esneklik değerlerine sahip bulunmuştur. Buğday unundan üretilen kontrol ekmeğin esneklik değeri 4.6 mm iken, karşılaştırma amacıyla üretilen pirinç unundan yapılan ekmeğin esneklik değeri 4.6 mm, pirinç unu ve rennet kazein içeren ekmeğin esneklik değeri 4.9 mm, pirinç unu ve %1 TSPF içeren ekmeğin esneklik değeri 4.9 mm, pirinç unu ve %1 DSF içeren ekmeğin esneklik değeri 4.8 mm, pirinç unu ve %1 SAPF içeren ekmeğin esneklik değeri 4.9 mm, pirinç unu ve %1 SHMF içeren ekmeğin esneklik değeri 4.8 mm olarak bulunmuştur.

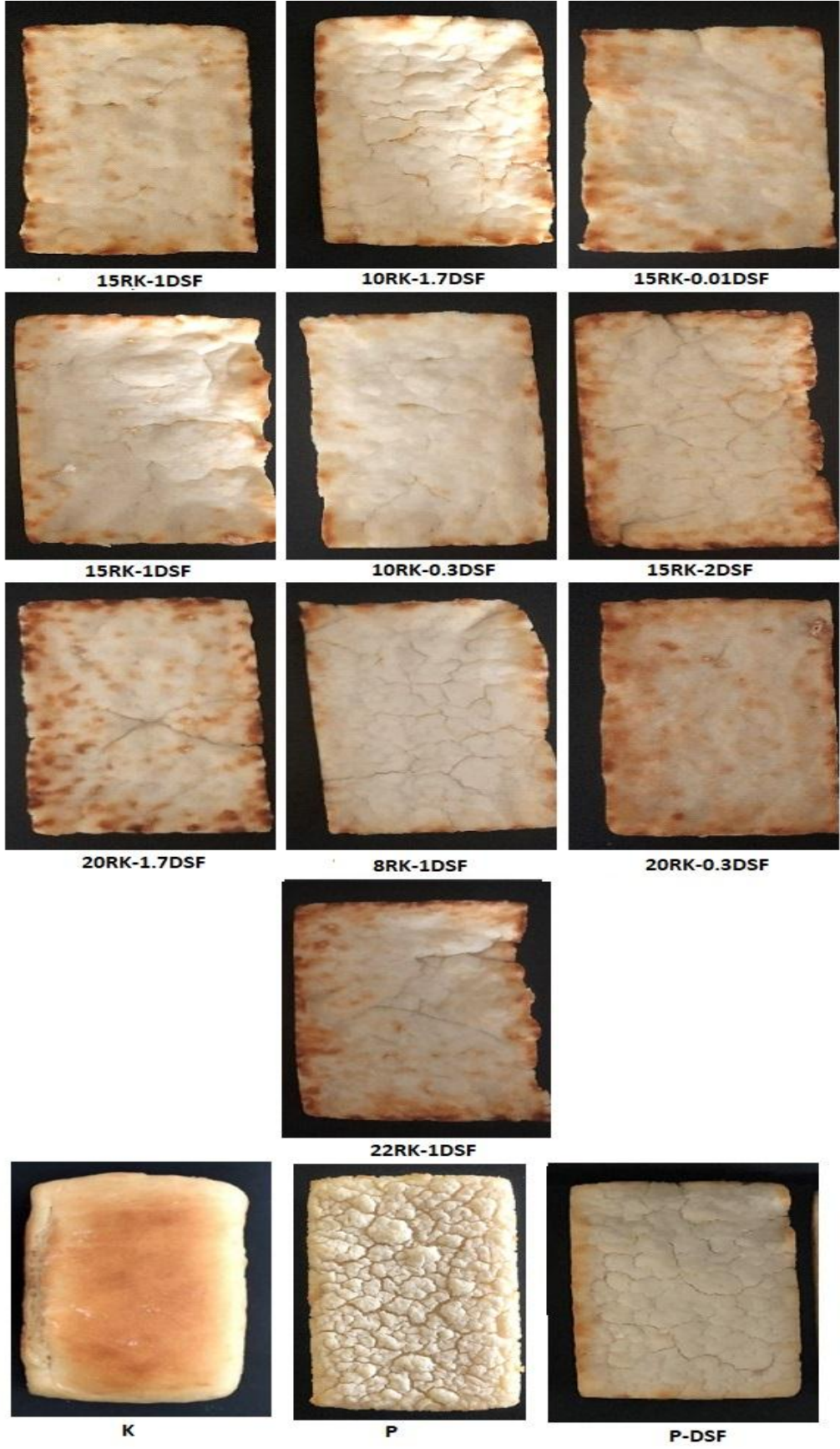
% 20 rennet kazein, %1.77 DSF emülsifiye edici tuzu içeren ekmek en yüksek 3747.7 g elastikiyet değerine sahip bulunmuşken, % 22.07 rennet kazein, %1 SHMF emülsifiye edici tuzu içeren ekmek en düşük 789.6 g elastikiyet değerine sahip olduğunu gözlemlenmiştir. Buğday unundan üretilen kontrol ekmeğin elastikiyet değeri 411.3 g iken, karşılaştırma amacıyla üretilen pirinç unundan yapılan ekmeğin elastikiyet değeri 654.5 g, pirinç unu ve rennet kazein içeren ekmeğin elastikiyet değeri 989.9 g, pirinç unu ve %1 TSPF içeren ekmeğin elastikiyet değeri 1516.1 g, pirinç unu ve %1 DSF içeren ekmeğin elastikiyet değeri 1352.6 g, pirinç unu ve %1 SAPF içeren ekmeğin elastikiyet değeri 1142.6 g, pirinç unu ve %1 SHMF içeren ekmeğin elastikiyet değeri ise 1340.5 g olarak bulunmuştur.

Glutensiz ekmeklerin en düşük 31.9 mJ çiğnenebilirlik değerine sahip %1 SHMF ve %22.07 rennet kazein içeren ekmekler iken, en yüksek 181.6 mJ çiğnenebilirlik değerine sahip %1.7 DSF ve %20 rennet kazein içeren ekmekler bulunmuştur. Buğday unundan üretilen kontrol ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 18.8 mJ iken, karşılaştırma amacıyla üretilen pirinç unundan yapılan ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 29.5 mJ, pirinç unu ve rennet kazein içeren ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 47.5 mJ, pirinç unu ve %1 TSPF içeren ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 73.9 mJ, pirinç unu ve %1 DSF içeren ekmeğin çiğnenebilirlik değeri 63.8 mJ, pirinç unu ve %1 SAPF içeren ekmeğin

