T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

BAZI TAHILLARDAN ELDE EDİLEN MALT UNLARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ VE EKMEĞİN BİYOAKTİF VE FİZİKOKİMYASAL NİTELİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ECE DURMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

HAZİRAN - 2022
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Ece DURMUŞ tarafından hazırlanan "**Bazı Tahıllardan Elde Edilen Malt Unlarının Kalite Özellikleri Ve Ekmeğin Biyoaktif Ve Fizikokimyasal Nitelikleri Üzerine Etkileri**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **30.06.2022** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Yalçın COŞKUNER Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Osman GÜL Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü V. Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Ece DURMUŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI TAHILLARDAN ELDE EDİLEN MALT UNLARININ KALİTE ÖZELLİKLERİ VE EKMEĞİN BİYOAKTİF VE FİZİKOKİMYASAL NİTELİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

ECE DURMUŞ

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN: DOÇ. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

Maltlama işlemi tahılların kontrollü çimlenmesi, ardından bu doğal sürecin ısı uygulamasıyla sona erdirilmesidir. Temel olarak ıslatma, çimlendirme ve kurutma işlemlerinden oluşmaktadır. Birtakım minerallerin ve vitaminlerin biyoyararlanımında artış, antioksidan aktivitede artış, enzim inhibitörleri ve metal şelatlayıcı türler (fitatlar) gibi antinutrientlerde azalma çimlenmenin desteklediği besinsel yararlar arasındadır. Maltlama işlemi tahılların içeriğini değiştirirken, aynı zamanda gıda ürünlerinin lezzeti, tadı ve rengi gibi organoleptik özelliklerini de iyileştirmektedir. Bu nedenle günümüzde gıda formülasyonlarında malt ve ürünlerinin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Malt üretiminde arpaya muadil olarak hangi tahılın kullanılabileceği araştırılmıştır. Bu sebeple siyez mineral içeriği yüksek bir ata buğday olması ve ülkemizde üretiminin artması, tritikale tarımsal veriminin yüksek ve hastalıklara karşı dayanıklı olması, karabuğday rutin, kateşinler ve diğer polifenoller açısından zengin, yüksek antioksidan aktiviteye sahip olması nedenleriyle araştırmada kullanılmıştır. Bu tahılların maltlanıp, öğütülmesi sonucu elde edilen malt unlarının bazı kimyasal ve biyoaktif özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca ekmeklik buğday ununa farklı oranlarda (%0,75; 1,25; 2,5; 5; 7,5) malt unları ilave edilerek ekmek üretilmiştir. Kontrol ekmeği olarak %100 buğday unu ekmeği üretilmiştir. Üretilen ekmeklerin antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde içeriği gibi biyoaktif özellikleri, kalite özellikleri, *in vitro* kül sindirilebilirliği belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; tahıl unlarına göre malt unlarının düşme sayısı değeri ve fitik asit içeriğinde azalma, asitlik, toplam şeker içeriği, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinde artma gözlenmiştir. Malt unu ilavesinin ekmeklerde pişme kaybı, kabuk kalınlığı, asitlik, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde içeriği, kül sindirilebilirliğini artırdığı belirlenmiştir. Renk değerleri üzerinde ise L^* parlaklık değerlerinde azalma, a^* ve b^* değerlerinde ise artmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet kaybettiği gözlenmiştir. Tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin malt unu kullanım oranının artmasıyla RK_1 değerlerinin arttığı saptanmıştır. Ekmeklerin en yüksek rutubet kayıplarının 2. ve 6. günlerde olduğu tespit edilmiştir. Duyusal analiz verilerine ait temel bileşen analizi (TBA) sonucuna göre lezzet, tatlılık, tuzluluk ve genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanı %2,5; 5 ve 7,5 tritikale maltı katkılı ekmekler almıştır. Bu çalışma ile arpa, siyez ve tritikale malt unlarının başta ekmek olmak üzere unlu mamullerin üretiminde farklı oranlarda kullanılabileceği tespit edilmiştir. Karabuğday malt unu katkısının ekmeğin rengini olumsuz etkilemesi, lezzeti iyileştirmemesi ve genel kabul edilebilir ekmek kalite özelliklerini karşılamaması nedeniyle ekmek üretimine uygun olmadığı belirlenmiştir. Diğer tahıllara oranla yüksek toplam fenolik madde içeriğine

ve antioksidan aktiviteye sahip olan karabuğday unu ve malt unun kraker, çörek vb. yapımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Maltlamanın biyoaktif nitelikleri (antioksidan aktivite, fenolik madde içeriği) artırması, fitik asit içeriğini azaltarak mineral biyoyararlanımı artırması, organoleptik özellikleri (lezzet, tat) iyileştirmesi nedeniyle malt ve ürünlerinin gıda formülasyonlarına daha çok dahil edilmesi önerilmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Malt, Maltlama, Çimlendirme, Arpa, Siyez Buğdayı, Tritikale, Karabuğday

Haziran 2022, 134 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

THE QUALITY PROPERTIES OF MALT FLOURS MADE FROM SOME CEREALS AND EFFECTS ON THE BIOACTIVE AND PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF BREAD

ECE DURMUŞ

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING
SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MÜGE HENDEK ERTOP

Malting is the controlled germination of cereals, followed by the termination of this natural process by the application of heat. It basically consists of steeping, germination and drying processes. Increase in the bioavailability of some minerals and vitamins, increase in antioxidant activity, decrease in antinutrients such as enzyme inhibitors and metal chelating species (phytates) are among the nutritional benefits supported by germination. While malting changes the content of cereals, it also improves the organoleptic properties of food products such as flavor, taste and colour. For this reason, the use of malt and its products in food formulations is becoming increasingly common. It has been researched which cereal can be used as a substitute for barley in malt production. For this reason, einkorn has been used in the research because it is an ancestor wheat with a high mineral content and its production is increased in our country, triticale is high in agricultural yield and resistant to diseases, buckwheat is rich in rutin, catechins and other polyphenols and has high antioxidant activity. Some chemical and bioactive properties of malt flours obtained by malting and grinding these cereals were determined. In addition, bread was produced by adding different proportions (0,75; 1,25; 2,5; 5; 7,5%) of malt flour to bread wheat flour. 100% wheat flour bread was produced as control bread. Bioactive properties such as antioxidant activity and total phenolic content, quality properties, *in vitro* ash digestibility of the produced breads were determined and compared. As a result; a decrease in the falling number value and phytic acid content of malt flours compared to cereal flours, an increase in acidity, total sugar content, total phenolic content and antioxidant activity were observed. It was determined that the addition of malt flour increased the baking loss, crust thickness, acidity, antioxidant activity, total phenolic content, and ash digestibility in breads. On the color values, it was determined that it caused a decrease in L^* brightness values and an increase in a^* and b^* values. It has been observed that the breads lose moisture during shelf life. It was determined that the RK_1 values of breads with triticale malt flour increased with the increase in the use of malt flour. It was determined that the highest moisture losses of breads were on the 2nd and 6th days. According to the principal component analysis (PCA) result of the sensory analysis data, the highest score in terms of taste, sweetness, saltiness and general acceptability was 2,5; 5 and 7,5% triticale malt added breads were purchased. In this study, it has been determined that barley, einkorn and triticale malt flours can be used in different proportions in the production of bakery products, especially bread. It has been determined that buckwheat malt flour additive is not suitable for bread production because it negatively affects the color of the bread, does not improve the flavor and does not meet the generally acceptable bread quality specifications. It was concluded that

buckwheat flour and malt flour, which have higher total phenolic content and antioxidant activity compared to other cereals, can be used in the production of crackers, muffins, etc. It is recommended that malt and its products should be included more in food formulations because malting increases bioactive qualities (antioxidant activity, phenolic substance content), increases mineral bioavailability by decreasing phytic acid content, and improves organoleptic properties (flavor, taste).

KEYWORDS: Malt, Malting, Germination, Barley, Einkorn, Triticale, Buckwheat

June 2022, 134 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benden bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen, tezimin hazırlanmasında katkı sağlayan danışmanım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Müge HENDEK ERTOP'a;

Deneysel çalışmalarıma katkı sağlayan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seda ÖZGEN'e (Çankırı Karatekin Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü) ve Gıda Yük. Müh. Uğur ERTOP'a (Kastamonu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü), Kastamonu Üniversitesi MERLAB'a, destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Şeyma Selin AKIN, Sevil ACAR, Aygül DEMİR, Melike AĞIRSAYGIN, Nur GÖKTÜRK, Büşra AKYOL, Sevde Nur ŞENOL, Nilüfer AÇIKGÖZ ve Meltem YILMAZ'a teşekkür eder saygılar sunarım.

Eğitim-öğretim hayatım boyunca beni destekleyen, bana duydukları güvenle desteklerini daima hissettiğim sevgili babam İrfan Sabri DURMUŞ, annem Fatma DURMUŞ ve kardeşlerim Gökçe ve Gökhan DURMUŞ'a sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

ECE DURMUŞ

Kastamonu, 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xiii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR **3**
2.1 Malt 3
2.2 Malt Unu 4
2.3 Malt Prosesi 5
2.4 Malt Prosesi Sırasında Meydana Gelen Değişimler 6
2.4.1 Enzimatik Değişimler 8
2.4.2 Proteinlerdeki Değişimler 10
2.4.3 Yağ İçeriğindeki Değişimler 10
2.4.4 Biyoaktif Değişimler 10
2.4.5 Antinutrient Değişimleri 11
2.4.6 Vitaminlerdeki Değişimler 12
2.4.7 Mineral Madde Değişimleri 13
2.4.8 Tahıl Aromasındaki Değişim 14
2.5 Malt Üretiminde Kullanılan Hammaddeler 15
2.5.1 Arpa 15
2.5.2 Siyez Buğdayı 18
2.5.3 Tritikale 21
2.5.4 Karabuğday 23
3. MATERYAL VE METOD **27**
3.1 Un Üretimi 29
3.2 Malt Üretimi 29
3.3 Kimyasal Analizler 31
3.3.1 Nem 31
3.3.2 Kül 31
3.3.3 Ham Protein 31
3.3.4 Ham Yağ 32
3.3.5 Karbonhidrat 32
3.3.6 pH ve Titrasyon Asitliği 32
3.3.7 Düşme Sayısı 32
3.3.8 Renk 32
3.3.9 Fitik Asit İçeriği 33
3.3.10 Mineral Madde İçeriği 33
3.3.11 İndirgen Şeker Analizi 34
3.3.12 Antioksidan Aktivite 35

3.3.13 Toplam Fenolik Madde İçeriği ... 36
3.4 Ekmek Üretimi ... 36
3.5 Ekmek Kalite Analizleri ... 37
3.5.1 Pişme Kaybı ... 38
3.5.2 Hacim ve Spesifik Hacim ... 38
3.5.3 Kabuk Kalınlığı ... 38
3.5.4 Kabuk ve İç Rengi ... 38
3.5.5 Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK) ... 39
3.5.6 Kül Analizi ... 39
3.5.7 pH ve Titrasyon Asitliği ... 39
3.5.8 Tekstür Profil Analizi (TPA) ... 40
3.6 Ekmeğin Biyoaktif Nitelikleri ... 41
3.6.1 Antioksidan Aktivite ... 41
3.6.2 Toplam Fenolik Madde İçeriği ... 41
3.6.3 *In-vitro* Kül Sindirilebilirlik Oranı ... 41
3.7 Duyusal Değerlendirme ... 42
3.8 İstatistiksel Değerlendirme ... 43
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ... 44
4.1 Un Analizleri ... 44
4.1.1 Temel Bileşen Analizleri ... 44
4.1.2 pH ve Titrasyon Asitliği (TA) Değerleri ... 47
4.1.3 Düşme Sayısı ... 48
4.1.4 Renk ... 50
4.1.5 Fitik Asit İçeriği ... 51
4.1.6 Mineral Madde İçeriği ... 53
4.1.7 İndirgen Şeker Miktarı Değişimi ... 56
4.1.8 Antioksidan Aktivite ... 60
4.1.9 Toplam Fenolik Madde İçeriği ... 61
4.2 Pişme Sonrası Ekmek Fizikokimyasal Kalite Özellikleri ... 62
4.2.1 Hacim, Spesifik Hacim ve Pişme Kaybı ... 63
4.2.2 Rutubet Miktarı ve Kabuk Kalınlığı ... 65
4.2.3 Kabuk ve İç Renk ... 66
4.2.4 Ekmek Rutubet Kaybı (RK) ... 69
4.2.5 pH ve Titrasyon Asitliği (TA) ... 77
4.2.6 Tekstür ... 79
4.3 Ekmek Biyoaktif Nitelikleri ... 85
4.3.1 Antioksidan Aktivite ... 85
4.3.2 Toplam Fenolik Madde İçeriği ... 87
4.3.3 *In-vitro* Kül Sindirilebilirliği ... 89
4.3.4 Duyusal Değerlendirme Bulguları ... 92
5. SONUÇ VE ÖNERİLER ... 96
5.1 Sonuç ... 96
5.2 Öneriler ... 99
KAYNAKLAR ... 101
EKLER ... 116
EK 1. Fitik Asit Kalibrasyon Eğrisi ... 117
EK 2. İndirgen Şeker Analizi Kalibrasyon Eğrileri ... 118
EK 3. Gallik Asit Standart Kalibrasyon Eğrisi ... 120
EK 4. Ekmek Duyusal Analiz Formu ... 121

EK 5. Korelasyon Grafikleri..... 122
ÖZGEÇMİŞ..... 134

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 *Hordeum vulgare* L. 15
Şekil 2.2 *Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum* 18
Şekil 2.3 Bereketli Hilal olarak adlandırılan coğrafi bölge 19
Şekil 2.4 *Triticosecale* Wittmack 21
Şekil 2.5 *Fagopyrum esculentum* 23
Şekil 3.1 Tez planı ve akım şeması 28
Şekil 3.2 Malt üretiminde kullanılan yöntem 30
Şekil 3.3 Tahıl unları ve malt unları (a0: Arpa unu; a1: Arpa malt unu; s0: Siyez unu; s1: Siyez malt unu; t0: Tritikale unu; t1: Tritikale malt unu; k0: Karabuğday unu; k1: Karabuğday malt unu) 30
Şekil 3.4 Ekmek üretiminde kullanılan yöntem 37
Şekil 3.5 Ekmek örneklerinin TPA analizi 40
Şekil 3.6 Çalkalamalı inkübatörde oluşturulan *in vitro* sindirim ortamı 41
Şekil 4.1 Tahıl unları ve malt unlarına ait indirgen şeker miktarları 56
Şekil 4.2 Farklı oranlarda malt unu içeren ekmeklerin dış görünümleri (a:%100 Buğday ekmeği; b: Arpa malt ikâmeli ekmek; c: Siyez malt ikâmeli ekmek; d: Tritikale malt ikâmeli ekmek; e: Karabuğday malt ikâmeli ekmek) 63
Şekil 4.3 Farklı oranlarda malt unu içeren ekmeklerin iç kesit görüntüleri (a:%100 Buğday ekmeği; b: Arpa malt ikâmeli ekmek; c: Siyez malt ikâmeli ekmek; d: Tritikale malt ikâmeli ekmek; e: Karabuğday malt ikâmeli ekmek) 63
Şekil 4.4 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda arpa malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri 72
Şekil 4.5 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda siyez malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri 73
Şekil 4.6 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri 73
Şekil 4.7 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri 74
Şekil 4.8 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda arpa malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri 75
Şekil 4.9 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda siyez malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri 75
Şekil 4.10 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri 76
Şekil 4.11 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri 76
Şekil 4.12 Tanımlayıcı fizikokimyasal analiz sonuçları 79
Şekil 4.13 Tanımlayıcı sertlik, esneklik ve yüzey yapışkanlığı analiz sonuçları 82
Şekil 4.14 Tanımlayıcı elastikiyet/yaylanma, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik analiz sonuçları 82
Şekil 4.15 Tanımlayıcı biyoaktif analiz sonuçları 91
Şekil 4.16 Tanımlayıcı duyusal analiz sonuçları 93

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Tez çalışmasında kullanılan cihazlar 27
Tablo 3.2 ICP-OES çalışma parametreleri 34
Tablo 3.3 HPLC koşulları 35
Tablo 3.4 Malt unu ikâmeli ekmek formülleri 37
Tablo 3.5 TPA analiz şartları 40
Tablo 3.6 Ekmek kalite özellikleri 42
Tablo 4.1 Tahıl unları ve malt unlarının özellikleri 46
Tablo 4.2 Tahıl unları ve malt unlarının pH ve TA değerleri 47
Tablo 4.3 Tahıl unları ve malt unlarının düşme sayısı değerleri (a) ile malt unu ikâmeli buğday unlarının düşme sayısı değerleri (b) 48
Tablo 4.4 Tahıl unları ve malt unlarının renk değerleri 50
Tablo 4.5 Tahıl unları ve malt unlarının fitik asit değerleri 52
Tablo 4.6 Tahıl unları ve malt unlarının mineral madde içeriği 55
Tablo 4.7 Tahıl unları ve malt unlarının şeker profili 59
Tablo 4.8 Tahıl unları ve malt unlarının DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri 60
Tablo 4.9 Tahıl unları ve malt unlarına ait toplam fenolik madde içerikleri 61
Tablo 4.10 Ekmeklerin hacim, spesifik hacim ve pişme kaybı değerleri 64
Tablo 4.11 Ekmeklere ait rutubet miktarı ve kabuk kalınlığı değerleri 65
Tablo 4.12 Ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri 68
Tablo 4.13 Ekmek örneklerinin rutubet içerikleri ve RK değerleri 69
Tablo 4.14 Ekmek örneklerine ait pH ve TA değerleri 77
Tablo 4.15 Ekmeklerin 7.güne ait tekstür profil değerleri 84
Tablo 4.16 Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri 85
Tablo 4.17 Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde içerikleri 87
Tablo 4.18 Ekmek örneklerine ait toplam kül ve kül sindirilebilirlik sonuçları (%) 89
Tablo 4.19 Ekmeklerin duyusal özellikleri 95

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	**:** Derece Santigrat
dak.	**:** Dakika
DPPH	**:** 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
g	**:** Gram
KE	**:** Kabul Edilebilirlik
KSO	**:** Kül Sindirilebilirlik Oranı
s	**:** Saniye
TTA	**:** Toplam Titrasyon Asitliği
pH	**:** Power of Hydrogen (Hidrojenin potansiyeli)
%	**:** Yüzde
ml	**:** Mililitre
N	**:** Normalite
cm^3	**:** Santimetreküp
L*	**:** Renk skalasında parlaklık
a*	**:** Renk skalasında kırmızılık
b*	**:** Renk skalasında sarılık
ΔE	**:** Renk değişimi

Kısaltmalar

WHO	**:** World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
TGK	**:** Türk Gıda Kodeksi
HPLC	**:** High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
ICC	**:** International Association for Cereal Science and Technology (Uluslararası Tahıl Bilimi ve Teknolojisi Birliği)
AACC	**:** American Association of Cereal Chemists (Amerikan Tahıl Kimyagerleri Derneği)
AOAC	**:** Association of Official Analytical Chemists (Resmi Analitik Kimyagerler Derneği)
ANOVA	**:** Analysis of Variance (Varyans Analizi)
PAL	**:** Phenylalanine Ammonia Lyase (Fenilalanin Amonyum Liyaz)
SPSS	**:** İstatistik paket programı
B.U.	**:** Buğday Unu
A.U.	**:** Arpa Unu
S.U.	**:** Siyez Unu
T.U.	**:** Tritikale Unu
K.U.	**:** Karabuğday Unu
A.M.U.	**:** Arpa Malt Unu

S.M.U.	**:** Siyez Malt Unu
T.M.U.	**:** Tritikale Malt Unu
K.M.U.	**:** Karabuğday Malt Unu
B.E.	**:** Buğday Ekmeği
A.E.	**:** Arpa Malt Unu İlaveli Ekmek
S.E.	**:** Siyez Malt Unu İlaveli Ekmek
T.E.	**:** Tritikale Malt Unu İlaveli Ekmek
K.E.	**:** Karabuğday Malt Unu İlaveli Ekmek
PCA	**:** Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)

1. GİRİŞ

Tahıllardan elde edilen filizler yüzyıllardır besin kaynağı olarak kullanılmıştır. Özellikle Afrika ve Asya'da filizlenme veya çimlenme, duyusal kaliteyi iyileştirmek için esas olarak evlerde yapılmaktadır (Bellaio vd. 2013; Marti vd. 2018). Ayrıca yakın zamanda birkaç yazar tarafından incelendiği üzere çimlenme, tahılların besin değerlerinin iyileştirilmesi ile de ilişkilendirilmektedir (Hübner ve Arendt, 2013; Marti vd. 2018). Birtakım minerallerin ve vitaminlerin biyoyararlanımında artış, antioksidan aktivitede artış, enzim inhibitörleri ve metal şelatlayıcı türler (fitatlar) gibi antinutrientlerde azalma çimlenmenin desteklediği besinsel yararlar arasındadır (Marti vd. 2018; Mäkinen ve Arendt, 2015; Singh vd. 2015). Bu nedenle, gıda formülasyonlarında filizlenmiş tahılların kullanılması pazarda giderek daha popüler hâle gelmekte ve sağlıklı gıdalarda yükselen bir eğilimi temsil etmektedir. Filizlenmiş tahılların dezavantajı, işlemin neden olduğu artan α-amilaz aktivitesi nedeniyle çimlenmeden sonra genellikle önemli ölçüde artan nişasta sindirilebilirliğidir (Dhital vd. 2017; Marti vd. 2018).