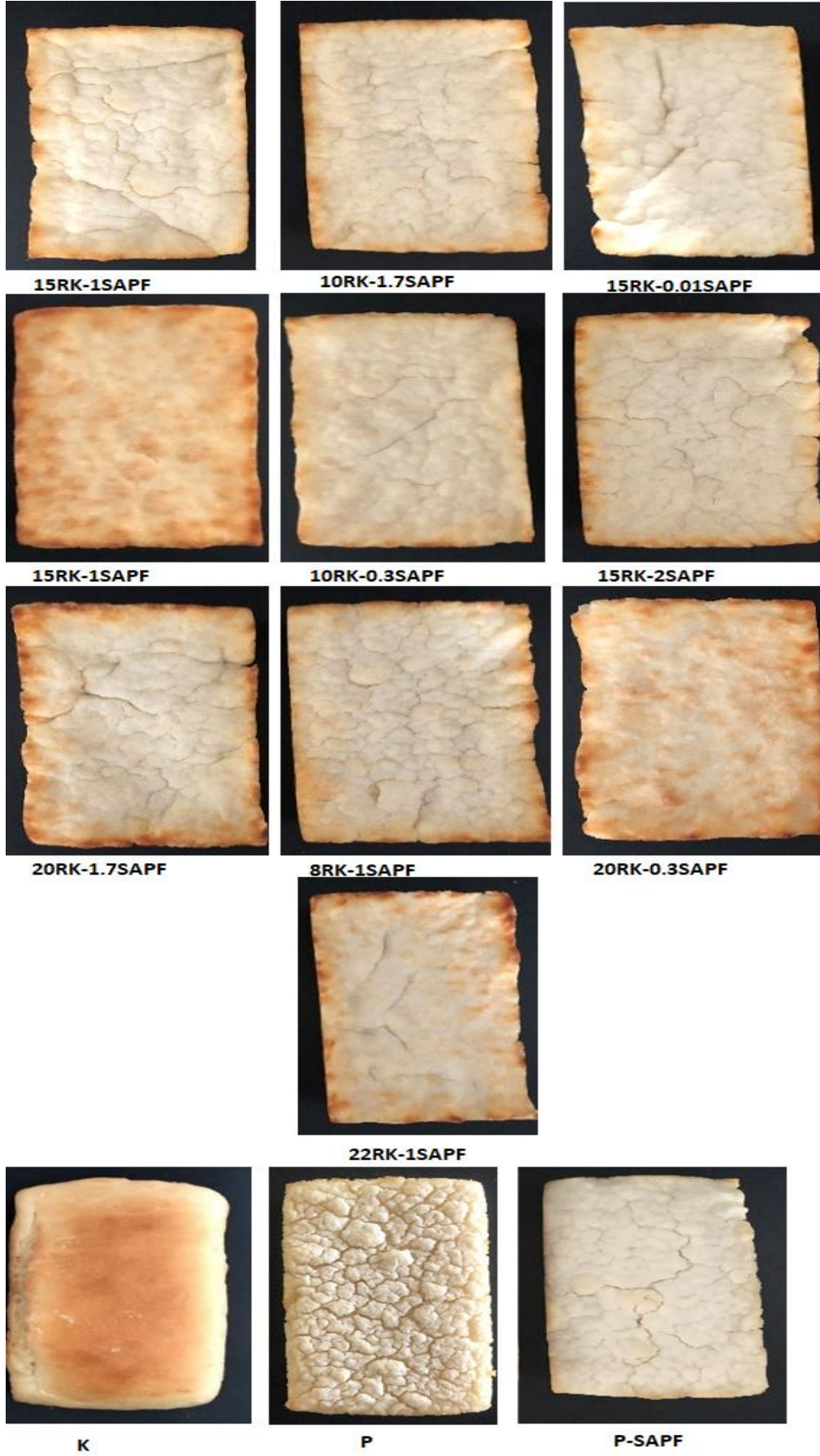
çignenebilirlik değeri 55.8 mJ, pirinç unu ve %1 SHMF içeren ekmeğin çignenebilirlik değeri ise 63.7 mJ olarak bulunmuştur.



Şekil 4.1. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.



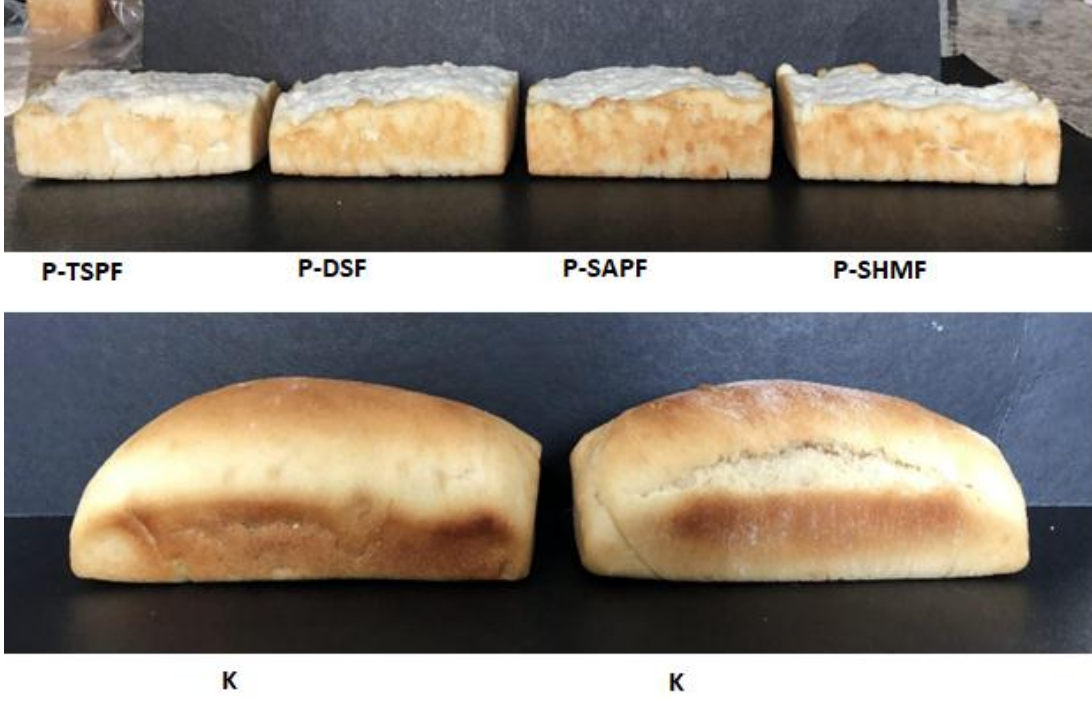
Şekil 4.2. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.



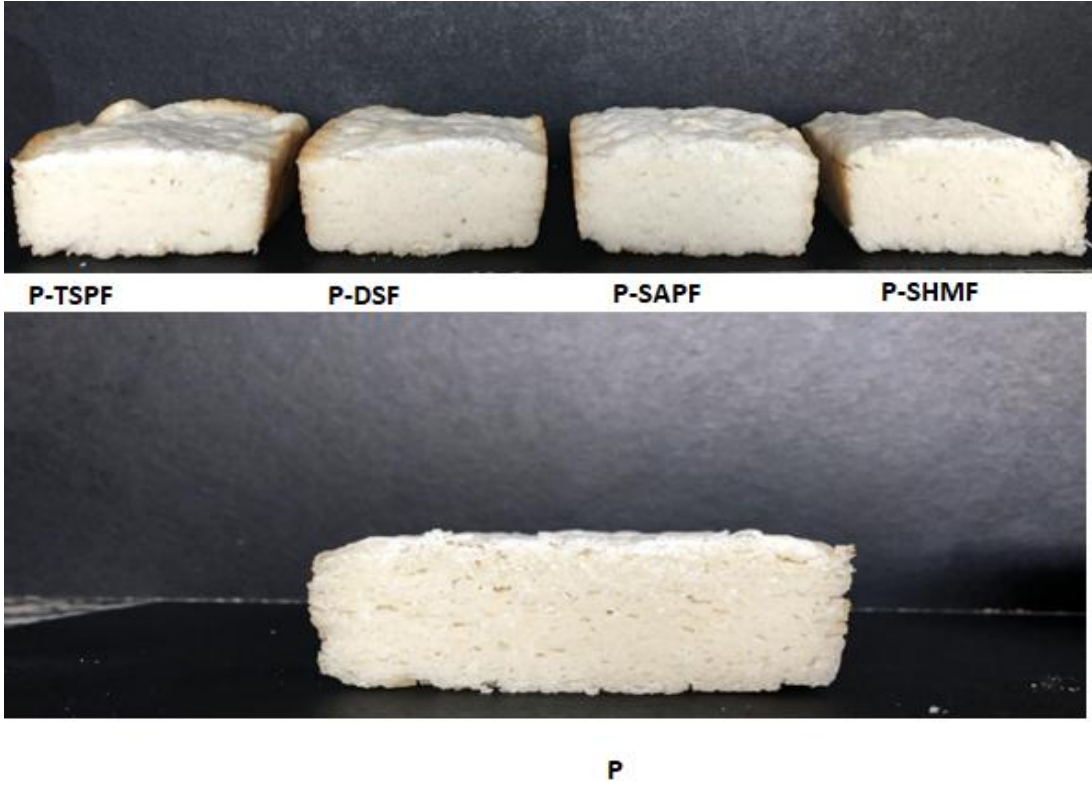
Şekil 4.3. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.



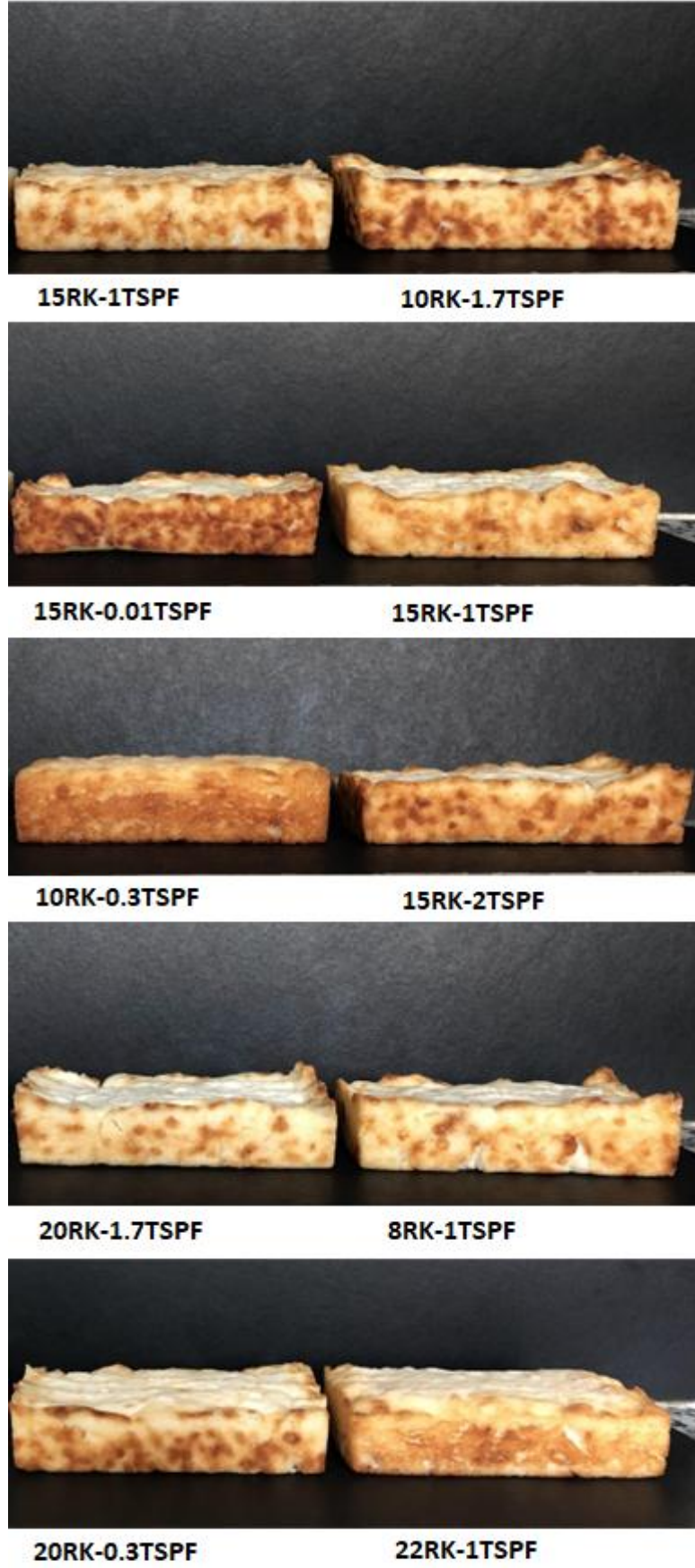
Şekil 4.4. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin üstten görünümü.



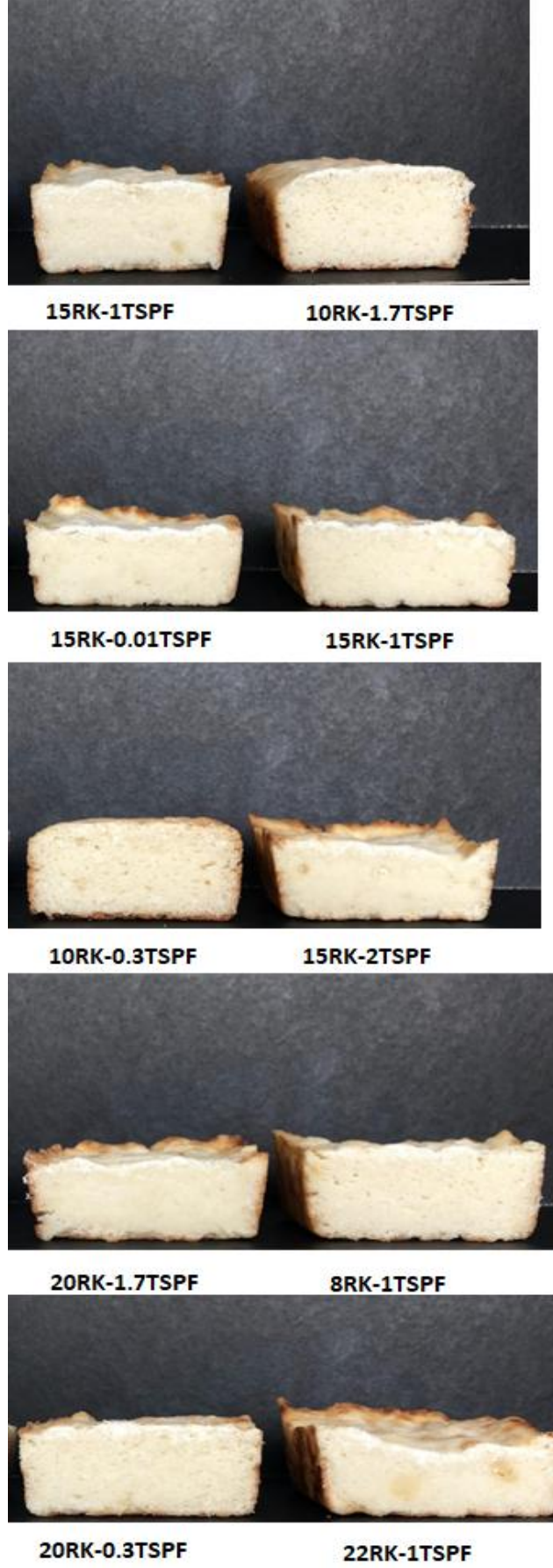
Şekil 4.5. Kontrol ve karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerin yandan görünümü.



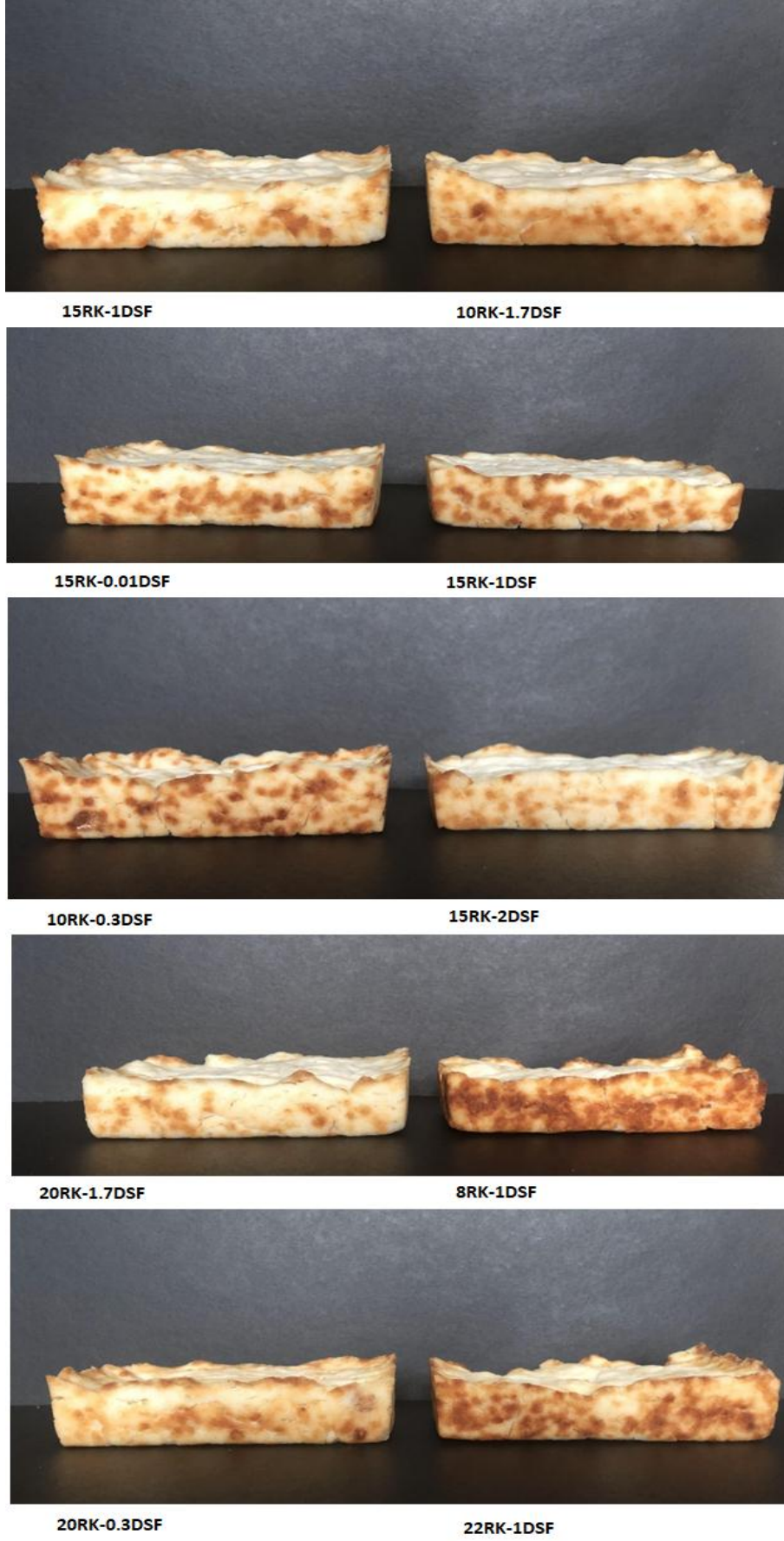
Şekil 4.6. Karşılaştırma amacıyla üretilen ekmeklerin iç kesit görünümü.