Amilazlar ve proteazlar gibi çimlenmenin neden olduğu hidrolitik enzim aktiviteleri aşırı ise buğdayın teknolojik performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle pişmiş gıdalar için uygun olmaz. Bu durum doğrudan tarlada (yani hasat öncesi filizlenme); tahıllar uzun süreli ıslak ya da sisli koşullara maruz kaldığında veya çimlenme işlemi kontrolsüz koşullar (nem, sıcaklık ve/veya zaman) altında gerçekleştirildiğinde meydana gelebilmektedir (Marti vd. 2018).

Filizlenmiş buğdayda bulunan doğal enzimler, ekmeğin duyusal özelliklerindeki iyileşmeye ek olarak (Richter vd. 2014), ticari enzimlerin kullanımının azaltılmasına veya ikâme edilmesine yardımcı olabilir (Marti vd. 2017; Marti vd. 2018). Çimlendirilmiş buğdaydan yüksek oranlarda (>%10) elde edilen rafine unun ekmek yapım performansı üzerindeki etkileri henüz araştırılmamıştır. Gıda formülasyonlarında, teknolojik kaliteyi korurken besleyici ve/veya duyusal iyileştirmeleri dengelemek zordur (Marti vd. 2018).

Filizlenmiş tahıllar, genellikle minimum formülasyon değişiklikleri ile çeşitli gıda uygulamalarına dâhil edilebilir ve ürün farklılaştırması için çeşitli faydalar sağlayabilir. Bir tam tahıl tanesi filizlendikten ve kurutulduktan sonra, un haline getirilebilir veya çeşitli granülasyonlar oluşturmak için işlenebilir. Tohum sağlam olduğu sürece, tahıllar (buğday, çavdar, kavuzlu buğday, arpa, esmer pirinç, yulaf, sorgum, darı) veya pseudotahıllar (kinoa, karabuğday ve amarant) filizlenebilir ve çeşitli gıda uygulamalarına dahil edilebilir. Filizlenmiş tahılların gıda formülasyonlarındaki yaygın uygulamaları arasında barlar, tahıllar, granola, ekmek, tortilla, dondurulmuş hamur, tatlı ürünler, atıştırmalıklar, garnitürler, çorbalar ve makarna sayılabilir. Filizlenmiş sorgum, darı, kinoa, amarant, karabuğday, esmer pirinç ve yulaf doğal olarak glütensizdir ve glütensiz gıdaların besleyiciliğini iyileştirmek için de kullanılabilir. Ticari olarak başarıyla filizlendirilebilen ve elde edilen tahıl çeşitliliği fırıncılara, gıda bilim insanlarına ve şeflere inovasyon için çok yönlülük sağlamaktadır (Finnie vd. 2019).

Bu tez çalışmasında, arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday unları ve bu tahılların çimlendirilip, öğütülmesi sonucu elde edilen malt unlarının bazı kimyasal ve biyoaktif niteliklerinin belirlenmesi ve farklı oranlarda (%0,75; 1,25; 2,5; 5; 7,5) ekmeklik buğday ununa ikamesi ile üretilen ekmeklerin kalite niteliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR

2.1 Malt

Malt, tahılların kontrollü çimlenmesinin ardından, ısı uygulamasıyla sürecin sona erdirilmesi sonucu elde edilen üründür (Murthy ve Veedhi, 2018). Türk Gıda Kodeksi Bira Tebliği'nde ise malt, bira üretiminde kullanılan başta arpa olmak üzere diğer tahılların kontrollü koşullarda su ile çimlendirildikten sonra kurutulup kavrulmuş hali olarak tanımlanmaktadır (TGK, 2006).

Maltlık tahıllar ve baklagiller besinsel zenginleştirme veya ürünlerin modifikasyonu için kullanılmalarının yanı sıra artan enzim aktiviteleri nedeniyle gıda sistemlerinde teknolojik işlevlere sahip olabilirler. Arpa, dünya çapında başlıca maltlık tahıldır ancak bu teknoloji diğer tahıllara ve baklagillere de uygulanabilir (Mäkinen ve Arendt, 2015). Maltlanmış tahıllar, sütten kesim ve yaşlıların tüketimine yönelik gıdalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır (Baranwal, 2017). Kahvaltılık gevrek, tahıl barları, atıştırmalıklar, malt kahveler gibi tahıl içecekleri, fermente edilmiş alkolsüz içecekler gibi çeşitli unlu mamullerin yapımı için kullanılabilirler (Poutanen, 2020). Lemmens vd. (2019) yapmış oldukları çalışma ile farklı fırınlanmış ürünlerde maltlı bileşenlerin kullanımının pişmiş hacmi artırabildiğini, ürün dokusunu daha yumuşak ve stabil hale getirebildiğini, aynı zamanda tam tahıl ürünlerinin lezzetini artırabildiğini ve böylelikle tüketici tarafından kabul edilirliğine yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir (Poutanen, 2020).

Malt, kontrollü koşullar altında çimlenme ürünü iken, malt şurubu ve malt özütü, daha sonra malt içeceği üretiminde kullanılan değişen miktarlarda amilolitik enzimler içeren maltın, su özütünün viskoz konsantresi için kullanılan terimlerdir. Maltın nispeten yüksek besin değeri, kolay sindirilebilir karbonhidratına, düşük sükroz içeriğine, hidrolize proteinlerine, vitaminlerine ve farklı tat ve aroma bileşiklerine dayanmaktadır (Ndife vd. 2019).

Maltlama kalitesi, nişastanın fermente edilebilir şekerlere yüksek oranda dönüştürülmesini, yüksek malt ekstraktını, optimal protein içeriğini ve düşük (1,3;

1,4)-β-glukan (BG) içeriğini gerektirir. Nişastanın basit şekerlere hidrolizi, diyastatik güç ile temsil edildiği gibi, en az dört parçalayıcı enzimin (α-amilaz, β-amilaz, limit dekstrinaz (LD) ve β-glukosidaz) aktivitelerini içerir. Bu enzimlerin özellikleri mayşenin fermente edilebilirliğini kritik bir şekilde etkiler. Tahıl proteininin degradasyonu, fermantasyon sırasında maya gelişimi için gerekli olan amino asit kaynağı sağlar. Malt kalitesi, çok sayıda genetik ve çevresel faktör tarafından kontrol edilen etkileşimli özelliklerin bir kombinasyonu ile tanımlanan karmaşık bir özelliktir (Cu vd. 2016).

2.2 Malt Unu

Malt unu, 1886 yılından beri düşük diyastatik aktiviteye sahip unu iyileştirmek için kullanılmaktadır. Alfa-amilaz bakımından fakir unlar, nişasta hidrolizi ve şeker oluşturma için düşük kabiliyete sahiptir. Bundan elde edilen ürünler ise düşük kalite, düşük hacim ve gözeneklilik, soluk kabuk ve kuru iç yapıya neden olmaktadır. Yüksek diyastatik aktiviteye sahip olan arpa malt unu, α-amilaz eksikliği olan undan elde edilen ekmeği iyileştirmede iyi bir katkıdır. Malt unu açık renklidir ve lezzet seviyesi düşüktür. Ekmek hamuruna malt unu ilavesi, nişastayı parçalayıp, maltoz ve diğer şekerleri üretir. Bunlar fermantasyon sırasında maya performansını artırmaktadır (Nechita vd. 2009).

Malt ununu unlu mamullerde kullanmanın avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Nechita vd. 2009):

- Hamura orta derecede proteolitik aktivite sağlar. Bu da fermantasyon sırasında hamurun şartlandırılmasına ve glüten gelişimine yardımcı olur.
- Fırında mayanın ısıyla inaktivasyonundan sonra nişastadan maltoz oluşumunu sağlar. Böylece ekmeği, dokusunu ve kabuk rengini iyileştirir.
- Bitmiş ürünün nem tutma özelliklerini artırır. Böylece tazeliği artırır ve kaliteyi korur.
- Hamurdaki tokluk veya yapışkanlık potansiyelini azaltır.

Uygulanan kavurma işleminin derecesine ve işlem sonrası oluşan renk durumlarına göre malt unları, beyaz malt, solgun malt, yeşil malt ve koyu renkli malt olarak

sınıflandırılmaktadır. Kurutma işleminden sonra ek bir işlem olarak kavurma işleminin uygulanması ile kavrulmuş malt elde edilir. Bu tür maltlar kavurma işlemi ile aroma ve renk kazanır. Kavrulmuş malt unu, Türk Gıda Kodeksi (TGK)'ne göre ekmek yapımında kullanılabilecek doğal bir katkı maddesidir. Kavrulmuş malt unları aroma ve renk arttırıcı madde olarak ekmek ve pastane ürünleri, bebek mamaları, tatlılar, bisküvi, kraker, peksimet, grissini, çikolata, malt kahvesi ile sıcakta çözünen içeceklerin üretiminde kullanılmaktadır. Aroma ve renk vermesinin yanı sıra kavrulmuş malt unları, üründe tadın güçlenmesine, raf ömrünün uzamasına, hamur stabilitesi ve düzgünlüğünün artmasına yardımcı olmaktadır (Küçük, 2009).

Malt unun ekmekçilik açısından önemi ise, ürüne kazandırmış olduğu yüksek su kaldırma yeteneği ve arzu edilen kıvamda hamur elde etmeye olan katkısıdır. Malt unun %1-3 oranında ekmekte arzu edilen renge göre kullanılması, un karışımının ve un kuvvetinin zayıflığını iyileştirme, hamur stabilitesi ve bayatlamayı geciktirmeye yardımcı olmasından dolayı önemlidir (Küçük, 2009).

2.3 Malt Prosesi

Maltlama işlemi, kontrollü çimlenme ve ardından tanelerin kontrollü kurutma işlemidir (Baranwal, 2017; Latha ve Muralikrishna, 2009). Bir diğer tanımlamaya göre ise, tahılların kontrollü çimlenmesi, ardından bu doğal sürecin ısı uygulamasıyla sona erdirilmesidir (Murthy ve Veedhi, 2018). Maltlamanın temel amacı, çimlenmemiş tahılda bulunmayan hidrolitik enzimlerin gelişimini teşvik etmektir (Baranwal, 2017; Latha ve Muralikrishna, 2009).

Maltlama işlemi sırasında, hidrolitik enzimler sentezlenir ya da endosperm hücre duvarlarını parçalamak için aktive edilir ve bu sayede hücrelerde depolanan nişasta, protein ve lipidlerin kompleks yapılarının daha fazla enzimatik hidrolizi sağlanır (Cu vd. 2016). Maltlama yalnızca tahılların içeriğini değiştirmez. Aynı zamanda gıda ürünlerinin lezzeti, tadı ve rengi gibi organoleptik özellikleri de iyileştirebilir (Kalita vd. 2017; Lekjing ve Venkatachalam, 2020). Farzaneh vd. (2017), yedi gün boyunca çimlenen tahılların iki kat artmış enzimatik aktiviteye sahip olduğunu ve bunun sonucunda tahıl maltının diyastatik aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Nie vd.

(2010), optimum fırın sıcaklığının sağlıkla ilişkili ve lezzeti uyaran amino asitleri artırabileceğini gözlemlemiştir (Lekjing ve Venkatachalam, 2020).

Maltlama işlemi temel olarak ıslatma, çimlendirme ve kurutma işlemlerinden oluşmaktadır. Islatma aşamasında, taneler çimlenmenin başlaması için yeterli suyu bünyelerine alana kadar suya batırılmaktadır. Bu süreçte kir, saman ve kırık taneler yıkanarak suyun yüzüne çıkar ve yüzdürülerek uzaklaştırılır. Taneler nişasta hidrolizi ve enzim üretimini başlatmak için yeterli suyu emdikten sonra çimlenme başlar. Çimlenme süreci boyunca gerekli olan koşullar nem içeriği, sıcaklık, çimlenme süresi ve oksijendir. Çimlenme 25-28°C optimum sıcaklıkta, 20-30°C aralığında hızla gerçekleşir ve yaklaşık olarak 2-6 gün sürer. Çimlenme süreci ile ilgili en önemli fizyolojik süreçler amilaz, proteaz ve diğer endojen hidrolitik enzimlerin sentezleridir. İşlem sırasında hidrolitik enzimler nişasta ve proteinin sırasıyla şekerlere ve amino asitlere hidrolize edildiği tohumdan endosperme göç eder. Bunlar daha sonra büyüyen fide tarafından daha fazla metabolize edildikleri tohum içine taşınır (Baranwal, 2017). Maltlama işleminin son aşaması kurutmadır. Kurutma işlemi tanelerin büyümesini durdurmak, nem içeriği ve su aktivitesini azaltmak, dolayısıyla aktif enzimlerle uzun ömürlü bir ürün üretmek için gereklidir. Taneler yaklaşık olarak 50°C sıcaklıkta 24 saatte kurutulur. Kurutma işleminden sonra kök ve filizler uzaklaştırılır. Farklı gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılmak üzere taneler kurutulur ve öğütülerek malt unu elde edilir (Baranwal, 2017; Mella, 2011).

2.4 Malt Prosesi Sırasında Meydana Gelen Değişimler

Tahıl tanelerinin çimlenmesi ve maltlanması, genellikle biyoaktif bileşiklerin (vitaminler, γ-aminobütirik asit (GABA) ve polifenoller) birikmesi ve antinutrient içeriğinin azalmasıyla ilişkilendirilen bir "yeşil gıda mühendisliği" teknolojisi olarak kabul edilmektedir. Ek olarak, enzim komplekslerinin aktivasyonu nedeniyle karbonhidratlar, protein ve yağ asitleri gibi temel makro besin maddelerinde degradasyon meydana gelmekte ve basit şekerlerde, serbest amino asitlerde ve organik asitlerde artışa eşlik etmektedir (Gan vd. 2017; Sasthri vd. 2020).

Maltlama tahılların fonksiyonel kalitesini etkilemektedir. Genellikle beslenme ve fonksiyonel kalite parametreleri (suda çözünürlük indeksi, su absorpsiyon indeksi, nitrojen çözünürlük indeksi, çözünebilir nitrojen, *in vitro* protein sindirilebilirliği, toplam karbonhidrat, enzime duyarlı toplam karbonhidrat yüzdesi, ham yağ, protein ve fitik asit içeriği) çimlenme süresi ile önemli ölçüde gelişmektedir. Yapılan çalışmalar, maltlamanın besinsel ve fonksiyonel özellikleri iyileştirilmiş gıda ürünlerinin geliştirilmesinde kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca maltlamanın komplike ve pahalı ekipman olmadan düşük maliyetle gerçekleştirilebilmesi ek bir avantajdır. Ayrıca maltlama besin değerini ve lezzeti artırmaktadır. Tahıl tanelerinde çimlenme arpa, buğday, yulaf ve pirinçte görüldüğü gibi oligosakkaritleri ve amino asit konsantrasyonunu artırmaktadır. Yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin ayrışması, tahıllarda doku yumuşaması ve lezzet artışı nedeniyle biyofonksiyonel maddelerin üretimine ve organoleptik kalitenin gelişmesine neden olmaktadır (Baranwal, 2017).

Narsih vd. (2012) tarafından, sorgum tohumunun beslenme kalitesini iyileştirmek için çimlenme ve ıslatma süresi üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, 24 saat ıslatma ve 36 saat çimlenmenin, protein sindirilebilirliği (%85,18), protein olmayan nitrojen (%0,28), protein içeriği (%8,03), yağ içeriği (%1,64), lif (%1,45) ve kül (%2,24) gibi özelliklere sahip, besin değeri daha yüksek sorgum ürettiğini göstermiştir. Beslenme özelliklerindeki iyileşmenin, filizlenmiş sorgum kullanılarak yeni gıdaların formülasyonlarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Baranwal, 2017).

Maltlama işlemi, tahılları enzim ve vitamin içeriği yüksek malt haline getirmeyi amaçlamaktadır. Tahıllarda önemli biyokimyasal değişikliklere neden olur. Islatma işlemi tahılın yumuşamasını sağlar ve su tutmasını artırır. Çimlenme sırasında üretilen enzimler şeker ve amino asitlerin salınmasıyla nişasta ve proteinlerin hidrolizine neden olur. Proteolitik enzimler, özellikle tahıllarda eksik olan lizin, metiyonin ve triptofan olmak üzere amino asit mevcudiyetini iyileştirir. Malt enzimatik gücü tane çeşidine, ıslatma, çimlenme ve kurutma koşullarına göre oldukça değişkenlik göstermektedir. Birçok çalışma, fitaz aktivitesini iyileştirerek, maltlama işleminin tanenin fitat seviyesinin düşürülmesine, demir ve çinko kullanılabilirliğinin iyileştirilmesine

katkıda bulunabileceğini göstermiştir. Diğer çalışmalar, çimlenme sırasında tanenler ve toplam fenolik içeriklerde azalma olduğunu ortaya koymaktadır. Çimlenme sırasında B ve C vitamin içerikleri önemli ölçüde artmaktadır. Yapılan bir çalışmada, çimlenmenin kalsiyum, bakır, manganez, çinko, riboflavin, niasin ve askorbik asit içeriğini artırdığı bulunmuştur (Baranwal, 2017; Kaushik vd. 2010).