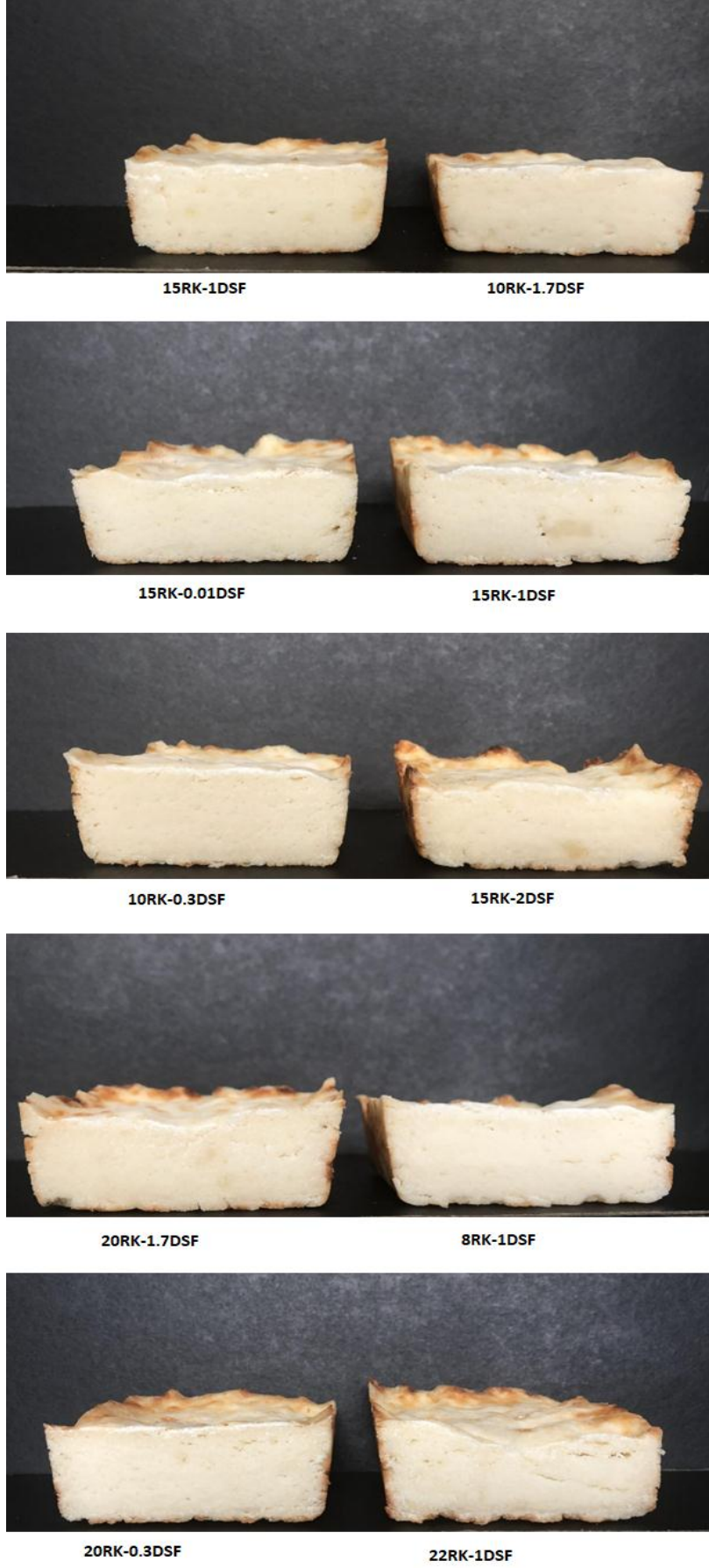
Şekil 4.7. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.



Şekil 4.8. TSPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.



Şekil 4.9. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.



Şekil 4.10. DSF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.



15RK-1SAPF

10RK-1.7SAPF



15RK-0.01SAPF

15RK-1SAPF



10RK-0.3SAPF

15RK-2SAPF



20RK-1.7SAPF

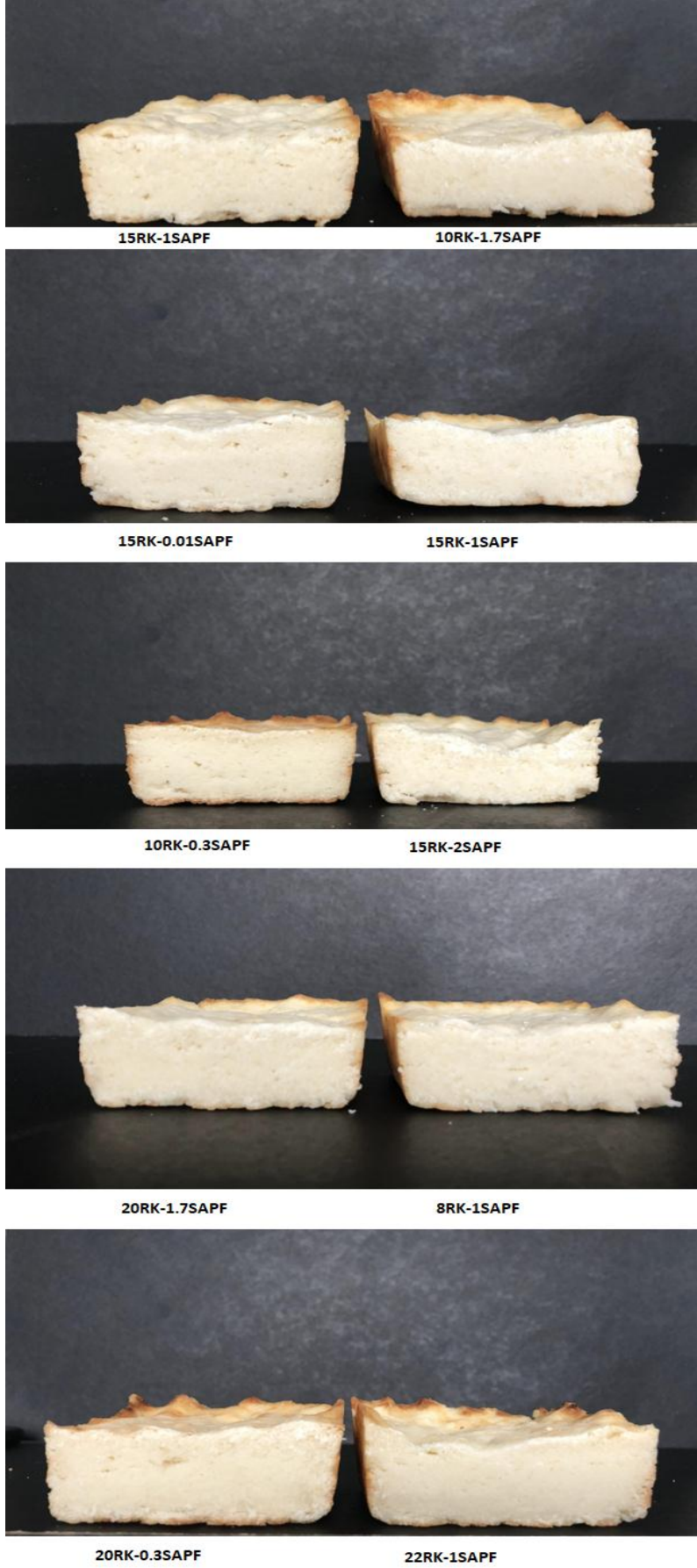
8RK-1SAPF



20RK-0.3SAPF

22RK-1SAPF

Şekil 4.11. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.



Şekil 4.12. SAPF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.



15RK-1SHMF

10RK-1.7SHMF



15RK-0.01SHMF

15RK-1SHMF



10RK-0.3SHMF

15RK-2SHMF



20RK-1.7SHMF

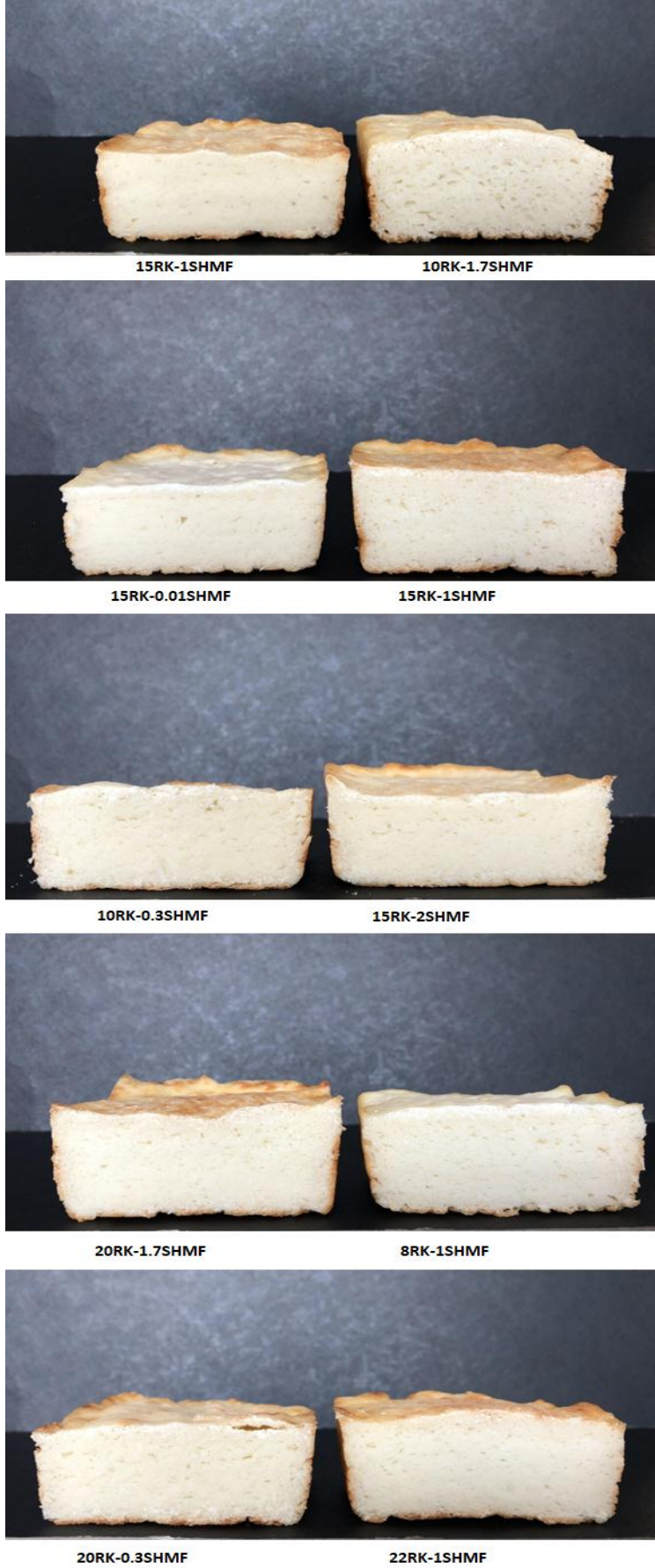
8RK-1SHMF



20RK-0.3SHMF

22RK-1SHMF

Şekil 4.13. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin yandan görünümü.



Şekil 4.14. SHMF ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç kesit görünümü.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Rennet kazein ve emülsifiye edici tuzları kullanarak üretilen ekmeklerde fiziksel, kimyasal, tekstürel ve renk özellikleri incelenmiş ve %0.3 SHMF, %20 rennet kazein ve %1 SHMF, %22 rennet kazein kombinasyonların glutensiz ekmek üretiminde kullanılabileceği hipotezimizi araştırma bulgularımızın karşıladığı görülmüştür. Sonuç olarak ekmeğin tekstürü, renk ve pirinç unundan üretilen ekmeğe göre iyileştirilmiş olup, buğday unundan elde edilen ekmeğin özelliklerine yaklaşmıştır. Yaptığımız çalışmayla glutensiz ekmek fomulasyonlarında rennet kazein ve emülsifiye edici tuzlar kullanılarak ekmeğin kalitesinin önemli ölçüde artırabileceği ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

- AACC 2000. International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-09.01. Basic Straight-Dough Bread-Baking Method Long Fermentation. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
- AACC 2000. International. Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 10-05.01. Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.
- Abbasi, H., Mahdi, S., Ardabili, S., Emam-Djomeh, Z., Mohammadifar, M. A., Zekri, M., & Aghagholizadeh, R. (2012). Prediction of extensograph properties of wheat-flour dough: Artificial neural networks and a genetic algorithm approach. *Journal of Texture Studies*, 43(4), 326-337. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00342.x>
- Abbasi, H., Mahdi, S., Ardabili, S., Mohammadifar, M. A., & Emam-Djomeh, Z. (2015). Comparison of trial and error and genetic algorithm in neural network development for estimating farinograph properties of wheat-flour dough. *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(3), 29–38.
- Andreola, F., Castellini, E., Manfredini, T., & Romagnoli, M. (2004). The role of sodium hexametaphosphate in the dissolution process of kaolinite and kaolin. *Journal of the European Ceramic Society*, 24(7), 2113–2124. [https://doi.org/10.1016/S0955-2219\(03\)00366-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2219(03)00366-2)
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği. Tebliğ No: 2017/23, Mevzuat Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Gluten İntoleransı Olan Bireylere Uygun Gıdalar Tebliği. Tebliğ No: 2012/4, Mevzuat Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Aprodu, I., Alexandra Badiu, E., & Banu, I. (2016). Influence of protein and water addition on gluten-free dough properties and bread quality. *International Journal of Food Engineering*, 12(4), 355–363. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2015-0308>
- Araki, E., Ikeda, T. M., Ashida, K., Takata, K., Yanaka, M., & Iida, S. (2009). Effects of rice flour properties on specific loaf volume of one-loaf bread made from rice flour with wheat vital gluten. *Food Science and Technology Research*, 15(4), 439–448. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.439>
- Arendt, E. K., & Bello, F. D. (2008). Functional cereal products for those with gluten intolerance. İçinde B.R.Hamaker (Ed.), *Technology of functional cereal products* (ss. 446-475). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693886.2.446>