Fermente edilen unlu mamullerde malt kullanımı, maltoz, mineraller, tuzlar, çözünür proteinler, hamur şartlandırma enzimleri, renk ve lezzete katkıda bulunmaktadır. Diyastatik malt, kayda değer miktarda amilaz içermektedir. Amilaz eksikliği olan buğday ununa malt ilavesi, maya aktivitesini ve gaz üretimini, amilazların etkisiyle şeker üretimini desteklemekte, son ürüne lezzet ve aroma katmaktadır. Krakerlerde diyastatik malt, fermantasyonu, hamur kıvamını, kabuk rengini ve lezzetini iyileştirmektedir. Tel keski kurabiyeler yağ/sıcak su ile eşit miktarda malt şurubunun eklenmesiyle daha iyi işlenebilmektedir. Ayrıca malt ilavesi unlu mamullerin raf ömrünü ve tazeliğini de artırmaktadır. Malt, zengin kalsiyum, demir, tiamin, niasin ve askorbik asit kaynağı olduğu için unlu mamullerin besin değerlerini de iyileştirmektedir (Baranwal, 2017; Khatkar, 2013). Ayrıca tahılın lif içeriğini artırmaktadır. Yapılan bir çalışmada, üç günlük çimlenmenin tahılın lignin, selüloz ve hemiselüloz içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Baranwal, 2017; Vasishtha ve Srivastava, 2013).

2.4.1 Enzimatik Değişimler

Çimlenme sırasında hidrolitik enzimler aktive olmaktadır. Bu enzim faaliyetleri arasında amilolitik enzimler, endo-β-glukanazlar, ksilanazlar ve diğer hücre duvarını parçalayan enzimler, lipazlar, proteazlar ve fitaz bulunmaktadır. Depolama bileşikleri çözünür formlara dönüştürülüp, gelişen organlara taşınmaktadır. Bu değişikliklerin tohumun besin profili üzerindeki etkisi, modifikasyonun kapsamına yani maltlama işleminin süresine bağlıdır (Mäkinen ve Arendt, 2015). Uzun süreli maltlama veya çimlenmede, enzimatik aktivite yavaşlamaktadır (Nkhata vd. 2018). Tahıl ve baklagillerdeki indirgeyici şekerlerin içeriğinin, çimlenmenin ilk 12 saatinde önemli ölçüde etkilenmediği ancak 12 saat sonra indirgen şeker içeriğinin 20 kat arttığı, bu durumun nişastanın enzimatik hidrolizinin artmasından kaynaklandığı

belirtilmektedir. Bu durum, çimlenme sırasında aktive olan α-amilazın karbonhidratların hidrolizine, tat değişikliğine ve karbonhidratların sindirilebilirliğine yol açan etkisinden kaynaklanmaktadır (Nkhata vd. 2018; Zhang vd. 2015).

Nişasta, gıda olarak yetiştirilen çoğu tohumdaki ana depolama maddesidir. Ham haliyle yarı kristal granüller halinde bulunmaktadır. Enzimin substrata erişimi sınırlı olduğu için granül nişasta, kristalliğini kaybeden nişastadan daha yavaş sindirilir. Çimlenen bir tohumda nişasta mobilizasyonu, ham nişastaya bağlanıp, granülün yüzeyini aşındırabilen α-amilazın etkisiyle başlamaktadır. Böylece granül, yüzey aşındırması ile dışarıdan hidrolize edilebilmektedir. Bu değişiklikler nişastayı sindirim enzimlerine daha duyarlı hale getirerek sindirilebilirliğini artırmaktadır. Çimlenme ayrıca bazı tohumlarda bulunan α-amilaz inhibitörlerini de ortadan kaldırmaktadır. Tahılların ve baklagillerin genellikle tüketilmeden önce pişirilmesi çeşitli derecelerde nişasta jelatinleşmesine neden olup, sindirimi kolaylaştırmaktadır (Mäkinen ve Arendt, 2015).

Maltlama ve çimlenmenin karbonhidratlar üzerindeki etkisi büyük ölçüde, zamana bağlı olarak nişastada azalma ve basit şekerlerde artışa neden olan hidrolitik ve amilolitik enzimlerin aktivasyonuna bağlıdır. Çimlenme ve maltlama, α-amilaz gibi endojen enzimlerin aktivasyonu yoluyla karbonhidratların basit şekerlere enzimatik olarak parçalanmasını kolaylaştırmaktadır (Nkhata vd. 2018). Böylece tohum gelişimi için enerji sağlamak üzere nişastanın bozunması sonucunda sindirilebilirliğini artırmaktadır (Nkhata vd. 2018; Oghbaei ve Prakash, 2016; Zhang vd. 2015).

Tahıl tanelerinin besin değeri, diyet lifi içeriği artırılarak iyileştirilebilmektedir. Diyet lifleri, insan sağlığını geliştirmekle ilişkili fonksiyonel gıda bileşenleri arasında kabul edilmektedir. β-glukan ve suda çözünür arabinoksilanlar, tahıl tanelerinde bulunan suda çözünür başlıca diyet lifleridir. İçerikleri tahıllara göre değişmektedir. β-glukan, endosperm hücre duvarının bir parçasıdır ve çimlenme sırasında bozulmaktadır. Sonuç olarak, hem arpa hem de yulaf maltlarında çok düşük miktarda β-glukan oluşmaktadır (Hassani vd. 2016). Arpa, kılçıksız buğday, sorgum ve pirinç gibi birçok tahılda çimlenmenin neden olduğu suda çözünür arabinoksilanlarda artış gözlemlenmiştir (Hassani vd. 2013; Hassani vd. 2016).

2.4.2 Proteinlerdeki Değişimler

Çimlenme ve maltlamanın protein üzerindeki etkisi çelişkili görünmektedir. Proteinin tahıl ya da tohum türüne bağlı olarak çimlenme ile arttığı bildirilmiştir (Laxmi vd. 2015; Nkhata vd. 2018). Proteinlerdeki artış, solunum sırasında bazı karbonhidratlar ve yağlar kullanıldığından kuru ağırlık kaybına bağlı olabilir. Ancak çimlenme sırasında bazı amino asitler de sentezlenmektedir (Jan vd. 2017; Nkhata vd. 2018). Ayrıca çimlenme sırasındaki protein kayıpları, proteazlar tarafından parçalanan proteinlere dayandırılmaktadır. Bu nedenle gerçek protein içeriği sentez ve parçalanmanın net etkisi ile belirlenebilecektir (Nkhata vd. 2018).

2.4.3 Yağ İçeriğindeki Değişimler

Tahılların yağ/lipit içeriği maltlamanın ıslatma aşamasında biraz artmaktadır. Ancak lipidler solunum için kullanıldığından çimlenme aşamasında azalır (Nkhata vd. 2018). Moongngarm ve Saetung (2010) çimlenmiş pirinç tanelerinde yağ içeriğinde değişiklik bulamamışken, Kim vd. (2012) çimlenmiş pirinçte ham lipidler, linoleik asit ve oleik asitte bir artış gözlemlemiştir. Diğer çalışmalar, çimlenme sırasında biyokimyasal reaksiyonlar için bir enerji kaynağı olarak yağların hidrolizi ve kullanımı nedeniyle çimlenmenin yağ içeriğini azalttığını bildirmiştir (Jan vd. 2017; Moongngarm ve Saetung, 2010). Bu çalışmalar arasındaki tutarsızlıkların çimlenme süresindeki farklılıklar ve çalışmada kullanılan farklı pirinç kaynakları ile ilgili olabileceği belirtilmektedir (Nkhata vd. 2018).

2.4.4 Biyoaktif Değişimler

Islatma prosedürünün tahılların fonksiyonel biyoaktif bileşenleri üzerindeki etkisi birkaç araştırmada incelenmiştir. Chung vd. (2009), zaman, sıcaklık ve ıslatma çözeltisi gibi mumsu arpa dane kabuklarının çimlenmesinden önceki ıslatma koşullarının, çimlenme sırasında sağlığı geliştiren antioksidan bileşen γ-aminobütirik asit (GABA) birikimini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varmıştır. Buna ek olarak, nispeten düşük sıcaklıklardaki ıslatma ve tampon çözeltisi kullanılarak pH 6.0'da kontrol edilen, çimlenmiş tahıllarda GABA içeriğini artırmaktadır. Diğer taraftan ıslatma, üç sorgum çeşidinin incelenen antioksidanlarının içeriğini önemli ölçüde

etkilemiştir. Analiz edilen bileşenler toplam fenoller, toplam flavonoidler, tanenler, fenolik asit bileşikleri, E vitamini ve β-karotendir. Sonuçlar ıslatma işleminden sonra tüm bileşenlerin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir (Afify vd. 2012; Hassani vd. 2016). Diğer vitaminlerin içeriği ile ilgili olarak, ıslatma derecesinin sorgum tanelerinde riboflavin (B2 vitamini) üzerinde etkili olmuştur. Test edilen ıslatma derecesi aralığında (%35-41), ıslatma derecesi arttıkça vitamin içeriği artmıştır. Aynı etki, fonksiyonel prebiyotik diyet lifi su ile ekstrakte edilebilir arabinoksilanın içeriği üzerinde de gözlenmiştir (Hassani vd. 2013; Hassani vd. 2016).

Yüksek moleküler ağırlıklı fenolik bileşikler olan tanenler, çimlenme sırasında kısmen parçalanmaktadır. Tanenler proteinlerle çözünmeyen kompleksler oluşturduğundan, bu protein sindirilebilirliği açısından faydalı olarak kabul edilebilmektedir. Çimlenme sırasında artan fenolik bileşikler arasında yulafta avenantramidler, çavdar ve buğdayda benzoksazinoidler bulunmaktadır. Yulafta, maltlama sırasında sterol seviyelerinin de hafifçe arttığı gösterilmiştir (Pautenen, 2020).

Karabuğdayın çimlenmesi toplam fenolikleri, flavonoidleri ve yoğunlaştırılmış tanen içeriklerini artırmaktadır (Nkhata vd. 2018; Zhang vd. 2015). Tang ve Zhao (1998), PAL (fenilalanin amonyak liyaz) aktivitesinin çimlenme sürecinde arttığı sonucuna varmışlardır. Diğer bir olası açıklama, bağlı fenolik bileşiklerin hidrolizinin yanı sıra filizlerin embriyonik ekseninde fenollerin *de novo* biyosentezi olabileceğidir (Nkhata vd. 2018; Zilic vd. 2015). Fitokimyasalların artan içeriği, filizlenmiş tahılların ve baklagillerin antioksidan aktivitesinin artmasına neden olmaktadır (Nkhata vd. 2018).

2.4.5 Antinutrient Değişimleri

Islatma, yalnızca biyoaktif bileşenleri artırmak için değil, aynı zamanda bazı antinutrient bileşenlerin içeriğini azaltmak için de uygulanabilir. Islatma işleminin fitik asit (IP6) içeriği ve IP5, IP4 ve IP3 gibi alt formlara indirgenmesi üzerindeki etkisini araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Tahıllarda yaygın bir bileşen olan IP6, beslenme karşıtı bir etkiyi temsil etmektedir. Minerallerin emiliminin azalması, proteinlerin sindirilebilirliğinin azalması ve enzimlerin inhibisyonu gibi birçok olumsuz sonuca yol açan kimyasal yapısı nedeniyle şelatlama etkisine neden

olmaktadır. Öte yandan, indirgenmiş IP6 formlarının insanlarda birkaç önemli fizyolojik işlevi vardır ve fonksiyonel biyoaktif bileşenler olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, IP6'nın alt formlarına enzimatik bozunması, fitaz enzimleri tarafından daha düşük formlar üretildiğinde ve insanların beslenme yolunda emildiğinde fonksiyonel gıdalar üretmek için gıda işlemede uygulama bulabilecektir (Hassani vd. 2016). Arpa tanelerinde, ıslatma suyuna laktik asit verilmesi, özellikle yüksek ıslatma sıcaklığı (48°C) ile birlikte, ıslatma sırasında IP6'yı azaltmaktadır. Albarracín vd. (2013) tarafından, ıslatma sıcaklığı (35, 45 ve 55°C) ile zaman (24, 36 ve 48 saat) arasındaki kombinasyonun pirinç tanesindeki fitat üzerindeki etkisi incelenmiştir. En etkili muamelenin 45°C'de 48 saat ıslatma olduğu ve fitat içeriğinin %87 ila 91 oranında azalmasına neden olduğu bulunmuştur (Hassani vd. 2016).

Maltlama antinutrientleri azaltmaktadır. Badau vd. (2005) tarafından, maltlamanın inci darı çeşitlerinde fitik asit içeriğini düşürdüğü gözlemlenmiştir. Maltlanmamış tanenin fitik asit içeriği %2,91 ile %3,30 arasında değişmekte ve 48 saatlik çimlenmeden sonra fitik asit içeriği %0,4 ile %0,5 arasında değiştiği bulunmuştur. Tahılın maltlanması, parmak darının fitin fosfor içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır (Baranwal, 2017). Fitik asit IP6 gibi beslenme karşıtı bileşenlerde azalma gözlenmektedir. Böylece tahılın beslenme kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Hassani vd. 2016).

Islatmaya benzer şekilde çimlenme, beslenme karşıtı IP6'yı daha düşük fonksiyonel formlarına indirgeme potansiyeline sahiptir. Böylece tahılların beslenme kalitesini iyileştirmektedir. Örnek olarak kahverengi pirinç tanesindeki IP6, çimlenmeden sonra %60 oranında azalmıştır (Hassani vd. 2016). Benzer şekilde yulaf tanesindeki IP6 içeriği, çimlenme sırasında %0,35'ten %0,11'e düşmüştür (Hassani vd. 2016; Tian vd. 2010).

2.4.6 Vitaminlerdeki Değişimler

Çimlenmiş tahılların, çimlenmemiş tahıllara kıyasla daha yüksek konsantrasyonda bazı vitaminler içerdiği bildirilmektedir. Hem buğday hem de çavdarın çimlendirilmiş tanelerinde, çeşit ve çimlenme süresine bağlı olarak folat (B9) içeriğinde 4-6 kat artış belirlenmiştir (Hassani vd. 2016; Hefni ve Witthöft, 2012). Artan B9 içeriği, çimlenme

sırasında metil gruplarına olan talebin artması nedeniyle bu vitaminin *de novo* sentezinin hızlanmasına bağlanmaktadır (Hassani vd. 2016). Ancak buğday söz konusu olduğunda B9 içeriğindeki artışın sıcaklığa bağlı olduğu bulunmuştur. Koehler vd. (2007), test ettikleri 15, 20, 25 ve 30°C sıcaklıklar arasında, B9'daki maksimum artışın 20 ve 25°C'de meydana geldiğini belirtmişlerdir (Hassani vd. 2016). Arpa tanesinin riboflavin (B2) içeriği çimlenme sırasında herhangi bir değişikliğe maruz kalmazken, tiamin (B1) için küçük değişiklik gözlenmiştir. Islatma ve fırınlama ise, her iki vitaminin içeriğinin birikmesine neden olmaktadır. Tüm maltlama aşamalarında parçalanmış çekirdek nispeten sabit kalırken, vitamin içeriğindeki dalgalanmaların tahıl embriyosunda gerçekleştiği bulunmuştur (Hassani vd. 2016; Hucker vd. 2012). Dalgalanmalar, yeni bitkinin büyümesini kolaylaştırmak için embriyoda üretilen vitaminlerin kök içine taşınmasından kaynaklanmaktadır (Hassani vd. 2016).

2.4.7 Mineral Madde Değişimleri

Maltlama işlemi, besinlerin biyoyararlanımını artırmaktadır. Maltlı tahıllar, sütten kesim ve geriatrik gıdalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir çalışmada, parmak darı, buğday ve arpanın maltlanmasının demir, çinko, kalsiyum, bakır ve manganezin biyolojik erişilebilirliği üzerindeki etkisi incelenmiş, maltlama işleminin demirin biyo-erişilebilirliğini iki çeşit parmak darı türünde 3 kat, buğdayda 2 kat kadar artırdığı tespit edlirken benzer yararlı etki arpada görülmemiştir. Çinkonun biyo-erişilebilirliği; buğday ve arpada sırasıyla %234 ve %100 oranında artarken, parmak darıda azaldığı belirtilmiştir. Kalsiyumun biyolojik olarak erişilebilirliği ise beyaz parmak darı ve buğdayda marjinal olarak artmıştır. Bununla birlikte, parmak darı ve buğdayda bakırın biyo-erişilebilirliği üzerinde herhangi bir etki görülmezken, arpada önemli ölçüde (%75) azalmıştır. Manganez biyo-erişilebilirliği ise kahverengi parmak darı (%17) ve buğdayda (%42) artmıştır. Maltlamanın, demir ve diğer mineralleri tahıllardan maksimum düzeyde elde etmek için gıda bazlı uygun bir strateji olabileceği bildirilmiştir (Baranwal, 2017).

2.4.8 Tahıl Aromasındaki Değişim

Maltın aroması özellikle fırında kurutmada ayarlanır ve sıcaklığa bağlı olarak farklı aroma profilleri ve renk yoğunluklarına sahip çok çeşitli bileşenler üretilebilir. Kaba öğütülmüş maltın su ile karıştırılmasıyla elde edilen "yulaf lapasının" duyusal profilinde değerlendirilen aroma notaları arasında kızarmış, ceviz, karamel, tatlı, tatlı veya yanmış meyve, bisküvimsi, dumanlı, acı ve fenolik yer alır. Diğer maltlı bileşenler için, malt ile aynı duyusal terimler kullanılır. Malt özleri, maltların ezilmesi, şıranın ayrılması ve ardından yaklaşık %80 katı içeren viskoz bir özüt haline getirilmesi ile üretilir. Aroma bileşiklerine ek olarak, ekstraktlar yüksek miktarda şeker, maltodekstrinler ve ayrıca bir miktar çözünür protein içerir (Poutanen, 2020).

Lezzet öncüleri çimlenme sırasında oluşur. 80°C'nin üzerinde ısıtıldığında, bu düşük moleküler ağırlıklı öncüller (şeker ve amino asitler) bir dizi renklendirici ve aroma bileşiği oluşturmak için Maillard reaksiyonlarına katılır. Örneğin, melanoidinler 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda oluşur. Malt gibi aromatik bir tada sahiptirler ve kırmızımsı-kahverengi bir renk sağlarlar. Yulaf maltı için kavrulmuş, tatlı ve cevizli duyusal özellikler dimetil sülfitler ve izobütanoller ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca fenolik bileşikler yulaf aromasını etkilerler (Poutanen, 2020).

2.5 Malt Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

2.5.1 Arpa

Şekil 2.1 *Hordeum vulgare* L.