- Arendt, E. K., Morrissey, A., Michelle, M., & Bello, F. D. (2008). Gluten-free breads. İçinde E.K. Arendt, & F.D.Bello (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (1.baskı, ss. 289–319). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373739-7.50015-0>
- Avcı, A., Angın, D., Sıçramaz, H., & Akçay, F.A. (2021). Gıda Mühendisliği Bölümü, Analitik Kimya Laboratuvar Kılavuzu. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/9462156-Analitik-kimya-laboratuvar-kilavuzu.html>
- Avcı, A., Angın, D., Sıçramaz, H., & Cerit, İ. (2021). Gıda Mühendisliği Bölümü, Gıda Analizleri Laboratuvar Notları.
- Aziz, I., Evans, K. E., Papageorgiou, V., & Sanders, D. S. (2011). Are patients with coeliac disease seeking alternative therapies to a gluten-free diet? *J Gastrointestin Liver Dis.*, 20(1), 27–31.
- Ballesteros López, A. C., Guimarães Pereira, A. J., & Junqueira, R. G. (2004). Flour mixture of rice flour, corn and cassava starch in the production of gluten-free white bread. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(1), 63–70. <https://doi.org/10.1590/s1516-89132004000100009>
- Banu, I., Simitaru, I. V., Barbu, V., & Iancu, C. (2011). The effect of some technological factors on the rye sourdough bread. *Chem. Chem. Eng. Biotechnol. Food Ind.*, 12(2), 197–202.
- Belton, P. S. (1999). Mini Review on the elasticity of wheat gluten. *Journal of Cereal Science*, 29(2), 103–107. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1998.0227>
- Bender, D., & Schönlechner, R. (2020). Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 91, 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102904>
- Bice, C.W., & Geddes, W.F. (1949). Studies on Bread Staling. □□. Evaluations of Methods for the Measurements of Changes Which Occur During Bread Staling. *Cereal Chemistry*, 16, 440-465.
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten?. *Journal of gastroenterology and hepatology*, 32, 78-81. <https://doi.org/10.1111/jgh.13703>
- Brodie, J., & Godber, J. (2007). Bakery processes, chemical leavening agents. In *Kirk-othmer encyclopedia of chemical technology*. John Wiley & Sons Inc.
- Caio, G., Volta, U., Sapone, A., Leffler, D. A., Giorgio, R. De, Catassi, C., & Fasano, A. (2019). Celiac disease : a comprehensive current review. *BMC Medicine*, 17, 1–20.
- Cappelli, A., Oliva, N., & Cini, E. (2020). A systematic review of gluten-free dough and bread: Dough rheology, bread characteristics, and improvement strategies. *Applied Sciences*, 10, 6559. <https://doi.org/10.3390/APP10186559>
- Carić, M., & Kaláb, M. (1993). Processed cheese products. İçinde P.F.Fox (Ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (2.baskı, ss. 467-505). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2648-3_15
- Catassi, C., & Fasano, A. (2008). Celiac disease. İçinde E.K. Arendt, & F.D.Bello (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (1.baskı, ss. 1-27). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50003-4>

- Cauvain, S. P. (1998). Bread – the product. İçinde S.P. Cauvain, & L.S. Young (Eds.), *Technology of Breadmaking* (ss. 1-19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2199-0_1
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (1998). Other cereals in breadmaking. İçinde S.P. Cauvain, & L.S. Young (Eds.), *Technology of Breadmaking* (ss. 330-346). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2199-0_13
- Ciacci, C., & Mazzacca, G. (2002). Long-term follow-up of celiac adults on gluten-free diet : Prevalence and correlates of intestinal damage. *Digestion*, *66*(3), 178–185. <https://doi.org/10.1159/000066757>
- Ciclitira, P. J., Ellis, H. J., & Lundin, K. E. A. (2005). Gluten-free diet - What is toxic? Best Practice and Research: *Clinical Gastroenterology*, *19*, 359–371. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2005.01.003>
- Collin, P., & Mäki, M. (1994). Associated Disorders in Coeliac Disease : Clinical Aspects. *Scand J Gastroenterol*, *29*(9), 769-75.
- Crockett, R., Ie, P., & Vodovotz, Y. (2011). Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chemistry*, *129*(1), 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.030>
- De Ambrogio, E., Di Fede, G., Iacono, G., & Pogna, N. (2011). Searching for wheat plants with low toxicity in celiac disease: Between direct toxicity and immunologic activation. *Digestive and Liver Disease*, *43*(1), 34–39. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2010.05.005>
- Demiralp, H., (1997). Bazı Ekmek Katkı Maddelerinin Gluten Fraksiyonlarındaki Protein-lipid Kompleksi Üzerine Etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi
- Dicke, W. K., Weijers, H. A., & Van De Kamer, J. H. (1953). Coeliac disease II. The presence in wheat of a factor having a deleterious effect in cases of coeliac disease. *British Medical Journal*, *42*, 34–42. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.4784.605>
- Dizlek, H. (2013). Gluten Kompleksinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. *Akademik Gıda*, *11*(1), 102–106.
- Elgeti, D., Nordlohne, S. D., Föste, M., Besl, M., Linden, M. H., Heinz, V., Jekle, M., & Becker, T. (2014). Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. *Journal of Cereal Science*, *59*(1), 41–47. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.10.010>
- Elli, L., Rossi, V., Conte, D., Ronchi, A., Tomba, C., Passoni, M., Bardella, MT., Roncoroni, L., & Guzzi, G. (2015). Increased Mercury Levels in Patients with Celiac Disease following a Gluten-Free Regimen. *Gastroenterol Res Pract.*, *2015*, 953042. <https://doi.org/10.1155/2015/953042>
- Farrel, R. J., & Kelly, C. P. (2002). Celiac Sprue. *N Engl J Med.*, *346*(3), 180–8.
- Feighery, C. (1999). Coeliac disease. *BMJ*, *319* (7204), 236-239. <https://doi.org/10.1136/bmj.319.7204.236>
- Ferguson, A., Arranz, E., & O'Mahony, S. (1993). Clinical and pathological spectrum of coeliac disease - active, silent, latent, potential. *Gut*, *34*(2), 150–151. <https://doi.org/10.1136/gut.34.2.150>

- Flora Nakli (2022, 26 Ağustos). Celiac Disease and Flora Disorder. <https://floranakli.com/en/ceeliac-disease-and-flora-disorder/>
- Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2016). Nutritional therapy – Facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. *International Journal of Food Microbiology*, 239, 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.06.014>
- Fox, P. F. (2003). Milk Proteins: General and Historical Aspects. İçinde P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (3. baskı, ss. 1-48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_1
- Fox, P. F., & Mulvihill, D. M. (1990). Casein. İçinde P. Harris (Ed.), *Food Gels* (ss. 121-173). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-009-0755-3_4
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H. (2017). Processed cheese and substitute or imitation cheese products. *Fundamentals of Cheese Science* (2. Baskı, ss. 589-627) içinde. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_17
- Frisoni, M., Corazza, G. R., Lafiandra, D., De Ambrogio, E., Filipponi, C., Bonvicini, F., Borasio, E., Porceddu, E., & Gasbarrini, G. (1995). Wheat deficient in gliadins: Promising tool for treatment of coeliac disease. *Gut*, 36(3), 375–378. <https://doi.org/10.1136/gut.36.3.375>
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004a). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 153–161. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00244-3)
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004b). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(3–4), 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.012>
- Gallagher, E., Polenghi, O., Gormley, T. R. (2002). Improving the Quality of Gluten-Free Breads. *Farm and Food*, 12, 8-13.
- Grant, C., Hulthe, S., Midhagen, G., Stro, M., Hallert, C., Gra, C., Svensson, H., Valdimarsson, T., Wickstro, T., Centre, C., Symptom, G., Scale, R., Hallert, C., & Centre, C. (1998). Quality of Life of Adult Coeliac Patients Treated for 10 Years. *Scand J Gastroenterol*, 33, 933–938. <https://doi.org/10.1080/003655298750026949>
- Green, P. H. R., & Cellier, C. (2007). Celiac Disease. *N Engl J Med.*, 357(17), 1731–1743.
- Green, P. H. R., Stavropoulos, S. N., Panagi, S. G., Goldstein, S. L., McMahon, D. J., Absan, H., & Neugut, A. I. (2001). Characteristics of adult celiac disease in the USA: Results of a national survey. *American Journal of Gastroenterology*, 96(1), 126–131. [https://doi.org/10.1016/S0002-9270\(00\)02255-3](https://doi.org/10.1016/S0002-9270(00)02255-3)
- Greenwood, N. N., & Earnshaw, A. (1997). Phosphorus. *Chemistry of the Elements* (2. Baskı, ss. 473–546) içinde. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-3365-9.50018-3>
- Grefte, M., Bouman, J. G., Grond, J., Jansen, W., & Kleibeuker, J. H. (1988). Slow and incomplete histological and functional recovery in adult gluten sensitive enteropathy. *J Clin Pathol.*, 41(8), 886–891. <http://dx.doi.org/10.1136/jcp.41.8.886>

- Gujral, H. S., & Rosell, C. M. (2004). Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 39(2), 225-230. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2003.10.004>
- Gujral, H. S., & Rosell, C. M. (2004). Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International*, 37(1), 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.08.001>
- Gujral, H. S., Guardiola, Í., Carbonell, J. V., & Rosell, C. M. (2003). Effect of Cyclodextrinase on Dough Rheology and Bread Quality from Rice Flour. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 3814–3818.
- Gujral, N., Freeman, H. J., & Thomson, A. B. R. (2012). Celiac disease : Prevalence , diagnosis , pathogenesis and treatment. *World J Gastroenterol*, 18(42), 6036–6059. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i42.6036>
- Gusmão, T. A. S., de Gusmão, R. P., Moura, H. V., Silva, H. A., Cavalcanti-Mata, M. E. R. M., & Duarte, M. E. M. (2019). Production of prebiotic gluten-free bread with red rice flour and different microbial transglutaminase concentrations: modeling, sensory and multivariate data analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 56(6), 2949–2958. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03769-8>
- Hatipoğlu, S., (2016). Patates Unu ve Gam İlavesinin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi
- Hayıt, F. (2018). Çölyak Hastalarına Yönelik Kısmi Pişirilerek Dondurma Yöntemi ile Glutensiz Ekmek Üretimi ve Kalitesinin Araştırılması [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi
- Hellman, N. N., Fairchild, B., & Senti, F. R. (1954). The bread staling problem-molecular organization of starch upon aging of concentrated starch gels at various moisture levels. *Cereal Chemistry*, 31(6), 495-505.
- Holt, C., & Sawyer, L. (1993). Caseins as rheomorphic proteins: interpretation of primary and secondary structures of the α_{S1} -, β -and κ -caseins. *Journal of the Chemical Society Faraday Transactions*, 89(15), 2683-2692.
- 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(2), 195–208. <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1720-0>
- Kagnoff, M. F. (2005). Overview and pathogenesis of celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S10-S18. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.02.008>
- Karagül-Yüceer, Y., Vlahovich, K. N., Drake, M., & Cadwallader, K. R. (2003). Characteristic Aroma Components of Rennet Casein. *J Agric Food Chem.*, 51(23), 6797–6801. <https://doi.org/10.1021/jf0345806>
- Karahadian, C., & Lindsay, R. C. (1984). Flavor and Textural Properties of Reduced-Sodium Process American Cheeses. *Journal of dairy science*, 67(9), 1892–1904. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81522-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81522-2)
- Katz, J. R. (1928). Gelatinization and Retrogradation of Starch in Relation the Problem of Bread Staling. İçinde R.P. Walton (Ed.), *A comprehensive survey of starch chemistry* (1.baskı, ss. 100-117). Chemical Catalog Company.

- Kawamura-Konishi, Y., Shoda, K., Koga, H., & Honda, Y. (2013). Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment. *Journal of Cereal Science*, 58(1), 45–50. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.02.010>
- Kemppainen, T., Kröger, H., Janatuinen, E., Arnala, I., Kosma, V.M., Pikkarainen, P., Julkunen, R., Jurvelin J, Alhava E, Uusitupa M. (1999). Osteoporosis in Adult Patients With Celiac Disease. *Bone*, 24(3), 249-255. [https://doi.org/10.1016/S8756-3282\(98\)00178-1](https://doi.org/10.1016/S8756-3282(98)00178-1)
- Khan, K., & Bushuk, W. (1979). Structure of Wheat Gluten in Relation To Functionality in Breadmaking. İçinde A. Pour El (Ed.), *Functionality and Protein Structure*(ss.191–206).ACS Symposium Series. <https://doi.org/10.1021/bk-1979-0092.ch010>
- Kim, M. H. (2013). Review on Rice Flour Manufacturing and Utilization. *Journal of Biosystems Engineering*, 38(2), 103–112. <https://doi.org/10.5307/jbe.2013.38.2.103>
- Krupa-Kozak, U., Baczek, N., & Rosell, C. M. (2013). Application of dairy proteins as technological and nutritional improvers of calcium-supplemented gluten-free bread. *Nutrients*, 5(11), 4503–4520. <https://doi.org/10.3390/nu5114503>
- Kupper, C. (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S121-S127. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2005.02.024>
- Lerner, A., & Matthias, T. (2015). Possible association between celiac disease and bacterial transglutaminase in food processing: a hypothesis. *Nutrition Reviews*, 73(8), 544–552. <https://doi.org/10.1093/NUTRIT/NUV011>
- Lu, Y., Shirashoji, N., & Lucey, J. A. (2008). Effects of pH on the textural properties and meltability of pasteurized process cheese made with different types of emulsifying salts. *Journal of Food Science*, 73(8). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00914.x>
- Lucas, I., Becker, T., & Jekle, M. (2018). Gluten polymer networks-A microstructural classification in complex systems. *Polymers*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/polym10060617>
- Lucey, J. A., Maurer-Rothmann, A., & Kaliappan, S. (2011). Functionality of Ingredients: Emulsifying Salts. İçinde A.Y. Tamime (Ed.), *Processed Cheese and Analogues* (ss.110-129). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781444341850.ch4>
- Ludvigsson, J. F., & Green, P. H. (2011). Clinical management of coeliac disease. *Journal of internal medicine*, 269(6), 560-571. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.2011.02379.x>
- Maloney, D. H., & Foy, J. J. (2003). Yeast Fermentations. İçinde K. Kulp, & K. Lorenz (Eds.), *Handbook of Dough Fermentation* (1. baskı, ss.47-66). CRC Press.
- Mancebo, C. M., Merino, C., Martínez, M. M., & Gómez, M. (2015). Mixture design of rice flour, maize starch and wheat starch for optimization of gluten free bread quality. *J Food Sci Technol.*, 52(10),6323–6333. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1769-4>

- Matos, M. E., & Rosell, C. M. (2015). Understanding gluten-free dough for reaching breads with physical quality and nutritional balance. *J Sci Food Agric.*, 95(4), 653-61. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6732>
- McCullough, J. F., Wazer, J. R. V. A. N., & Griffith, E. J. (1956). Structure and Properties of the Condensed Phosphates. XI. Hydrolytic Degradation of Graham's Salt. *Journal of the American Chemical Society*, 78(3), 4528–4533. <https://doi.org/10.1021/ja01599a006>
- Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., & De Lamballerie, M. (2009). Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. *Journal of Food Science*, 74(3), 140–146. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01096.x>
- Mizuno, R., & Lucey, J. A. (2007). Properties of Milk Protein Gels Formed by Phosphates. *Journal of Dairy Science*, 90(10), 4524–4531. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0229>
- Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2012). Dough rheology and bread quality of wheat–chickpea flour blends. *Industrial Crops and Products*, 36(1), 196-202. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.09.006>
- Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., & Arendt, E. K. (2006). Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal chemistry*, 83(1), 28-36. <http://dx.doi.org/10.1094/CC-83-0028>
- Murray, J. A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. *American Society for Clinical Nutrition*, 69, 65–354.
- Niewinski, M. M. (2008). Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4), 661–672. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.01.011>
- Ooms, N., & Delcour, J. A. (2019). How to impact gluten protein network formation during wheat flour dough making. *Current Opinion in Food Science*, 25, 88–97. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.04.001>
- Özüğür, G., & Hayta, M. (2011). Tahıl esaslı glutensiz ürünlerin besinsel ve teknolojik özelliklerinin iyileştirilmesi. *Gıda*, 36(5), 287-294.
- Parzanese, I., Qehajaj, D., Patrinoicola, F., Aralica, M., Chiriva-Internati, M., Stifter, S., Elli, L., & Grizzi, F. (2017). Celiac disease: From pathophysiology to treatment. *World journal of gastrointestinal pathophysiology*, 8(2), 27.
- Pellegrini, N., & Agostoni, C. (2015). Nutritional aspects of gluten-free products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(12), 2380-2385. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7101>
- Perry, D.L. (2011). *Handbook of Inorganic Compounds* (2. baskı). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10908>
- Phimolsiripol, Y., Mukprasirt, A., & Schoenlechner, R. (2012). Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 389–395. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.06.001>