Arpa yaygın olarak ekilen ve buğday, pirinç ve mısırdan sonra önemli tahıl ürünlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Chen vd. 2020; Farag vd. 2020). Bereketli Hilal bölgesi (güney Türkiye, doğu Irak ve batı İran) büyük olasılıkla MÖ 7000'e kadar uzanan arpa ekim alanıdır (Farag vd. 2020). Ekim miktarı ve alanı ile ilgili olarak, arpa, buğday (200 milyon hektar), pirinç (120-150 milyon hektar) ve mısırdan (100-150 milyon hektar) sonra dördüncü büyük tahıl ürünü (50-80 milyon hektar) olarak kabul edilmektedir. Kışa dayanıklı, erken olgunlaşan yapısı ve kuraklığa dayanıklı olması nedeniyle ekimi diğer tahıllara göre daha ekonomiktir (Abadi ve Naser, 2019). Günümüzde Rusya, Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan ve Çin tarafından takip edilen başlıca üretici ülkelerden biri olarak kabul edilmektedir. Arpa, yüksek enlemler, kuru sıcaklık veya Himalaya ülkeleri, Etiyopya, Tibet ve Fas gibi şiddetli sıcaklık dalgalanmaları gibi farklı koşullarda kolaylıkla yetiştirilmektedir (Farag vd. 2020). Dünya toplam ürünlerinin sadece %2'si insan tüketimi için, %33'ü malt için ve %65'i hayvan yemi için kullanılmaktadır (Abadi ve Naser, 2019). Türkiye'nin her bölgesinde yetiştirilen arpa, özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Mardin, Diyarbakır, Şanlıurfa) ve Orta Anadolu (Eskişehir, Ankara, Karaman, Konya) arpa yetiştiriciliğinde iki önemli bölgedir (Taşcı ve Bayramoğlu, 2017).

Amino asit açısından zengin olan arpa maltı, esansiyel amino asitler dahil on sekiz amino asit içermektedir. Bununla birlikte B vitamini, mineraller (Ca, Mg, Fe, K, Zn) ve aktif enzimler açısından değerli bir üründür. Antioksidan yapısı yüksek ve klorofili yapısında bulunduran arpa maltı, kırmızı kan hücrelerinin ihtiyacı olan oksijenin aktifliğini sağlamaktadır (Tomar vd. 2020). Ayrıca diyabet tedavisi (Gallaher vd. 1993), kan kolesterolünü düşürme ve kontrol altında tutma (Frost vd. 1999) ve kabızlığı önleme gibi yararlı etkileri bulunmaktadır (Tomar vd. 2020).

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), dünya çapında malt üretiminde kullanılan başlıca tahıldır. Arpanın maltlanması, çeşitli enzimlerin sentezlendiği tohum çimlenmesinden oluşur. Bu enzimler, büyüme için enerji sağlayan alöron ve embriyodaki nişastalı endosperm ve lipid rezervlerinin parçalanmasını başlatır. Büyüme optimal olduğunda ve faydalı elementler elde edildiğinde, büyüyen embriyo tarafından bileşen tüketimini önlemek için çimlenme durdurulur (Jamar vd. 2011).

Arpa tohumları esas olarak endosperm tabakasında lokalize olan ve tane ağırlığının %54-75'i kadar nişasta içerir (Chen vd. 2020; Farag vd. 2020). Normal arpa çeşidinde nişasta, amiloz (%27) ve amilopektinden (%73) oluşur. Amilozun amilopektine oranı, fizikokimyasal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Farag vd. 2020).

Arpa tanelerinde protein yüzdesi %10-20'ye kadar ulaşır ve esas olarak endospermde birikmektedir (Farag vd. 2020; Huang vd. 2020). Arpa proteininin yaklaşık %75'i glütendir. Arpa proteini, ideal fonksiyonel özellikleri (emülsifiye etme kapasitesi ve stabilitesi, su tutma kapasitesi ve elastikiyeti) nedeniyle gıda takviyelerine dahil edilebilir (Farag vd. 2020). Arpadaki protein, gıda takviyelerinde iyi bir protein kaynağı olduğunu düşündüren hem esansiyel (%28, esas olarak; lösin, valin, treonin, fenilalanin, izolösin, lizin, histidin ve metiyonin) hem de esansiyel olmayan amino asitleri (%72 esas olarak; glutamik asit, aspartik asit, prolin, tirozin, glisin ve sitozin) içermektedir (Farag vd. 2020; Huang vd. 2020).

Makrobesinlerdeki zenginliğin yanı sıra, çözünür (%3-20) ve çözünmez (%8-14) olarak sınıflandırılan önemli bir diyet lifi (%11-34) kaynağıdır (Farag vd. 2020; Huang vd. 2020). Çözünmez diyet lifi açısından zengin arpa, tek başına kimyasal işlemle veya

basınçlı pişirme ile kombinasyon halinde çözünür diyet lifi açısından zengin bir arpaya dönüştürülebilmektedir (Bader UlAin vd. 2018; Farag vd. 2020).

B1, B2, B3 vitaminleri ve E vitamini sırasıyla arpada bilinen suda çözünen ve çözünmeyen başlıca vitaminlerdir (Farag vd. 2020; Huang vd. 2020). Arpa, tokoller (esas olarak α-tokoferoller) ve α-tokotrienol (α-T3) ile en zengin tahıllardan biri olarak kabul edilmektedir (Do vd. 2015; Farag vd. 2020). E vitamini seviyesi arpada 8,5 ila 31,5 µg/g kuru ağırlık arasında değişmektedir (Farag vd. 2020).

Arpa tanesi, çeşit türü ve çevre koşulları bağlamında nicel farklılıklarla birlikte iyi bir makro element (K %0,25; Ca %0,02; P %0,21 ve Mg %0,08) ve eser element (Fe 49,9 mg/kg, Cu 12 mg/kg, Mn 13,9 mg/ kg ve Zn 24,4 mg/kg) kaynağı olarak kabul edilmektedir (Almendros vd. 2019; Farag vd. 2020). Embriyo en yüksek mineral düzeyine sahipken, endosperm en düşük mineral düzeyine sahiptir (Farag vd. 2020).

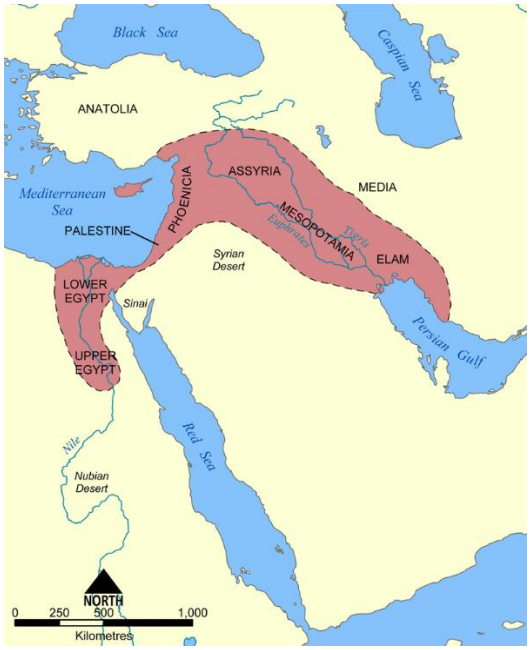
Arpadaki lipid içeriği, endospermde bol bulunan toplam bileşiminin %2-3'ü arasındadır. Arpa çekirdeğindeki yağ asitleri arasında linoleik asit (%50-60), palmitik (%20-30), oleik (%10-15) ve linolenik asit (%4-9) bulunur. Arpa çekirdeğinin endospermi ise çoğunlukla palmitik asit (%46) ve linoleik asitten (%34) oluşmaktadır (Farag vd. 2020; Sullivan vd. 2013).

Arpa, az miktarda *p*-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, siringik asit, 2,4 dihidroksi benzoik asit ve sinapik asitin yanı sıra ana bileşen olarak ferulik asit (%68) ve kumarik asit dahil fenolik asitler çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir. Flavonoidler ayrıca flavanoller, antosiyaninler ve proantosiyanidinler tarafından temsil edilen arpadaki değerli bileşenlerden biridir. Arpadaki polar olmayan biyoaktif maddeler arasında fitosteroller, yani sitosterol (%53-61) ve kampesterol (%14-20) bulunmaktadır. Ayrıca arpa çeşitli lignan içermektedir (yani pinoresinol, medioresinol, syringaresinol, lariciresinol, siklolariciresinol, secoisolariciresinol (Farag vd. 2020; Wang vd. 2019).

2.5.2 Siyez Buğdayı

Şekil 2.2 *Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*

Siyez (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) 9.900 ila 10.600 yıl önce yetiştirilen günümüz buğday çeşitlerinin atasıdır. Büyük olasılıkla ilk olarak Güneydoğu Anadolu'da bulunan Karaca Dağı'nda yetiştirilmiş, "Bereketli Hilal" bölgesinin kuzeyinden Kafkaslar, Balkanlar ve Orta Avrupa'ya yayılmıştır. Günümüzde halen Kuzey Anadolu, Balkan ülkeleri, İspanya, Almanya, İtalya, İsviçre, Fransa ve Fas'ta ekim yapılmaktadır (Hendek Ertop, 2019; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Sıkı gövde yapısı ve tek başlı olması nedeniyle kurak koşullarda ve fakir topraklarda bile hastalıklara ve zararlara karşı oldukça dirençlidir. Siyez'in çeşitli çalışmalarda yüksek protein, karotenoid ve yağ içeriğine sahip olduğu ve ayrıca ekmeklik buğdaydan daha fazla lutein içerdiği tespit edilmiştir. Geleneksel olarak tam buğday formunda tüketildiği için düşük glisemik indekse sahip olmasının yanı sıra fonksiyonel gıda olarak diğer buğday türlerine göre protein, fenolik, tokoferol ve karotenoid bakımından daha zengin olduğu bilinmektedir. Yetiştirme ve üretim için büyük bir potansiyel olmasına rağmen, üretim ve tüketim yerel olarak sınırlıdır ve miktar çok azdır. Siyez, Kastamonu'da yılda iki kez yetiştirilmektedir. Siyez üretiminin %60-70'ini oluşturan "Çatal Siyez" (Kaplıca) olarak adlandırılan çeşit, Nisan ayında ekilmekte ve hasattan sonra hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Ekim ayında ekilen "Tek Siyez" çeşidinin bir diğer çeşidi de işlenerek siyez unu ve bulgur üretilir (Hendek Ertop, 2019).



Şekil 2.3 Bereketli Hilal olarak adlandırılan coğrafi bölge (URL-1, 2020)

Yüksek protein ve yağ içeriğine sahip siyez buğdayının günümüz ekmeklik buğdaylarına oranla daha yüksek mineral madde içeriğine sahip olduğu bilinmektedir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019; Hidalgo ve Brandolini, 2014; Örü ve Hendek Ertop, 2021). Tek başakçıklı olması ve sıkı kavuz yapısı nedeniyle siyez buğdayı, diğer buğdaylardan farklı olarak kavuzu ile birlikte hasat edilmektedir. Diğer buğdaylardan morfolojik yapısı nedeni ile küçük olan siyezin kepek tabakası (perikarp, testa ve aleuron) endosperm tabakasına (unun elde edildiği merkez kısım) daha sıkı bağlıdır ve kepek tabakası oranı da daha yüksektir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019; Örü ve Hendek Ertop, 2021). Belirtilen morfolojik farklılıkları nedeniyle siyez buğdayı diğer buğdayların işlendiği değirmenlerde işlenememekte ve una dönüştürülmesinde aynı ekipman kullanılamamaktadır. Yabancı maddeleri selektörden geçirilerek temizlenen kavuzlu siyez taneleri, merkezkaç kuvvetiyle cidara çarptırılarak mekanik bir ayırma işlemi ile kavuzu uzaklaştırılmaktadır. Tam tane öğütülmesinin ardından elenerek kepek tabakası ve un fraksiyonları ayrılmaktadır. Klasik buğday öğütme sistemlerindeki çoklu redüksiyon ve kırma vals sistemlerinden geçmediği ve tam tanenin öğütülmesi temeline dayandığından dolayı, "siyez unu daima bir miktar kepek, siyez kepeği de daima bir miktar endosperm kalıntısı" içermektedir. Bu nedenle siyez unu üretiminde kepek ve endosperm ayrımının tam yapılamaması ve tane yapısının küçük olmasından dolayı yan ürün olarak önemli miktarda kepek çıkmaktadır.

Ekmeklik buğdayda %80-85 randımanla çalışılırken, siyezde %55 randımanla çalışılmaktadır (Örü ve Hendek Ertop, 2021).

Yüksek lif içeriğine sahip siyez buğdayının sindirimi kolaydır. Ayrıca kolesterol değerini düşürücü etki yaptığı bilinmektedir. Yüksek antioksidan etkisinden dolayı siyez buğdayı tüketen kişilerin hücre yapısı korunur ve yaşlanma etkileri geciktirilmiş olur. Yüksek oranda B grubu vitaminleri (B1, B2, B5, B6, B7, B12) içermesi nedeniyle siyez buğdayının sindirim sistemi ve sinir sistemini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir (Keçeli, 2019).

Modern buğday türlerine göre siyez, çözünmeyen ve toplam diyet lifleri bakımından daha düşük, potasyum, riboflavin, fosfor, ferulik asit (makarnalık ve ekmeklik buğdaydan 1,8 kat daha fazla), piridoksin, p-kumarik asit açısından daha yüksek değerlere sahiptir (Keçeli, 2019; Şahin vd. 2017). Siyez buğdayının yüksek oranda içerdiği antioksidanlar içerisinde tokoller ve karotenoidler hastalıkların önlenmesinde önemli rol oynarlar (Keçeli, 2019), hücre duvarını ve dokuları serbest radikallerden korurlar. Lutein ve zeaxanthin'in retinanın benek bölgesinin korunmasında ve katarakt oluşumunun önlenmesinde önemli bir rolü vardır (Abdel-Aal vd. 2013; Keçeli, 2019).

Siyez taneleri ekmeklik ve makarnalık buğdaylarla karşılaştırıldığında, lipidler (esas olarak tekli doymamış asit), fruktanlar ve proteinlerce daha zengin, doymuş ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından daha fakirlerdir. Demir ve çinko gibi bazı iz elementler de daha yüksek miktarlarda bulunur. Tokoller, karotenoidler, fitosteroller, konjuge fenolikler, alkil resorsinoller, antioksidanlar önemli miktarlarda bulunur. Siyez buğdayı ekmeklik buğday ile karşılaştırıldığında, daha düşük diyet lifi ve çözünmeyen bağlı polifenol içeriğine, daha düşük polifenol oksidaz aktivitesine sahiptir (Keçeli, 2019).

Siyez buğdayı doymamış yağ asitleri, protein, fruktan, demir ve çinko gibi bazı eser elementler açısından zengindir. Karotenoidler, fitosteroller, tokoller, alkilresorsinoller ve konjuge fenolikler gibi biyoaktif bileşenler içermektedir. Bunun yanında lipoksigenaz ve amilaz enzim aktivitesi düşüktür. Siyez buğdayının düşük lipoksigenaz aktivitesi ve yüksek karotenoid içeriği sonucunda, siyez buğdayı

unundan üretilen ürünlerin, durum ve ekmeklik buğday unundan üretilen ürünlere kıyasla karotenoid içeriği daha fazladır (Işık ve Keser, 2020).

2.5.3 Tritikale

Şekil 2.4 *Triticosecale* Wittmack

İlk insan yapımı tahıl olan Tritikale (×*Tritico secale* Wittmack), dişi buğday (*Triticum aestivum* L.) ve erkek çavdar (*Secale cereale* L.) arasında intergenik bir melezdir. Tritikale, buğdayın üretkenliği, homojenliği ve üstün tahıl kalitesi ile çavdarın dayanıklılığı, hastalık direnci ve daha iyi besin kalitesini birleştirmek için tasarlanmıştır. Bu tahıl, diğer tahıllardan çok daha yüksek tarımsal verim ve biyokütle üretme kapasitesine sahiptir. Ayrıca ebeveyn türlerine göre birçok hastalık ve zararlıya karşı daha iyi toleransa sahiptir. Bu nedenle bu tür zararlı maddelere karşı kimyasal koruma gerekliliğini azaltır (Munoz-Insa vd. 2016).

Tritikale, diğer tahıllara göre çeşitli avantajlar (sindirilebilirlik ve amino asit bileşimi açısından daha kaliteli protein, daha yüksek çözünür diyet lifi ve mineral içeriği ve hoş, hafif çavdar lezzeti gibi) sunar (Au vd. 2010; Munoz-Insa vd. 2016). Tam tahıllı tritikalenin protein içeriği genellikle buğdayın proteininden daha yüksektir (Munoz-Insa vd. 2016). Bazı yazarlar (Pomeranz vd. 1970; Ram´ırez vd. 2003), tritikale protein içeriğinin %8,0 ile %22,5 arasında olduğunu bildirmiştir. Bu gerçek, görünüşe göre buğday ve çavdardaki protein fraksiyonlarının birleşiminden kaynaklanmaktadır. Tritikale'nin glüten içeriği buğdayınkinden daha düşük ve daha düşük kalitededir

(zayıf ve daha az elastik). Ek olarak, bazı tritikale hatları saf hallerinde yüksek seviyelerde amilolitik ve proteolitik aktivite gösterir (Munoz-Insa vd. 2016).

Tritikalenin mevcut kullanımları büyük ölçüde kimyasal bileşimi tarafından belirlenmektedir (McGoverin vd. 2011; Munoz-Insa vd. 2016). McGoverin vd. (2011) tritikale kullanımlarını incelemiştir. Tritikale'nin fırınlama, özellikle ekmek yapımı için uygun olmayan doğası erken kabul edilmiş ve bunun üzerine fırınlama amaçlı tritikaleyi geliştirmek için çaba gösterilmiştir. Tritikale unları düşük glüten içeriği, düşük glüten kuvveti ve yüksek seviyelerde α-amilaz aktivitesi nedeniyle zayıf hamurlar üretmektedir (Munoz-Insa vd. 2016). Ancak Lorenz vd. (1972), karıştırma prosedüründe sadece küçük değişiklikler yaparak kabul edilebilir kalitede tritikale ekmeği üretme olasılığını göstermiştir. Buna karşılık, tritikalenin düşük jelatinizasyon sıcaklıkları (59-65°C) ile birlikte yüksek seviyelerde α-amilaz (Mergoum ve Macpherson, 2004) ve yüksek proteolitik aktivite üretmesinin olumlu yanları da vardır. Bu durum tritikalenin maltlama ve mayalamada iyi performans göstermesini sağlamaktadır. Tritikale'nin mayalamaya yardımcı olarak kullanımı (Gruji´c vd. 2010) ve maltlama ve mayalama işlemine uygunluğu konusunda yoğun araştırmalar yapılmıştır (Munoz-Insa vd. 2016).

Tritikale maltı genel olarak daha yüksek malt kayıplarına sahiptir. Aynı zamanda daha yüksek malt özütlerine, diyastatik güce ve arpa maltından daha yüksek α-ve β-amilaz aktivitesine sahip olarak tanımlanmaktadır (Munoz-Insa vd. 2016). Gupta vd. (1985) ve Pomeranz vd. (1970), tritikale maltlarının ezilmesinden elde edilen mayşelerin azotlu bileşikler bakımından zengin olduğunu ve yüksek proteolitik aktiviteden kaynaklanan koyu bir renge sahip olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca tritikale maltından elde edilen şıra, arpa malt şırasına göre daha yüksek viskoziteye sahiptir (Munoz-Insa vd. 2016; Rakha vd. 2012).

Tritikale karbonhidratlar, proteinler, lipitler, polifenoller, vitaminler, mineraller, fitik asit ve diğer mikro besinlerden oluşur. Bileşimi ve özellikleri nedeniyle tritikale, gıda üretimi için yüksek potansiyele sahiptir. Tritikaleden ekmek, kurabiye, makarna, malt ve alkollü içecekler dahil olmak üzere çeşitli yiyecek ve içecekler geliştirilmiştir (Yu

ve Liu, 2019; Zhu 2018). Bu nedenle, tritikale büyüyen sağlıklı gıda pazarında ve yeni tahıl ürünlerinin formülasyonunda potansiyel kullanımlara sahip olabilir.

Tritikale ekmeklik buğdaylarla paçal yapılarak, mayalı ekmek üretiminde kullanılmaktadır (Coşkuner ve Karababa, 2005; Sertakan, 2006). Bunun sebebi ise tritikale proteinlerinin, buğdaydaki glüten proteinlerinin fonksiyonel özelliklerine tamamıyla sahip olmamasıdır. Zayıf hamur özellikleri ve yetersiz gluten miktarı ve kalitesinden dolayı tritikale unu kraker ve bisküvi üretimi için uygundur (Sertakan, 2006).

2.5.4 Karabuğday

Şekil 2.5 *Fagopyrum esculentum*

Polygonaceae familyasının *Fagopyrum* türüne ait karabuğday, pseudo-tahıl özelliği göstermektedir. Hemen hemen her bölgede yetişebilen karabuğday, çoğunlukla kuzey yarım kürede yetişmektedir. Çin, Rusya, Kazakistan ve Ukrayna karabuğday üretiminin en fazla yapıldığı ülkelerdir (Kılıç ve Elmacı, 2018). En çok yetiştirilip, gıda kaynağı olarak kullanılan, tarımsal öneme sahip iki türü, Tatar karabuğdayı olarak adlandırılan *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn ve yaygın karabuğday olarak adlandırılan *Fagopyrum esculentum* Moench'dir (İnanır vd. 2019; Kılıç ve Elmacı, 2018).

Çok yönlü kullanım olanağına sahip olan karabuğday, ekmek, kurabiye, makarna, kraker, şehriye gibi temel gıda maddelerinde ve çay, bira, bal, sirke ve ispirto gibi diğer

ürünlerde kullanılmaktadır. Ayrıca hayvan beslenmesinde de yer almaktadır (Kılıç ve Elmacı, 2018). Glüten içermemesi nedeniyle, glüten intoleransı olan kişiler ve çölyak hastaları tarafından tercih edilmektedir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Terpinic vd. 2016).

Tür ve çeşidine bağlı olarak karabuğdayın protein oranı %8,5-19 arasındadır. Karabuğday, yüksek biyolojik değere ve dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olması nedeniyle yumurta proteininin biyolojik değerinin %92,3'üne karşılık gelmektedir (Dziadek vd. 2016; Kılıç ve Elmacı, 2018; Wronkowska ve Haros, 2014). Karabuğday tanesi %64,5 oranında globülin, %12,5 albumin, %8,0 glutelin ve %2,9 prolamin içermektedir. Karabuğday özellikle tahıllarda sınırlı miktarda bulunan lisin aminoasidi açısından zengindir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Pirinç, amarant ve kinoadan fenilalanin (862 mg/100 g) bakımından daha zengindir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Mota vd. 2016).

Karabuğday tanesinin toplam karbonhidrat oranı %67,8-70,1 aralığında olup, bunun %54,5'ini nişasta oluşturmaktadır (Kılıç ve Elmacı, 2018). Kabuğu ayrılmış karabuğdayda ise ortalama nişasta ve karbonhidrat konsantrasyonu sırasıyla 49,35 g/100 g ve 78,99 g/100 g olarak tespit edilmiştir (Dziadek vd. 2016; Kılıç ve Elmacı, 2018). Yaygın karabuğdaydaki amiloz konsantrasyonu %22-26 arasında (Li vd. 1997), nişastada bulunan toplam amiloz konsantrasyonu ise %36-43 arasında tespit edilmiştir (Gao vd. 2013; Kılıç ve Elmacı, 2018). Yüksek oranda dirençli nişasta içermesi nedeniyle karabuğday, düşük glisemik indeks değerine sahiptir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Bütün ve kabuğu ayrılmış karabuğdayda dirençli nişasta konsantrasyonu sırasıyla 3,239-6,58 g/100 g ve 6,13-11,04 g/100 g olarak belirlenmiştir (Dziadek vd. 2016; Kılıç ve Elmacı, 2018). Yüksek oranda bulunan dirençli nişasta, kolon kanserini önlemede fayda sağlamakta (Skrabanja vd. 2004) ve laktik asit bakterilerinin bağırsak mikroflorasında gelişimine yardımcı olarak prebiyotik etki göstermektedir (Kılıç ve Elmacı, 2018).

Toplam diyet lif ve çözünebilir diyet lif bakımından karabuğday kabuğu zengin bir kaynaktır. Tatar karabuğdayın tohumunda diyet lif oranı %25,98, ununda %6,29, yaygın karabuğdayın tohumunda %27,38, ununda %6,77 olarak bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday kabuğundaki ortalama diyet lif miktarı 79,11 g/100g,

kabuğundan ayrılmış tohumda ise 4,43 g/100g olarak tespit edilmiştir (Dziadek vd. 2016; Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday tanesindeki çözünür diyet lif oranı %20-30, ham lif oranı ise %9,3-10,9 olarak belirlenmiştir (Cai vd. 2004; Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday tam ununda ham lif oranı 10 g/100 g, kabuksuz karabuğday ununda ise 0,5g/100g olarak saptanmıştır (Kılıç ve Elmacı, 2018).

Karabuğday %1,7-4,0 arasında toplam yağ içeriğine sahiptir. Çoklu doymamış yağ asitleri bu oranın %40'ını oluştururken, doymamış yağ asitleri toplam yağ asitlerinin %80'ini oluşturmaktadır. Karabuğdaydaki baskın yağ asidi içeriğini oleik asit (%36,5), lineloik asit (%35,5) ve palmitik asit (%14,8) oluşturmaktadır. En yüksek yağ miktarının embriyoda (%9,6-19,7), en düşük yağ miktarının kabukta (%0,4-0,7) olduğu bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018).

Karabuğday taneleri selenyum, çinko, mangan ve bakır gibi mikro elementler (Stibilj vd. 2004) ve magnezyum, potasyum, kalsiyum ve sodyum gibi makro elementler bakımından önemli bir kaynaktır. Karabuğday tanesinde bulunan bazı mineraller Steadman vd. (2001) tarafından Ca (19,7 mg/100 g), K (565 mg/100 g), Mg (267 mg/100 g), P (490 mg/100 g), Fe (3,03 mg/100 g), Mn (1,64 mg/100 g), Zn (2,92 mg/100 g) olarak bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018).

A (karotenoidler), C (askorbik asit), E (tokoferoller), B1 (tiamin), B2 (riboflavin), B3 (niasin), B5 (pantotenik asit) ve B6 (piridoksin) vitaminlerini içeren karabuğday, vitamin çeşitliliği bakımından zengindir. B1, B2, B3, B5 ve B6 vitaminlerinin konsantrasyonları sırasıyla 0,22, 0,1, 1,8, 1,1 ve 0,17 mg/100g, toplam tokoferol konsantrasyonu ise 1,43 – 5,5 mg/100g olarak bildirilmiştir (Bobkov, 2016; Kılıç ve Elmacı, 2018).

Karabuğday, fenolik bileşen içeriği ve antioksidan aktivite bakımından birçok tahıla göre daha yüksek değerlere sahiptir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Sedej vd. 2012). Karabuğday dışında diğer tahıllar ve pseudo-tahıllar rutin içermediği için karabuğday rutin bakımından majör beslenme kaynağı olarak bilinmektedir. Rutin konsantrasyonu yaygın karabuğdayda 0,2 mg/g, Tatar karabuğdayında ise 81 mg/g tespit edilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018). Karabuğday, rutinin yanı sıra antosiyaninler, tokoferoller ve

fenolik asitler gibi önemli antioksidanları bünyesinde bulundurmaktadır (Giménez-Bastida vd. 2015; Kılıç ve Elmacı, 2018; Seo vd. 2015).

Yaygın karabuğday tohumlarının filizlendirilmesi ile rutin, toplam polifenol ve antioksidan aktivite konsantrasyonlarının arttığı bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Yiming vd. 2015). Maltlama işleminin 64. saatinden sonra yaygın karabuğdayın antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik bileşeninde sırası ile %106 ve %122 oranlarında artış olduğu (Kılıç ve Elmacı, 2018; Terpinic vd. 2016), Tatar karabuğdayı tohumunda ise 88. saatin sonunda en yüksek konsantrasyonlara ulaşıldığı, fenolik madde konsantrasyonunun işlem sonunda 47,7-58,8 mg GAE/g kuru ağırlık olduğu rapor edilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Molinari vd. 2017). Tatar karabuğdayı filizlerinde düşük konsantrasyonlardaki sodyum bikarbonatın toplam fenolik bileşen, flavonoid ve D-chiro-inositol (DCI) konsantrasyonları ile antioksidan ve α-glukosidaz inhibitör aktivitelerini artırdığı bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Qin vd. 2017).

Formüle ilave edilen karabuğdayın son üründeki antioksidan aktivite ve fenolik bileşeni artırdığını yapılan çalışmalar göstermektedir (Hidalgo vd. 2018; Kılıç ve Elmacı, 2018; Molinari vd. 2017; Sakac vd. 2015). %30 karabuğday maltı ve %70 pirinç unu kullanılarak üretilen glütensiz kurabiyelerde yüksek antioksidan aktivite, kuersetin, toplam fenolik bileşen ve düşük glisemik indeks tespit edilmiş, çimlendirmenin 88. saatinin sonunda en yüksek antioksidan aktiviteye ulaşılmış, fenolik bileşenlerden viteksin, orientin ve kuersetinde önemli oranlarda artış, rutinde ise düşük oranda artış tespit edilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018; Molinari vd. 2017).

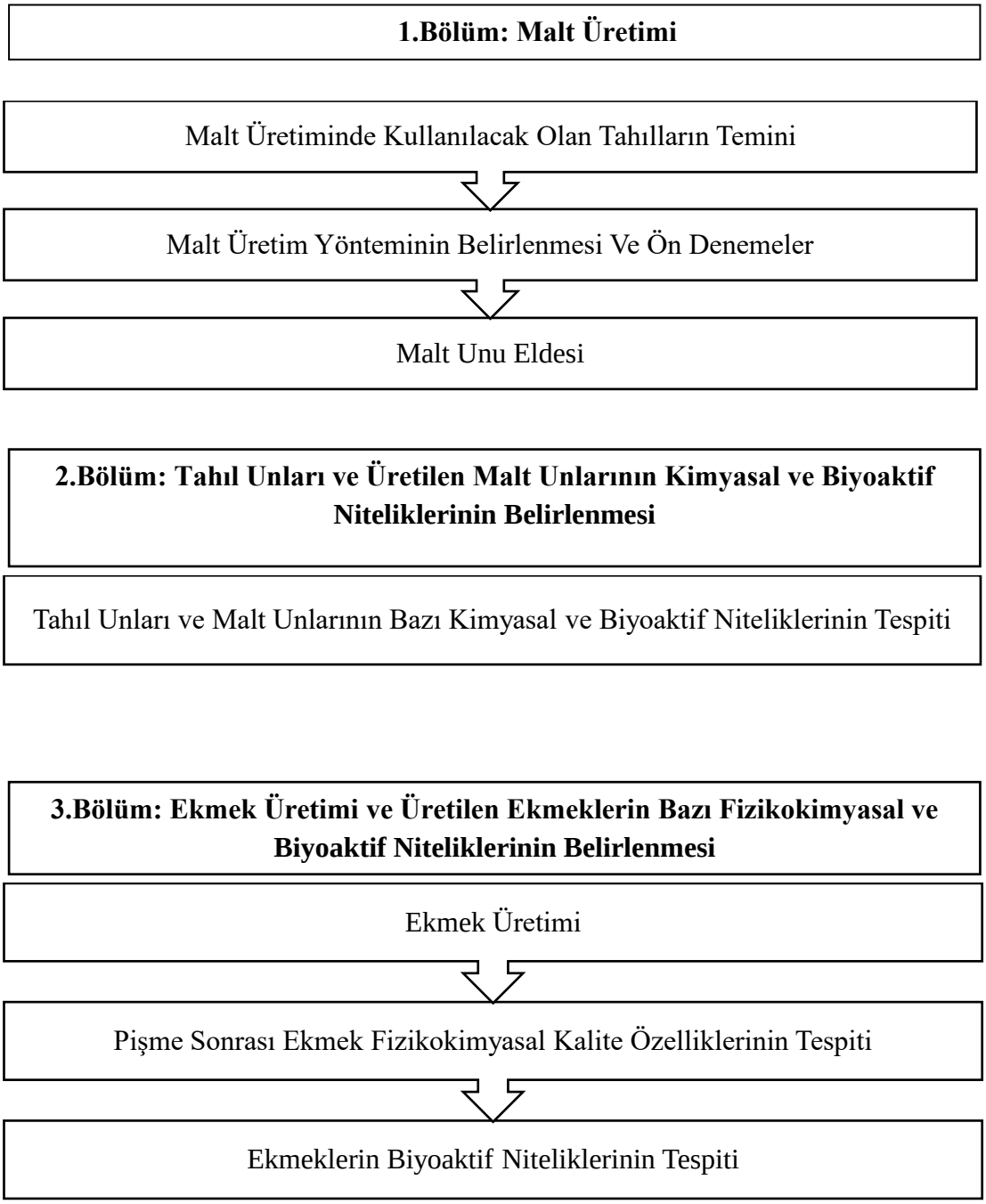
3. MATERYAL VE METOD

Araştırmada kullanılan siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday örnekleri Kastamonu ili Devrekani ilçesinde yetiştiricilik yapan çiftçilerimizden temin edilmiştir. Kontrol örneği olarak malt unu üretiminde temel hammadde olan arpa kullanılmıştır. 2021 yılı yaz dönemi hasatından alınan numuneler selektörden geçirilerek yabancı maddelerinden ayrılmış ve çalışma süresince laboratuvarda kuru ve serin ortamda saklanmıştır. Tez çalışmasının deneysel aşamasında kullanılan cihazlar Tablo 3.1'de belirtilmiştir.

Tablo 3.1 Tez çalışmasında kullanılan cihazlar

Cihaz	Marka	Model	Ülke
Renk ölçüm cihazı	3nh	NR145	Çin
Çalkalamalı inkübatör	Heidolph	Unimax 1010	Almanya
Etüv	Nükleon	Nkd 250	Türkiye
Etüv	Mikrotest	MST55	Türkiye
Santrifüj cihazı	Nüve	NF 800R	Türkiye
Manyetik karıştırıcı	MTOPS	MS300HS	Kore
Vorteks	Heidolph	Reax Top	Almanya
Spektrofotometre	Schimadzu	UV-1800	Japonya
Hassas terazi	OHAUS	Pioneer	ABD
pH metre	OHAUS	ST 3000	ABD
Ekmek yapma makinesi	Arçelik	K 2715	Türkiye
Tekstür profil analiz cihazı	Stable Micro Systems	TA.XT Plus C	İngiltere
Protein tayin cihazı	Buchi	K-355	İsviçre
Kül fırını	JSR	JSMF-45T	Kore
İndüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi	Spectro	SpectroBlue	Almanya
Falling number	Bastak	5001	Türkiye
Mikro dalga yakma sistemi	Milestone	EthosOne	İtalya
Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC)	Shimadzu	LC20-A Prominence	Japonya
Terazi	TEM	NS	Türkiye
Su banyosu	Mikrotest	MSB	Türkiye
Soğutmalı inkübatör	JSR	JSBI-150C	Kore

Tez çalışması için planlanan aşamalar akım şeması halinde Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Tez planı ve akım şeması

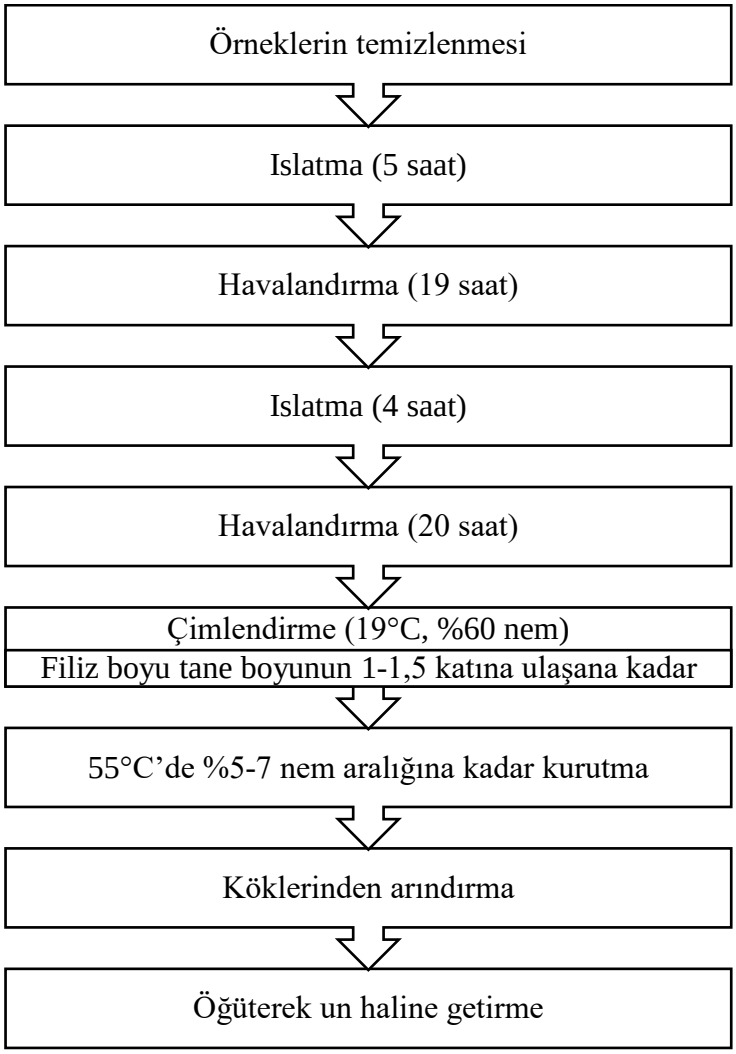
Tez çalışması 2 tekerrür, 2 paralel olarak yapılmıştır. Tezin basamakları; malt üretimi ve malt unu eldesi, tahıl unları ve malt unlarının bazı kimyasal ve biyoaktif niteliklerinin tespiti, ekmek üretimi, pişme sonrası ekmek fizikokimyasal ve biyoaktif niteliklerinin tespiti ve istatistiksel analizlerdir.

3.1 Un Üretimi

Selektörden geçirilerek laboratuvara getirilen tahıllar tekrar kontrol edilerek olası yabancı madde kontrolü yapıldı. Siyez buğdayları kavuzlarından ayrıldı. Tahıllar tam buğday formunda laboratuvar tipi öğütücüde öğütülerek un haline getirildi. Temel bileşen analizinde kullanılmak üzere hazır hale getirildi.

3.2 Malt Üretimi

Malt üretimi Zhao vd. (2021)'e göre modifiye edilerek yapılmıştır (delikli çimlendirme kutuları yerine yayvan kap kullanılmış, dondurarak kurutma yerine etüvde kurutulmuştur). Arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday tahılları yabancı maddelerden arındırılmıştır. 19°C sıcaklık %60 nemli ortamda çimlendirme sırasıyla 5 saat ıslatma, 19 saat havalandırma, 4 saat ıslatma ve 20 saat havalandırma olarak uygulanmıştır. Filiz boyu tane boyunun 1-1,5 katına ulaştığında çimlenmeyi durdurmak için çimlenmiş tohumlar 55°C'lik etüvde %5-7 nem aralığına ulaşıncaya kadar kurutulduktan sonra elle köklerinden arındırılıp öğütülerek un haline getirilmiştir. Malt üretiminde kullanılan yöntem Şekil 3.2'de belirtilmiştir. Arpa, siyez, tritikale, karabuğday unları ve bunlardan üretilen malt unları Şekil 3.3'te yer almaktadır.



Şekil 3.2 Malt üretiminde kullanılan yöntem

Şekil 3.3 Tahıl unları ve malt unları (a0: Arpa unu; a1: Arpa malt unu; s0: Siyez unu; s1: Siyez malt unu; t0: Tritikale unu; t1: Tritikale malt unu; k0: Karabuğday unu; k1: Karabuğday malt unu)

3.3 Kimyasal Analizler

3.3.1 Nem

Tahıl unlarında, bunlardan üretilen malt unlarında ve ekmeklerde nem analizi, ICC Standard Methods No. 110/1'e göre yapılmıştır. Bu amaçla, önce 135°C'lik etüvde daha sonra desikatörde tutularak sabit tartıma getirilen tartım kaplarının daraları belirlenmiştir. Yaklaşık 2 g numune 133°C'deki etüvde sabit tartıma gelmesi sağlanmıştır. İşlem sonrasında desikatöre alınarak oda sıcaklığına soğuması beklenmiş ve örneklerin ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. Daralar hariç tutularak, başlangıç ve sondaki örneğe ait tartım farkları hesaplanarak rutubet kaybı % olarak belirlenmiştir.

3.3.2 Kül

Tahıl unlarında ve bunlardan üretilen malt unlarında kül analizi, ICC Standard Methods No. 104/1'e göre yapılmıştır. Sabit tartıma getirilen porselen krozelere yaklaşık 0.5 g numune tartılarak kül fırınında 900°C'de beyaz kül oluşuncaya kadar yakılmıştır. Ardından oda sıcaklığına kadar desikatörde soğutulmuş ve dara hariç tutularak, başlangıçtaki numune miktarına göre % kül oranı hesaplanmıştır.

3.3.3 Ham Protein

Tahıl unlarında ve bunlardan üretilen malt unlarında protein analizi AOAC 960.52 Kjeldahl yöntemine göre yarı otomatik protein tayin cihazı kullanılarak yapılmıştır (AOAC, 1990; Hendek Ertop, 2014). Yaklaşık 1 g numune tartılarak protein yakma ünitesinde yaş yakma işlemine tabi tutulmuştur. Ardından sırasıyla destilasyon, borik asit ile damıtma ve HCl ile titrasyon yapılmıştır. Sonuçlar; arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday için sırasıyla 5,83; 5,70; 5,72; 6,25 çevirme faktörleri ile çarpılmasıyla hesaplanmıştır.

3.3.4 Ham Yağ

Tahıl unlarında ve bunlardan üretilen malt unlarında yağ analizi, Soxhlet cihazı kullanılarak hekzan yardımıyla yapılan ekstraksiyonla belirlenmiştir (AACC, 2000).

3.3.5 Karbonhidrat

Tahıl unları ve malt unlarında genel karbonhidrat içeriği rutubet, kül, protein ve yağ içerikleri toplamının yüzden çıkarılması ile hesaplanmıştır.

3.3.6 pH ve Titrasyon Asitliği

Tahıl unları ve malt unlarında asitlik gelişimini tespit için pH ve titrasyon asitliği belirlenmiştir. pH ve titrasyon asitliğini belirlemek için 10 g örnek alınarak saf su ile 100 ml'ye tamamlanmış ve homojen bir karışım elde edilmiştir. Bu karışıma pH metre elektrodunun daldırılmasıyla karışımın pH'sı ölçülmüştür. Aynı karışım fenolftalein indikatörü eşliğinde 0.1 N NaOH ile pembe/açık kırmızı renk 1 dak. sabit kalıncaya kadar titre edilmiştir. Sarfedilen 0.1 N NaOH miktarı belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla % titrasyon asitliği hesaplanmıştır (Elgün vd. 2001; Hendek Ertop, 2014).

$$Titrasyon\ asitliği\ \% = \frac{\text{Harcanan 0.1 N NaOH ml x (f)}}{\text{Titre edilen örnek miktarı ml veya g}}\ x\ 100 \qquad (3.1)$$

f=Baz çözeltisinin normalitesi tam 0.1 olmadığında kullanılacak düzeltme faktörü

3.3.7 Düşme Sayısı

Tahıl ve malt unları ile tezde öngörülen oranlarda malt/buğday unu karışımlarında düşme sayısı analizleri düşme sayısı ölçüm cihazı ile ICC Standard Methods No. 107/1'e göre yapılmıştır.

3.3.8 Renk

Tahıl unları ve malt unlarında renk ölçümleri kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Kolorimetre cihazı üç boyutlu renk ölçümünü esas almakta olup, X eksenindeki a^*; kırmızı (+a), yeşil (-a), Y eksenindeki L^* (lightness); 0=siyahtan, 100=beyaza kadar

olan örneğin açıklık-koyuluk (parlaklık), Z eksenindeki *b**; sarı (+*b*), mavi (-*b*) renk boyutunu göstermektedir. 5 ayrı noktadan ölçüm yapılarak değerlerin ortalaması alınmış ve renk değerleri belirlenmiştir (Hayta ve Hendek Ertop, 2019).

3.3.9 Fitik Asit İçeriği

Tahıl unları ve malt unlarında fitik asit içeriğinin belirlenmesinde Haug ve Lantzsch (1983) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmıştır. Analizde fitik asit referans solüsyonunun hazırlanmasında fitik asidin sodyum tuzu ($C_6H_6O_{24}P_6Na_{12}$) kullanılmış, stok solüsyonun HCl ile seyreltilmesiyle referans solüsyonlar hazırlanmıştır (3-30 µg). Referans çözeltilerin spektrofotometrede okunan absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi EK 1'de verilmiştir. Ferrik çözeltisi (Demir-III Çözeltisi) için amonyum demir-III sülfat. 12 H_2O Ferrik solüsyonu, 0,2 g Amonyum Demir-III sülfat.12 H_2O, 100 ml 2N HCl içerisinde çözülmüş ve hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır. 2,2-Bipiridin çözeltisi için ise; 10 g 2,2-bipiridin ve 10 ml tiyoglikolik asit saf suda çözülmüş ve hacim saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır.

Öğütülmüş örnek HCl ile 1 saat çalkalayıcıda karıştırılarak ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakttan paralel olarak 0,5 ml alınmış, 1 ml ferrik solüsyonu (konsantrasyon =23 µg/ml veya 23 ppm çözelti) ilave edilerek 105°C su banyosunda 30 dak. tutulmuştur. Reaksiyon karışımı 2 ml 2,2-bipiridin çözeltisinin ilavesi ve çalkalanmasıyla sağlanmıştır. Karışım küvetlere aktarılmış ve spektrofotometrede 519 nm dalga boyunda 4 dak. içinde absorbans okunmuştur.

3.3.10 Mineral Madde İçeriği

Örneklerin (tahıl unları ve malt unlarının) mineral madde içeriklerinin belirlenmesinde Atasoy ve Hendek Ertop (2021)'un kullandığı yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Örnekler mikrodalga yakma sistemi (Milestone Ethos One, İtalya) kullanılarak yakılmış daha sonra İndüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile tayin edilmişlerdir. 0,25 g örnek tartılıp üzerine 10 ml HNO_3 (67% v/v) ilave edilmiş, mikrodalga kaplarının ağızları kapatılarak yakma için uygun sıcaklık programı uygulanmıştır. Analiz için sıcaklık programı; 45 bar basınçta ilk 15 dak. 200°C'ye çıkılmış, daha sonra 15 dak. 200°C'de sabit tutulmuştur. İşlem

sonunda çözeltilerin oda sıcaklığına soğuması beklenmiş, daha sonra çözelti haline gelen numunelerin üzeri 50 ml'lik balon joje içerisinde ultra saf su ile tamamlanmıştır (Seyreltme faktörü=200). Ölçümler 3 paralel yapılmış, sonuçlar ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

ICP-OES için temin edilen multielement standart stok çözeltisi (Merck, Germany) kalibrasyon standartlarının hazırlanmasında kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler ve kalibrasyon çözeltileri SpectroBlue marka ICP-OES cihazında analiz edilmiştir. ICP-OES çalışma parametreleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2 ICP-OES çalışma parametreleri

Cihaz	Spectro Blue II
Dalgaboyu	nm
Tekrar	3
Spraychamber	Cyclonic
Nebulizer Akışı (L/min)	0,8
PlasmaTorc	Quartz
CoolantFlow (L/min)	13
AuxiliaryGasFlow (L/min)	0,8
Örnekleme Pompalama Hızı (rpm)	30
Plazma Gücü (W)	1200

3.3.11 İndirgen Şeker Analizi

Örnekler (tahıl unları ve malt unları) 15 ml'lik santrüfüj tüplerine 1'er g tartılmıştır. Ardından toplam hacim 10 ml olacak şekilde 0,5 ml Carrez I, 0,5 ml Carrez II çözeltisi ve 70°C'de 9 ml su eklenmiştir. Örnekler vortekste 3 dak. ekstrakte edilmiştir. Ardından 9200 x *g*'de 6 dak. santrüfüj edildikten sonra örneklerin üzerinde kalan sıvı kısım toplanmıştır. Çökeltiye 70°C'de 10 ml su eklenerek ekstraksiyon ve santrüfüj işlemleri tekrarlanmıştır. 2 aşamalı ekstraksiyon sonrası elde edilen süpernatantlar birleştirilerek 9200 x *g*' de 10 dak. santrüfüj edilmiştir. Elde edilen berrak ekstrakt 0.45 µm'lik filtreden geçirilmiştir (Basıncı, 2010). HPLC ile şeker analizi koşulları

Tablo 3.3'te verilmiştir. Maltoz, glikoz, sakkaroz ve fruktoz için oluşturulan kalibrasyon eğrileri EK 2'de belirtilmiştir.

Tablo 3.3 HPLC koşulları

Ekipman:	Shimadzu
Degazör:	DGU-20 A 5R Prominence
Pompa:	LC-20 AT Prominence
Kontrol Ünitesi:	CBM-20A Prominence
Dedektör:	RID
Otomatik Örnek Enjeksiyon Ünitesi:	SIL-20AC HT
Kolon Fırını:	CTO-10AS VP
Kolon:	NH_2 (5µm, 250x 4,6mm)
Akış Hızı:	1,3 ml/dk
Mobil Faz:	ACN:ddH_2O (80:20)
Analiz Süresi:	35 dak.
Kalibrasyon Noktaları:	%0,5; 2,5; 5; 10; 20

3.3.12 Antioksidan Aktivite

Tahıl unları ve malt unlarının ekstraksiyonu için 2 g örnek üzerine 20 ml %80'lik metanol çözeltisi ilave edilerek 37°C'de 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örnekler 15 dak. 10000 rpm'de santrifüjlenmiş ve supernatant kısımları alınarak filtre kağıdından süzülmüştür.

Antioksidan aktivite, serbest radikallerin süpürülmesine dayanan DPPH metodu kullanılarak elde edilen ekstrakt ile yapılmıştır. Antioksidan aktivite tayini, Atasoy ve Hendek Ertop (2021)'e göre modifiye edilmiştir.

Ekstrakt içerisindeki fenolik bileşiklerin DPPH radikali üzerindeki süpürücü etkisini tespit etmek amacıyla 2 ml %80'lik metanol, 150 µl ekstrakt ve 350 µl DPPH çözeltisinden oluşan karışım 15 s vortekste karıştırılıp, 30 dak. karanlıkta oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda UV-VIS spektrofotometrede 517 nm'de absorbansları okutulmuş ve % inhibisyon değerleri aşağıdaki formül ile tespit edilmiştir.

$$\%\ inhibisyon\ değeri = \left(1 - \left(\frac{As}{A0}\right)\right) * 100 \qquad (3.2)$$

A_S: Örnek ekstraktına ait absorbans değeri
A_0: Şahit DPPH çözeltisinin absorbans değeri

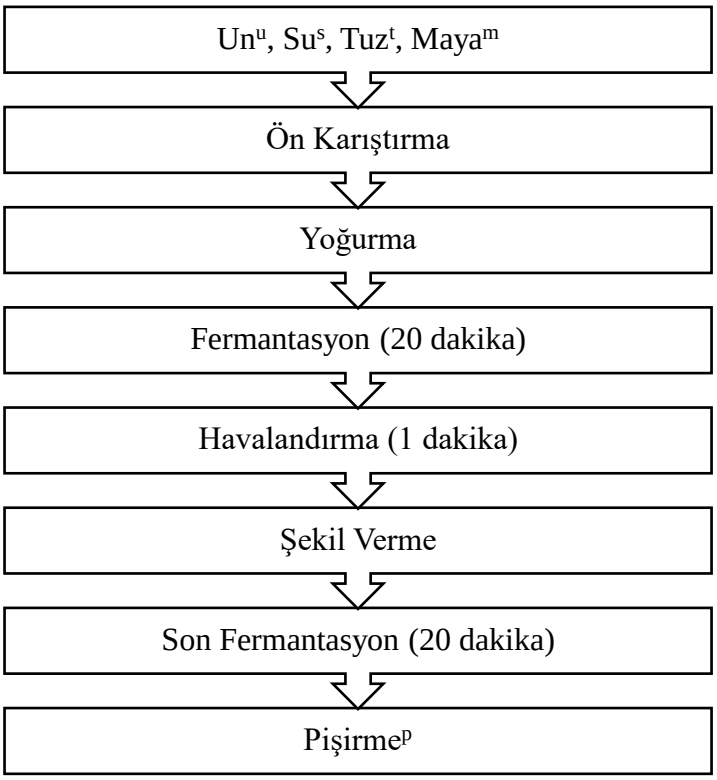
3.3.13 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin tespiti amacıyla 3.2.12'de hazırlanan numune ekstraktları Folin-Ciocalteau yöntemi (Shahidi ve Naczk, 1995) kullanılarak belirlenmiştir. 0,1 mL ekstrakt sırasıyla, 0,5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ile (reaktif:su karışımı 1:10 v/v) karıştırılmış, 5 dak. karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 0.4 mL doymuş sodyum karbonat çözeltisi ve 4 mL saf su ile karıştırılmıştır. Karışım yaklaşık 1 saat oda koşullarında karanlık ortamda bekletilmiş ve 760 nm'de UV-VIS spektrofotometrede absorbansları ölçülmüştür. Örneklerin fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri (GAE) üzerinden verilmiştir (Hayta ve Hendek Ertop, 2017; Mattıla vd. 2005; Mıchalska vd. 2007). Bu amaçla 12,5-200 µg/ml aralığında hazırlanan gallik asit standartları kullanılarak gallik asit standart kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (EK 3).

3.4 Ekmek Üretimi

Ekmek üretiminde hammadde olarak %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 oranlarında malt unu ikameli ekmeklik buğday unu kullanılmıştır. Karşılaştırma amacıyla malt unsuz buğday unu ekmeği de üretilmiştir. Kullanılan buğday ununun nem, kül, protein ve yağ içerikleri sırasıyla %10,71; 0,53; 11,30 ve 0,45'tir. Ekmeklerin hazırlanmasında direkt hamur yapım metodu kullanılmış olup, uygulanan yöntem Şekil 3.4'te, ekmek formülleri de Tablo 3.4'te verilmiştir (Elgün ve Ertugay, 2011).

Baton ekmek üretimi için sırasıyla ön karıştırma, yoğurma, fermantasyon (20 dak.), havalandırma, şekil verme, son fermantasyon (20 dak.) ve 180°C'lik fırında fanlı ayarda pişirme işlemleri uygulanmıştır (Hendek Ertop, 2014).



u: % (0-7,5) oranlarında malt unu ikamesi yapılan ekmeklik buğday unu

s: 85 ml
t: 2,25 g
m: 1,875 g
p: 180°C'de 65 dakika pişirme

Şekil 3.4 Ekmek üretiminde kullanılan yöntem

Tablo 3.4 Malt unu ikâmeli ekmek formülleri

	Malt Unu (g)	Buğday Unu (g)	Su (ml)	Tuz (g)	Maya (g)
%100 Buğday Unu	-	150,000	85	2,25	1,875
%0,75 Malt Unu	1,125	148,875	85	2,25	1,875
%1,25 Malt Unu	1,875	148,125	85	2,25	1,875
%2,5 Malt Unu	3,750	146,250	85	2,25	1,875
%5 Malt Unu	7,500	142,500	85	2,25	1,875
%7,5 Malt Unu	11,250	138,750	85	2,25	1,875

3.5 Ekmek Kalite Analizleri

Buğday ununa; arpa, siyez, tritikale ve karabuğdayın maltlanması sonucu elde edilen malt unları farklı oranlarda ilave edilerek ekmek üretimi yapılmıştır. Pişme sonrası ekmeklerin kalite özellikleri belirlenmiştir.

3.5.1 Pişme Kaybı

Pişme kaybı değeri, pişme sırasında hamurdan uzaklaşan nem miktarının % olarak hesaplanması ile belirlenmiştir (Tuluk, 2017).

3.5.2 Hacim ve Spesifik Hacim

Pişirme sonrası oda koşullarında 1 saat soğutulan ekmeklerde (Artan vd. 2010; Hendek Ertop, 2014), ekmeklerin ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ekmek hacmi (cm^3); kolza tohumuyla yer değiştirme esasına dayalı yöntem kullanılarak belirlenmiştir (Elgün ve Türker, 1998; Hendek Ertop, 2014). Ekmek spesifik hacim değeri (cm^3/g) aşağıdaki formüle göre, ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (Artan vd. 2010; Hendek Ertop, 2014).

$$Spesifik\ hacim\ \left(\frac{cm^3}{g}\right) = \frac{Somun\ ekmek\ hacmi\ (cm^3)}{Ekmek\ ağırlığı\ (g)} \tag{3.3}$$

3.5.3 Kabuk Kalınlığı

Ekmeklerden 10 mm kalınlığında düzgün bir kesit alınarak, 5 noktasından dijital kumpas ile kabuk kalınlığı ölçülmüştür (Hendek Ertop, 2014).

3.5.4 Kabuk ve İç Rengi

Ekmeklerin kabuk ve ekmek içi renk yoğunlukları 3.3.8'de belirtilen yönteme göre belirlenmiştir. $L*$, $a*$ ve $b*$ değerleri 5 farklı noktadan, ekmeklerde dış kabuğunda, 25 mm kalınlığında kesilen ekmek dilimlerinde ise ekmek içinde belirlenmiş ve ölçümler 2 kez tekrarlanmıştır. Ayrıca, kontrol örneği ile farklı malt unu ikâmeli ekmekler arasındaki renk değeri farklılıklarını belirlemek amacıyla Delta E (ΔE) değerleri hesaplanmıştır (Doğan ve Uyak, 2020; Uyak vd. 2020).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L*)^2 + (\Delta a*)^2 + (\Delta b*)^2} \tag{3.4}$$

3.5.5 Rutubet Miktarı ve Rutubet Kaybı (RK)

Ekmek piştikten 3 saat sonra olmak üzere, ekmek içi nem miktarını belirlemek için önceden 130°C'de kurutularak darası alınmış kaplara ekmeklerin orta merkezinden 3-5 g tartılmıştır. Etüvde 105°C'de 12 saat kurutulduktan sonra, kurumadan önceki ve sonraki değerler kullanılarak nem miktarı hesaplanmıştır (Elgün vd. 2001; Hendek Ertop, 2014). Rutubet kaybı, örneğin başlangıç ağırlığının yüzdesi olarak ağırlık kaybıyla hesaplanmıştır (Hendek Ertop, 2014; Poinot vd. 2008).

Ekmek örneklerinde raf ömrü süresince zamana bağlı rutubet kaybını belirlemek için RK hesaplanmıştır. Bu amaçla RK_1 (İlk güne göre bağıl rutubet kaybı) ve RK_2 (Bir önceki güne göre bağıl rutubet kaybı) değerleri hesaplanmıştır (Hendek Ertop, 2014).

$$RK_1 = \frac{(R_0 - R_{2,3,5,6})}{R_0} x100 \quad (3.5)$$

$$RK_2 = \frac{(R_1 - R_2)}{R_1} x100 \quad (3.6)$$

R_1: Bir önceki güne ait rutubet (%)
R_2: Hesaplama yapılacak güne ait rutubet (%)

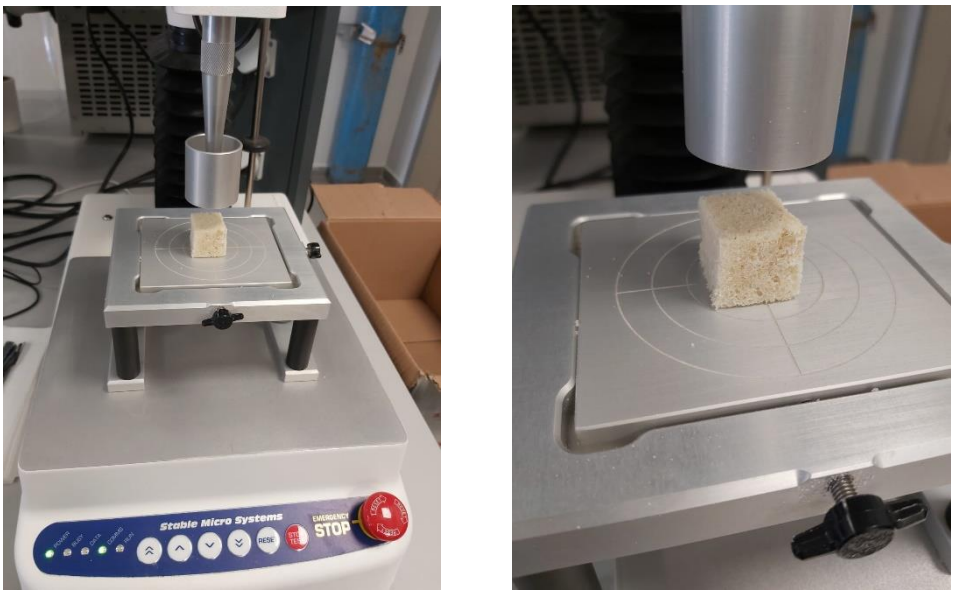
3.5.6 Kül Analizi

Ekmeklerin kül miktarları, 3.3.2'de belirtilen yönteme göre yapılmıştır.

3.5.7 pH ve Titrasyon Asitliği

Ekmeklerin pH ve titrasyonasitliği analizleri 3.3.6'da belirtilen yönteme göre yapılmıştır.

3.5.8 Tekstür Profil Analizi (TPA)



Şekil 3.5 Ekmek örneklerinin TPA analizi

TPA, tekstür analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ekmeklerin 7. gününde sertlik (hardness), yüzey yapışkanlığı (adhesiveness), esneklik (resilence), iç yapışkanlık (cohesiveness), elastikiyet/yaylanma (springiness) ve çiğnenebilirlik (chewiness) değerleri belirlenmiştir. Gerçekaslan (2006), Sadeghi vd. (2007) ve AACC Metod (74-09) (2000)'a göre yapılan analizde 2 cm kalınlığında dilimlenen ekmeklerin dış kabukları ayrılmıştır. 36 mm çaplı alüminyum silindirik prob kullanılan çalışmada ekmek parçaları orta noktalarından kalınlıklarının %50'si kadar iki defa sıkıştırılmıştır (Hendek Ertop, 2014). Çalışmada kullanılan tekstür analiz cihazının çalışma şartları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 TPA analiz şartları

	Şartlar
Prob çapı	36 mm
Ön test hız	1,0 mm/s
Test hızı	5,0 mm/s
Test sonrası hız	5,0 mm/s
Sıkıştırma oranı	Dilim kalınlığının %50'si
Ekmek dilim kalınlığı	20 mm
Triger gücü	5 g

3.6 Ekmeğin Biyoaktif Nitelikleri

3.6.1 Antioksidan Aktivite

Ekmeklerde antioksidan aktivite tayini 3.3.12'de belirtilen yönteme göre yapılmıştır.

3.6.2 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Ekmeklerin toplam fenolik madde içeriği 3.3.13'te belirtilen yönteme göre yapılmıştır.

3.6.3 *In-vitro* Kül Sindirilebilirlik Oranı

Kül sindirilebilirliğini belirlemek için insan midesindeki asidik ortamda minerallerin ekstrakte edilebilirliği esas alınır. İlk olarak HCl'de ekstrakte edilebilirlik ardından 3 saat boyunca 37°C'de pepsin enzimiyle muamele edilerek midedeki asidik sindirim ortamının *in vitro* şartları uygulanmıştır (Bilgiçli vd. 2006; Hayta ve Hendek Ertop, 2017; Saharan vd. 2001).

Şekil 3.6 Çalkalamalı inkübatörde oluşturulan *in vitro* sindirim ortamı

Bu amaçla, 1 g örnek üzerine 25 ml pepsin çözeltisi (2 g pepsin + 1 litre 0,03 N HCl) ilave edilip karıştırılmıştır. Karışım çalkalamalı inkübatörde (Şekil 3.6) 37°C'de 3 saat

tutulmuştur. Ardından her bir örnek külsüz filtre kağıdından süzülmüştür. Filtre kağıdında kalan kısım filtre kağıdı ile birlikte kül fırınında yakılarak kül miktarı belirlenmiştir. Toplam kül miktarından bulunan değer çıkarılarak sindirilebilir kül miktarı bulunmuştur. Kül Sindirilebilirlik Oranı (KSO) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hendek Ertop, 2014).

$$KSO\ (\%) = \frac{Sindirilebilir\ Kül\ Miktarı}{Toplam\ Kül\ Miktarı} \text{x}100 \tag{3.7}$$

3.7 Duyusal Değerlendirme

Ekmek örneklerinin duyusal olarak değerlendirilmesi Altuğ ve Elmacı (2005) tarafından önerildiği şekilde puanlama testi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla 24-47 yaş aralığında, sigara içmeyen 10 eğitimli panelist (bayan) tarafından 5 puanlık değerlendirme skalası kullanılarak, örneklerin şekil simetrisi, kabuk rengi, pişme düzgünlüğü, görünüş, doku (gözenek yapısı), tatlılık, tuzluluk, lezzet özellikleri değerlendirilmiştir. 3,00 puan ve üzerinde puan alan özellikler panelistler tarafından kabul gören özellikler olarak belirlenmiştir. EK 4'te ekmekler için kullanılan duyusal analiz formu verilmektedir. Ekmek kalite özellikleri Tablo 3.6'da verilmiştir. Ekmeklerde panelistlerin verdiği puanların toplanması ile genel kabul edilebilirlik puanı hesaplanmıştır.

Tablo 3.6 Ekmek kalite özellikleri

	Özellikler	**Değerlendirme**
Dış Özellikler	Kabuk rengi	Homojen renk dağılımına sahip olmalı, benekli olmamalı
	Şekil simetrisi	Düzgün ve simetrik olmalı, basıklık ve çökme olmamalı
	Pişme düzgünlüğü	Tüm yüzeyler düzgün ve eşit kızarmış olmalı
	Kabuk özellikleri	İnce ve kolay parçalanabilir olmalı
İç Özellikler	Gözenek yapısı	İnce, küçük ve homojen olmalı
	İç rengi	Kendine özgü ve uniform renkte olmalı
	Tatlılık	Aşırı tatlı olmamalı
	Tuzluluk	Aşırı tuzlu olmamalı
	Lezzet	Kendine özgü olmalı, aşırı tatlı ve tuzlu, mayalanmış, yavan veya yabancı tat ve kokuya sahip olmamalı
	Çiğneme özellikleri	Hamurumsu ve yapışkan olmamalı
	Yapı	Hamurumsu, ıslak, ufalanan ve çok kuru yapıda olmamalı, kadifemsi ve yumuşak olmalı

3.8 İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen veriler (ANOVA) varyans analizine tabi tutulmuş ve Tukey çoklu karşılaştırma testine, ikili karşılaştırmalar *t* testine göre %95 güven aralığında ($p<0,05$) değerlendirilmiştir. Malt unu kullanım oranına bağlı olarak ekmek kalite değişimlerinde korelasyon değerleri hesaplanmıştır. Duyusal analiz sonuçları ise parametrik olmayan Kruscalwallis testi ile değerlendirilmiştir. Tüm istatistiksel analizler SPSS 17.0.1 paket programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US) kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca ekmek örneklerinden elde edilen verilerin istatistiksel olarak önemini tespit etmek için PAST 4.03 yazılımı kullanılarak Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis, PCA) uygulanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Un Analizleri

4.1.1 Temel Bileşen Analizleri

Çalışmada kullanılan arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday unları ve malt unlarına ait nem, kül, protein, yağ ve karbonhidrat değerleri Tablo 4.1'de verilmiştir. Tahıl unlarında en yüksek nem değeri karabuğdayda (%12,49) tespit edilmiş, aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz düzeyde (p>0,05) bulunmuştur. Malt unlarında ise en yüksek nem değeri karabuğday malt ununa (%7,69) ait olmakla birlikte diğer malt unlarıyla arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz (p>0,05) bulunmuştur. Malt prosesi sonucu tahılların nem içeriklerinin önemli (p<0,05) derecede düştüğü belirlenmiştir. Malt unlarının son ürün neminde belirleyici faktörün maltlama prosesinin son basamağı olan fırında kurutma aşamasının etkili olduğu düşünülmektedir.

Tahıl unlarının kül içerikleri arpa, siyez, tritikale ve karabuğdayda sırasıyla %2,61; 2,58; 1,90 ve 2,17 olarak bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda kül içerikleri arpa ununda %2,45 (Arif vd. 2011), siyez %2,3 (Brandolini vd. 2015), tritikale %1,59-1,86 (Ambriz-Vidal vd. 2019), karabuğday 1,3-2,3 (Dizlek vd. 2009) arasında bulunmuştur. Malt unlarında ise kül içerikleri arpa, siyez, tritikale ve karabuğdayda sırasıyla %2,34; 1,52; 1,78 ve 1,88 olarak bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda kül içerikleri arpa malt ununda %1,95 (Arif vd. 2011) arasında bulunmuştur. Arpanın kül içeriğinin daha yüksek olmasında dışındaki kavuzun etkili olduğu düşünülmektedir. Tahılların maltlama prosesi sonucunda kül içeriklerinde önemsiz düzeyde (p>0,05) azalış olduğu saptanmıştır. Yapılan bir çalışmada, 48 saat çimlendirilen arpanın kül içeriğinde azalma olduğu belirtilmiştir (Arif vd. 2011). Mineraller, proteinlerin ve karbonhidratların enzim katalizine yardımcı olan kofaktörler olarak işlev görmektedirler. Bhinder vd. (2021) tarafından, minerallerin maltlama prosesinin son aşaması olan fırınlama aşamasından sonra kök uzaklaştırma işlemi ile kaybolan radikallere mobilize oldukları belirtilmiştir.

Tahıl ve malt unlarında en yüksek protein içeriğine siyezin (%15,03 ve 14,50) sahip olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda protein içeriklerinin arpa unu %12,28 (Arif vd. 2011), siyez %17,0 (Brandolini vd. 2015), tritikale %11,97-13,25 (Ambriz-Vidal vd. 2019), siyez %13,18 (Zhu, 2018), karabuğday 10,0-12,5 (Dizlek vd. 2009) arasında bulunmuştur. Daha önce yapılan çalışmalarda protein içerikleri arpa malt ununda %11,90 (Arif vd. 2011) bulunmuştur. Maltlama prosesinin protein içeriği üzerinde genel olarak önemsiz düzeyde (p>0,05) azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir. Nkhata vd. (2018) tarafından, çimlenme ile proteinin tohum veya tahıl türüne bağlı olarak arttığı belirtilmiştir. Ayrıca çimlenme işleminde protein kayıplarının aktive olan proteaz enzimi ile proteinlerin parçalanmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Tahıl ve malt unlarında en yüksek yağ içeriğinin siyeze ait olduğu saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda yağ içeriklerinin arpa unu %1,70 (Arif vd. 2011), siyez ortalama %2,67 (Han ve Hendek Ertop, 2022), tritikale %1,2-1,81 (Zhu, 2018), karabuğday 1,4-4,7 (Dizlek vd. 2009) olduğu belirtilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda protein içerikleri arpa malt ununda %1,20 (Arif vd. 2011) olarak bulunmuştur. Maltlama prosesinin unlarda yağ içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemsiz düzeyde (p>0,05) azaltıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan bir araştırmada çimlendirilen arpanın protein ve yağ içeriğinde azalma olduğu belirtilmiştir (Arif vd. 2011). Nkhata vd. (2018) tarafından yağ içeriğinin, çimlenme aşamasında lipidlerin solunum için kullanılması nedeniyle azaldığı bildirilmiştir. Jan vd. (2017) ve Moongngarm ve Saetung (2010) tarafından, çimlenme sırasında biyokimyasal reaksiyonlar için yağların enerji kaynağı olarak kullanılmasının bir sonucu olarak çimlenmenin yağ içeriğini azalttığı belirtilmiştir.

Tablo 4.1 Tahıl unları ve malt unlarının özellikleri

	Nem			Kül**			Protein**			Yağ**			Karbonhidrat**	
	Un	Malt unu	p*	Un	Malt unu	p*	Un	Malt unu	p*	Un	Malt unu	p*	Un	Malt unu
A.U.	11,85±0,13[a]	7,25±0,08[a]	0,011	2,61±0,16[a]	2,34±0,11[a]	0,246	12,72±0,17[bc]	12,33±0,13[b]	0,205	1,72±0,14[a]	1,19±0,21[b]	0,240	71,10	76,89
S.U.	11,23±0,14[a]	7,26±0,06[a]	0,010	2,58±0,14[a]	1,52±0,10[a]	0,060	15,03±0,26[a]	14,50±0,24[a]	0,271	2,93±0,23[a]	2,87±0,17[a]	0,784	68,23	73,85
T.U.	11,96±0,34[a]	7,64±0,10[a]	0,015	1,90±0,12[a]	1,78±0,31[a]	0,765	13,69±0,13[b]	11,21±0,17[c]	0,044	2,07±0,14[a]	1,71±0,13[b]	0,221	70,39	77,67
K.U.	12,49±0,37[a]	7,69±0,09[a]	0,012	2,17±0,09[a]	1,88±0,22[a]	0,413	11,64±0,18[c]	10,36±0,18[c]	0,089	2,81±0,31[a]	2,74±0,18[a]	0,764	69,79	77,33

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma
**Analizler kuru madde üzerinden verilmiştir.

4.1.2 pH ve Titrasyon Asitliği (TA) Değerleri

Un örneklerinde pH ve TA tayinleri yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Tahıl unları ve malt unlarının pH ve TA değerleri

	pH			TA (%)		
	Un	Malt unu	*p**	Un	Malt unu	*p**
A.U.	6,12±0,01[c]	6,03±0,08[a]	0,463	9,49±0,50[a]	14,50±0,50[ab]	0,063
S.U.	6,37±0,02[b]	6,06±0,03[a]	0,061	4,00±0,10[b]	13,50±0,50[ab]	0,033
T.U.	6,40±0,03[ab]	6,02±0,05[a]	0,083	5,00±1,00[b]	15,49±0,50[a]	0,030
K.U.	6,55±0,04[a]	6,29±0,01[a]	0,024	8,99±0,30[a]	12,00±0,20[b]	0,042

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Tahıl unlarında en düşük pH değeri arpaya (6,12) ait olup diğer tahıl unlarıyla arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Malt unlarında ise en düşük pH değeri tritikalede tespit edilirken diğer malt unlarıyla arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Maltlama prosesi sonucu karabuğday malt unun pH değeri önemli derecede ($p<0,05$) düşük belirlenmiştir.

Tahıl unlarında en yüksek TA değeri arpa ve karabuğdaya (sırasıyla %9,49 ve 8,99) ait olup diğer tahıl unlarıyla arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Malt unlarında ise en yüksek ve en düşük TA değerleri tritikale (%15,49) ve karabuğday (%12,00) tespit edilirken aralarındaki fark istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Maltlama prosesi sonucu siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday malt unun TA değerleri önemli derecede ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, malt prosesinin tahıllarda pH değerini düşürdüğü, TA değerini ise yükselttiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, darıların çimlenmesi sırasında TA'da (0,0038-0,18 g/L) karşılık gelen bir artışla birlikte pH'da (7,60-8,50) düşüşler olduğunu bildirmişlerdir. Çimlenme gerçekleştikçe pH'daki düşüş ve TA'daki artışın, lipidler, fitin ve protein gibi bazı karmaşık organik moleküllerin daha basit bileşiklere dönüşmesine bağlı olabileceği bildirilmiştir (Owheruo vd. 2019). Maltlama prosesinin enzim aktivasyonuna neden olmasıyla yağ asitleri, protein ve

karbonhidratlar gibi temel makro besin maddelerinde degradasyon meydana geldiği ve organik asitlerde, serbest amino asitlerde ve basit şekerlerde artış olabileceği ayrıca γ-aminobütirik asit (GABA) birikimine de neden olduğu belirtilmiştir (Gan vd. 2017; Sasthri vd. 2020). Çimlenmiş pirinçte yapılan bir çalışmada ham lipidler, oleik asit ve linoleik asitte artış olduğu gözlenmiştir (Kim vd. 2012; Nkhata vd. 2018). Yapılan bir başka çalışmada ise çimlenmenin askorbik asit içeriğini artırdığı belirtilmiştir (Baranwal, 2017; Kaushik vd. 2010). Maltın askorbik asit kaynağı olduğu da bilinmektedir (Baranwal, 2017; Khatkar, 2013).

Bu çalışma sonucunda tahıllardan malt unu eldesinin pH değerinde azalmaya, TA değerlerinde ise artışa neden olduğu, maltlama prosesinin asitliği artırıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir.

4.1.3 Düşme Sayısı

Tahıl unları ve malt unlarının düşme sayısı değerleri Tablo 4.3a ile malt unu ikameli buğday unlarının düşme sayısı değerleri Tablo 4.3b'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Tahıl unları ve malt unlarının düşme sayısı değerleri (a) ile malt unu ikâmeli buğday unlarının düşme sayısı değerleri (b)

	Düşme Sayısı		
	Un	Malt unu	*p* değeri
A.U.	350±7,00[a]	60±0,00[a]	0,000
S.U.	250±3,00[b]	60±0,00[a]	0,000
T.U.	152±1,00[c]	60±0,00[a]	0,000
K.U.	354±9,00[a]	60±0,00[a]	0,000

(a) *Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

	İkame oranı %	Düşme Sayısı	Korelesyon (r^2)
B.U.	100	452,50±0,50	
A.M.U.	0,75	198,00±2,00	0,870
	1,25	166,00±1,00	
	2,50	120,50±3,50	
	5,00	80,50±0,50	
	7,50	68,00±4,00	

Tablo 4.3'ün devamı

S.M.U.	0,75	276,00±4,00	0,933
	1,25	237,50±6,50	
	2,50	200,00±1,00	
	5,00	144,50±0,50	
	7,50	117,00±3,00	
T.M.U.	0,75	189,00±2,00	0,810
	1,25	143,00±1,00	
	2,50	105,00±3,00	
	5,00	66,00±1,00	
	7,50	60,50±0,50	
K.M.U.	0,75	315,00±4,50	0,812
	1,25	285,50±8,50	
	2,50	250,50±3,50	
	5,00	242,50±1,50	
	7,50	222,00±3,00	

(b)

Tahıl unları arasında en yüksek ve en düşük düşme sayısı değerine sırasıyla karabuğday ve tritikalenin sahip olduğu belirlenmiştir. Malt unlarında ise tüm tahılların düşme sayısı değerleri 60 sn olarak tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, çimlenmiş buğdayda düşme sayısı değerinde azalma olduğu belirtilmiştir (Ünsal vd. 2020). Marti vd. (2020), artan α-amilaz enzim aktivitesiyle düşme sayısında 60 sn'ye kadar bir azalma görülebileceğini, bunun ötesinde aktivitede daha fazla artışın ölçülemeyeceğini belirtmişlerdir. Tablo 4.3 (a)'da maltlamanın unların düşme sayısı değerini önemli derecede (p<0,05) azalttığı saptanmıştır.

Tablo 4.3 (b)'de ise buğday ununa farklı oranlarda malt unu ikâmesinin düşme sayısı değerlerini azalttığı tespit edilmiştir. Bu azalma korelatif olarak değerlendirildiğinde Tablo 4.3.b de görüldüğü üzere, buğday ununa ilave edilen arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarındaki artış ile düşme sayısı değerleri arasında sırasıyla R^2:0,870; 0,933; 0,810; 0,812 olarak belirlenmiştir.

Ekmeklik buğdaylarda düşme sayısı değeri α-amilaz aktivitesi değerini göstermekle birlikte, ortalama 200-250 aralığında olması beklenmektedir. Bu değerlerden daha az düşme sayısı değeri yüksek α-amilaz aktivitesini, daha yüksek düşme sayısı değeri ise düşük α-amilaz aktivitesini ifade etmektedir (Ünsal vd. 2020). Bu tez çalışmasında ön gördüğümüz başlangıç ikâme oranımız %0,75 malt unu ilavesinde arpada (198,00 sn), tritikalede 189 sn düşme sayısı değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 4.3b). Ekmek üretimi için %1,25-2,5 oranlarında siyez malt unu ve %2,5-7,5 oranlarında ise karabuğday

malt unu ilavesinin buğday ununa amilaz enzimi katkısı için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ekmek hamurunda enzim katkısı; nişasta hidrolizi, fermantasyon için gerekli şekerlerin sağlanması, retrogradasyon ve kabuk sertliğini azaltma ve hamur kuvvetlendirici etki göstermektedir (Bahar, 2009). Bu çalışmada, tüm tahılların maltlama sonucu düşme sayısındaki azalmadan anlaşıldığı üzere α-amilaz aktivitesinin arttığı, bu sebeple ekmek başta olmak üzere unlu mamüllerin formülasyonlarında kullanılabileceği, ancak her malt unu için ayrı ikame oranlarının tespit edilmesi gerektiği, sonuçta ekmek kalitesi ve raf ömrü üzerine olumlu etki edebileceği düşünülmektedir. Genellikle malt yapımında arpa kullanılmakla birlikte, arpa maltına muadil olarak ve hızlı çimlenme kabiliyeti sebebiyle tritikale başta olmak üzere siyez ve karabuğday maltının da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Genel olarak, buğday ununa ilave edilen farklı tahıllara ait malt unu oranının artışının düşme sayısı değerlerinde R^2:0,80 üzeri korelasyon bulunmuştur. Malt unu kullanımının düşme sayısı değeri üzerinde azaltıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir.

4.1.4 Renk

Tahıl unlarının ve bunlardan elde edilen malt unlarının renk değerleri Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4 Tahıl unları ve malt unlarının renk değerleri

		Un	Malt Unu	*p* değeri
A.U.	*L**	91,76±1,33^{a}	84,89±1,25^{b}	0,000
	*a**	2,93±0,17^{b}	5,07±0,37^{b}	0,000
	*b**	11,66±0,12^{b}	15,61±0,59^{a}	0,000
S.U.	*L**	92,15±0,89^{a}	87,61±0,19^{a}	0,000
	*a**	2,39±0,21^{c}	3,57±0,08^{c}	0,000
	*b**	12,52±0,57^{a}	14,07±0,40^{b}	0,001
T.U.	*L**	87,60±0,38^{b}	81,81±0,61^{c}	0,000
	*a**	4,82±0,13^{a}	6,04±0,27^{a}	0,001
	*b**	12,79±0,20^{a}	15,75±0,56^{a}	0,000
K.U.	*L**	82,71±0,42^{c}	79,50±0,66^{d}	0,001
	*a**	4,57±0,14^{a}	3,45±0,16^{c}	0,000
	*b**	12,27±0,27^{ab}	10,65±0,14^{c}	0,000

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir (Her parametre kendi arasında değerlendirilmiştir). Ortalama ± standart sapma

Renk ölçümlerinde belirlenen L^* değeri; siyah (0) ve beyaz (100) arasındaki parlaklık derecesini, a^* değeri kırmızı, b^* değeri ise sarılık değerini ifade etmektedir. Arpa ve siyez unları L^* değerleri önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunurken, en düşük L^* değeri karabuğdayda bulunmuştur ($p<0,05$). Tritikale ve karabuğday unlarında a^* değerleri diğer tahıllardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek belirlenmiştir. Siyez ve tritikale unlarının b^* değerleri arpadan önemli derecede yüksek ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

Malt unlarında ise en yüksek L^* değerine siyezin sahip olduğu ve diğer malt unlarına oranla bu farklılığın önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. En yüksek a^* değeri tritikalede, en yüksek b^* değeri ise arpa ve tritikalede tespit edilmiş istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Malt prosesinin tahıl unlarının renk değerleri üzerinde etkisi incelendiğinde; L^* değerlerini önemli düzeyde ($p<0,05$) azalttığı, karabuğday hariç a^* ve b^* değerlerini ise önemli düzeyde ($p<0,05$) artırdığı belirlenmiştir. Maltlama işlemiyle L^* değerlerindeki azalışın maltlamanın son aşaması olan fırınlamanın etkisinden, a^* ve b^* değerlerindeki artışın ise maltlama işlemiyle indirgen şeker miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, teff unun kepek parçacıkları nedeniyle ekmeklere ilavesi sonucu daha koyu renk oluşumunun beklendiğini, enzim ve teff ilavesinin renk üzerinde olumsuz etki göstererek L^* parlaklık değerini düşürdüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte teff'in iç doku ve ekmek kabuğunda a^* değerini artırdığı belirtilmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Renk analizleri sonucunda, tahıllardan malt unu eldesinin genel olarak L^* değerlerini azalttığı, a^* ve b^* değerlerini ise artırdığı tespit edilmiştir.

4.1.5 Fitik Asit İçeriği

Tahıl unları ve bunlardan elde edilen malt unlarına ait fitik asit içerikleri Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 Tahıl unları ve malt unlarının fitik asit değerleri

	Fitik Asit (mg/100g)		
	Un	Malt Unu	*p* değeri
A.U.	678,12±12,36[b]	368,75±7,07[b]	0,000
S.U.	937,50±25,12[a]	746,88±10,11[a]	0,001
T.U.	422,92±9,38[c]	314,06±14,01[bc]	0,000
K.U.	843,75±17,07[a]	309,38±6,03[c]	0,000

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Tahıl unları arasında en yüksek fitik asit içeriğine siyez ve karabuğdayın, en düşük içeriğe ise tritikalenin sahip olduğu ve bu farklılıkların önemli düzeyde ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Malt unlarında ise en yüksek fitik asit içeriği siyezde tespit edilmiş, istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Maltlama prosesinin tahıl unlarının fitik asit içerikleri üzerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde ($p<0,05$) azaltıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Hayıt ve Gül (2021) tarafından, çimlendirme işlemi ile fitaz aktivitesinin artması sonucu fitik asit miktarının azaldığı bildirilmektedir. Fitik asit, bir şelatlama maddesi olarak işlev gören altı reaktif fosfat grubuna sahip doymuş bir siklik asittir, bu nedenle pozitif yüklü fonksiyonel grupları veya mineralleri bağlama yeteneğine sahiptir. Böylece biyoyararlanımı azaltıcı etki göstermektedir. Yapılan bir çalışmada, 48 saatlik çimlenmeden sonra kinoa ununda fitik asit miktarında 970,97'den 221,05 mg/100 g'a %77'lik bir kayıp bildirilmiştir (Bhinder vd. 2021; Demir ve Bilgiçli, 2020). Diğer bir çalışmada ise, tahılların fitik asit içeriğinin çimlendirme işlemi ile istatistiksel olarak önemli derecede azaldığı sonucuna varılmıştır (Bektaş, 2018). Albarracín vd. (2013) ve Hassani vd. (2016) tarafından, 45°C'de 48 saat ıslatmanın fitat içeriği üzerinde %87 ila 91 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmiştir. Hassani vd. (2016), çimlenmenin beslenme karşıtı IP6'yı daha düşük fonksiyonel formlara indirgeyebildiğini bunun bir sonucu olarak da tahılların beslenme kalitesini iyileştirebildiğini belirtmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada ise, kahverengi pirinçte IP6'nın, çimlenmeden sonra %60 oranında azaldığı bildirilmiştir (Hassani vd. 2016). Tian vd. (2010) ve Hassani vd. (2016) tarafından, çimlenme sırasında yulafta IP6 içeriğinin %0,35'ten %0,11'e düştüğü belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar, maltlama işleminin fitaz enziminin

aktivasyonunun bir sonucu olarak fitik asitin degradasyonunda etkili olduğunu göstermektedir.

4.1.6 Mineral Madde İçeriği

Tahıl unları ve malt unlarının mineral madde içerikleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Tahıl unlarında, en yüksek minerallerin iz elementlerden P (1382,67-1857,41 µg/kg) ve makro elementlerden ise K (1892,10-2694,90 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. Tahıl unlarında en yüksek Al, Cu, Mn, Zn, Fe ve P içeriklerine sırasıyla arpa (36,50 µg/kg), karabuğday (4,41 µg/kg), karabuğday (27,95 µg/kg), siyez (31,42 µg/kg), arpa (54,80 µg/kg) ve tritikalenin (1857,41 µg/kg) sahip olduğu belirlenmiştir. Makro elementlerde en yüksek Na, K, Ca ve Mg içeriklerine ise sırasıyla arpa (25,80 mg/kg), karabuğday (2694,90 mg/kg), karabuğday (319,10 mg/kg) ve karabuğday (1172,40 mg/kg) olarak tespit edilmiştir.

Malt unlarında, en yüksek minerallerin iz elementlerden P (1392,21-1852,33 µg/kg) ve makro elementlerden ise K (1654,70-1944,20 mg/kg) olduğu belirlenmiştir. Malt unlarında ise en yüksek Al, Cu, Mn, Zn, Fe ve P içeriklerine sırasıyla karabuğday (26,17 µg/kg), karabuğday (3,62 µg/kg), tritikale (22,32 µg/kg), siyez (30,85 µg/kg), arpa (26,46 µg/kg) ve tritikalenin (1852,33 µg/kg) sahip olduğu belirlenmiştir. Makro elementlerde en yüksek Na, K, Ca ve Mg içeriklerine ise sırasıyla karabuğday (79,70 mg/kg), tritikale (1944,20 mg/kg), karabuğday (637,50 mg/kg) ve karabuğday (1047,20 mg/kg) olarak tespit edilmiştir.

Maltlama prosesinin tüm tahıllarda iz elementlerden Mn, Zn ve Fe içeriğini azalttığı, makro elementlerden ise K içeriğini azalttığı; Na ve Ca içeriklerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Na içeriğindeki artışın maltlama prosesinin ilk aşaması olan ıslatma aşamasında sudan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Mineraller, karbonhidratların ve proteinlerin enzim katalizine yardımcı olan kofaktörler olarak işlev görmektedirler. Böylece maltlamanın son basamağı olan fırınlama aşamasından sonra kök uzaklaştırma işlemi sırasında kaybolan radikallere mobilize oldukları bildirilmiştir (Bhinder vd. 2021). Steve (2011) yapmış olduğu bir çalışmada buğdayı çimlendirmiş ve çimlendirme sonucu Na, Mg, Ca, K, Fe, P minerallerinin arttığını

bildirmiştir. Dave vd. (2008) yapmış olduğu çalışmanın sonucunda mısırın çimlendirilmesiyle Mg, Fe, Ca, Zn içeriklerinin arttığı sonucuna varmıştır. Udeh vd. (2018) parmak darıda yapmış oldukları bir çalışmanın sonucunda ise, 24 saat maltlamanın sodyum hariç tahılların mineral içeriğini azalttığını, 48 saattlik maltlama sonrası ise özellikle 96. saatte minerallerde artış olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca 24 saatlik maltlama işleminde Ca içeriğinde önemli bir azalma gözlemlendiği ve daha uzun süre maltlama ile içeriğinin arttığını belirtmişlerdir.

Karabuğday genel yapısı itibariyle, Polygonaceae familyasına aittir ve Gramineae familyasına ait olan tahıllardan farklıdır. Karabuğday çift çenekli (dikotiledonik), tahıllar ise tek çenekli (monokotiledonik) bitkidir. Karabuğday kullanım özellikleri ve kimyasal bileşimi açısından tahıllara benzediğinden tahıl benzeri (pseudocereal) olarak adlandırılmaktadır. Karabuğdayın üçgen tohumları siyah veya koyu kahverengi perikarp adlı kabuk ile sarılıdır. Lifli ve sert yapıya sahip perikarp, embriyo ve endospermi sıkıca sarmaktadır. Nişasta granülleri ile dolu olan endospermin dışı aleuron adlı kalın hücre tabakası ile sarılmıştır. Endospermin merkezi olan embriyonun içerdiği kotiledonlar endosperm boyunca uzanmaktadır (Baykut, 2021). Karabuğdayın mineral değişiminde olan farklılığın pseudotahıl grubunda yer almasından ve maltlama prosesinde kök oluşturmaması, bu sebeple kök uzaklaştırma işlemine tabi tutulmamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızın sonucunda arpa, siyez ve tritikalenin maltlanma sonrası elde edilen malt unlarında Na, Ca ve Mg değerinde artış gözlenirken, karabuğdayda Na ve Ca minerallerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca tüm tahılların malt unlarında Al, Mn, Zn, Fe ve K minerallerinde azalma gözlenmiştir.

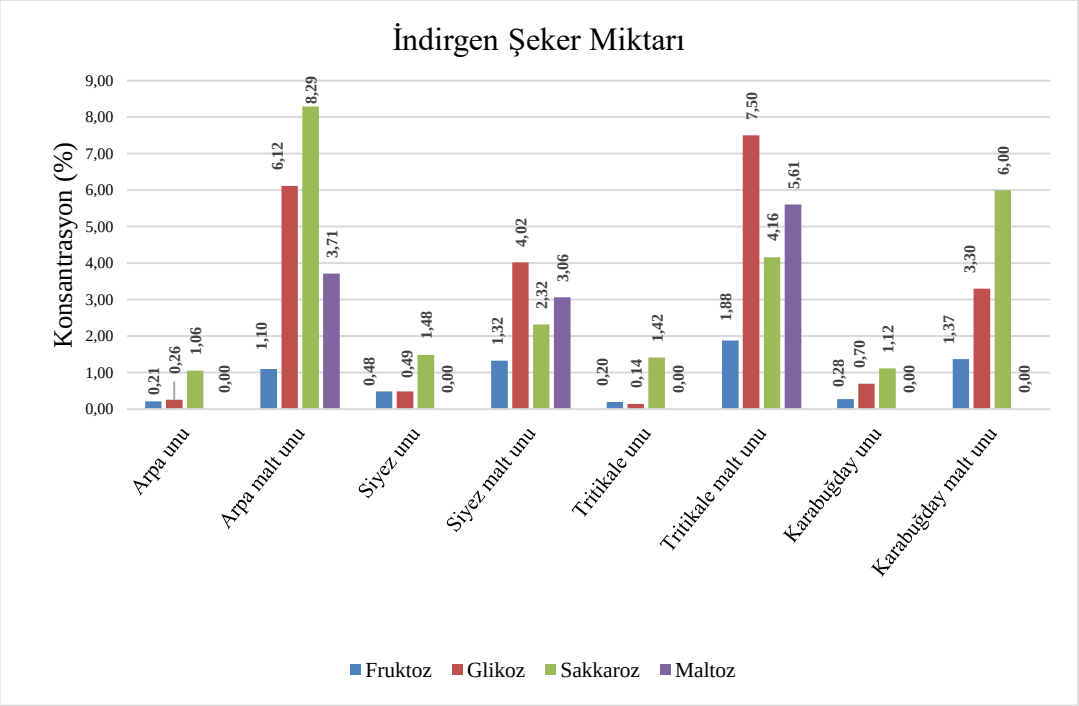
Tablo 4.6 Tahıl unları ve malt unlarının mineral madde içeriği

	Mineral madde içeriği									
	Al	Cu	Mn	Zn	Fe	P	Na	K	Ca	Mg
	(µg/kg)						(mg/kg)			
A.U.	36,50±0,04	2,17±0,04	11,24±0,02	12,86±0,01	54,80±0,14	1622,25±1,06	25,80±0,20	2551,50±13,20	236,30±4,20	491,00±4,40
A.M.U.	11,79±0,33	2,01±0,08	9,45±0,30	11,26±0,37	26,46±0,95