- Poitrenaud, B. (2004). Baker's Yeast. İçinde Y.H. Hui, L.M. Goddik, A.S. Hansen, J. Josephsen, W. Nip, P.S Stanfield, & F. Toldra (Eds.), *Handbook of food and beverage fermentation technology* (1. baskı, ss. 800-831). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203913550>
- Recai, E., & Hazım, Ö. (1985). Ekmeğin Bayatlaması. *Gıda Teknolojisi Dergisi*, 10 (6), 335-340.
- Ren, Y., Linter, B. R., Linforth, R., & Foster, T. J. (2020). A comprehensive investigation of gluten free bread dough rheology, proving and baking performance and bread qualities by response surface design and principal component analysis. *Food & function*, 11(6), 5333-5345. <https://doi.org/10.1039/D0FO00115E>
- Renzetti, S., Courtin, C. M., Delcour, J. A., & Arendt, E. K. (2010). Oxidative and proteolytic enzyme preparations as promising improvers for oat bread formulations: Rheological, biochemical and microstructural background. *Food Chemistry*, 119(4), 1465–1473. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.028>
- Rollema, H.S., & Muir, D.D. (2009). Casein and Related Products. İçinde A.Y. Tamime (Ed.), *Dairy Powders and Concentrated Products* (ss. 235-254). Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781444322729.ch6>
- Roman, L., Belorio, M., & Gomez, M. (2019). Gluten-Free Breads: The Gap Between Research and Commercial Reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 690–702. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12437>
- Rosell, C. M., & Marco, C. (2008). Rice. İçinde E.K. Arendt, & F.D. Bello (Eds.), *Gluten-free cereal products and beverages* (ss. 81–100). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50006-X>
- Rosell, C. M., Collar, C., & Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21(3), 452–462. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.05.004>
- Sanz, Y., Palma, G. D., & Laparra, M. (2011). Unraveling the ties between celiac disease and intestinal microbiota. *International reviews of immunology*, 30(4), 207-218. <https://doi.org/10.3109/08830185.2011.599084>
- Sapone, A., Bai, J. C., Ciacci, C., Dolinsek, J., Green, P. H., Hadjivassiliou, M., Kaukinen, K., Rostami, K., Sanders, D. S., Schumann, M., Ullrich, R., Villalta, D., Volta, U., Catassi, C., Fasano, A. (2012). Spectrum of gluten-related disorders: consensus on new nomenclature and classification. *BMC medicine*, 10(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-13>
- Schmidt, D.G. (1982). Association of caseins and casein micelle structure. İçinde P.F. Fox (Eds.), *Developments in Dairy Chemistry* (1. baskı, ss.61-85). Applied Science Publishers.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., & Arendt, E. K. (2005). Gluten-free bread from sorghum: Quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, 82(4), 394–404. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0394>
- Schrödter, K., Bettermann, G., Staffel, T., Wahl, F., Klein, T., Hofmann, T. (2008). Phosphoric acid and phosphates. *Ullmann's Encycl. Ind.Chem.*, 26, 679–724.

- Shewry, P. R., Halford, N. G., Belton, P. S., & Tatham, A. S. (2002). The structure and properties of gluten: An elastic protein from wheat grain. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 357(1418), 133–142. <https://doi.org/10.1098/rstb.2001.1024>
- Shewry, P. R., Tatham, A. S., Forde, J., Kreis, M., & Mifflin, B. J. (1986). The classification and nomenclature of wheat gluten proteins: a reassessment. *Journal of cereal science*, 4(2), 97-106. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(86\)80012-1](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(86)80012-1)
- Shin, M., Gang, D. O., & Song, J. Y. (2010). Effects of protein and transglutaminase on the preparation of Gluten-free rice bread. *Food Science and Biotechnology*, 19(4), 951–956. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0133-8>
- Šmídová, Z., & Rysová, J. (2022). Gluten Free Bread and Baking Technology. *Foods*, 11(3), 480. <https://doi.org/10.3390/foods11030480>
- Storck, C. R., da Rosa Zavareze, E., Gularte, M. A., Elias, M. C., Rosell, C. M., & Dias, A. R. G. (2013). Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. *LWT-Food Science and Technology*, 53(1), 346-354. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.005>
- Swaigood, H. E. (2003). Chemistry of the caseins. İçinde P. F. Fox, & P. L. H. Sweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry* (3. baskı, ss. 139–201). Springer.
- Talbot-Walsh, G., & Selomulya, C. (2021). The effect of rennet casein hydration on gel strength and matrix stability of block-type processed cheese. *Food Structure*, 28, 100174. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2020.100174>
- Tamime, A.Y. (2011). Processed Cheese and Analogues: An Overview. İçinde A.Y. Tamime (Ed.), *Processed Cheese and Analogues* (ss.1-14). Blackwell Publishing.
- Theethira, T. G., & Dennis, M. (2015). Celiac disease and the gluten-free diet: Consequences and recommendations for improvement. *Digestive Diseases*, 33(2), 175–182. <https://doi.org/10.1159/000369504>
- Thompson, T. (2000). Folate, iron and dietetic fiber contents of the gluten-free diet. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 100(11), 1389–1396. [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(00\)00386-2](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(00)00386-2)
- Torbica, A., Hadnadev, M., & Dapčević, T. (2010). Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24, 626–632. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2010.03.004>
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., & Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.03.005>
- Türksoy, S., & Özkaya, B. (2006, Mayıs 24-26). Gluten ve Çölyak Hastalığı. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, Bolu, Türkiye.
- Ünver Alçay, A., & Ahmetoglu, F. (2020). Glütensiz Ekmek Üretim. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 135–148.
- Van Wazer, J. R. (1971). Chemistry of the phosphates and condensed phosphates. *Symposium: Phosphates in Food Processing*, University of Guelph, Ontario, Canada.

- Ventura, A., Magazzù, G., & Greco, L. (1999). Duration of exposure to gluten and risk for autoimmune disorders in patients with celiac disease. *Gastroenterology*, *117*(2), 297-303. <https://doi.org/10.1053/gast.1999.0029900297>
- Veraverbeke, W. S., & Delcour, J. A. (2002). Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *Critical reviews in food science and nutrition*, *42*(3), 179-208. <https://doi.org/10.1080/10408690290825510>
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, *24*(2), 115–119. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2006.07.004>
- Wieser, H. (2008). Detection of gluten. İçinde E. K. Arendt, & F. D. Bello (Eds.), *Gluten-Free Cereal Products and Beverages* (ss. 47–80). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50005-8>
- Wieser, H., & Koehler, P. (2008). The biochemical basis of celiac disease. *Cereal Chemistry*, *85*(1), 1-13. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-1-0001>
- Wild, C. P., & Gong, Y. Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*, *31*(1), 71-82. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264>
- Witczak, T., Juszczak, L., Ziobro, R., & Korus, J. (2017). Rheology of gluten-free dough and physical characteristics of bread with potato protein. *Journal of Food Process Engineering*, *40*(3), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12491>
- Ziobro, R., Juszczak, L., Witczak, M., & Korus, J. (2016). Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. *Journal of Food Science and Technology*, *53*(1), 571–580. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2043-5>

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Almire MORINA

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018, Sakarya Ünveristesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans** : 2020, Sakarya Ünveristesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2018-2020 Güneşoğlu Süt Gıda San. ve Tic. A.Ş., Üretim Mühendisi
- 2021-2022 Sakarya Üniversitesi, BAP (Proje No: 2021-7-24-86) projesinde Araştırmacı
- 2022-2022 Denmark Teknik Üniversitesi, Araştırmacı
- 2022- Devam Altınoğulları Gıda Tekstil Makina Paz. San. ve Tic. Ltd. Şti. Ar-Ge Mühendisi
- ICAFPFA 2022: XVI. International Conference on Advanced Food Processing and Food Additives, Paris- France, BEST PRESENTATION AWARD

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

DİĞER ESERLER: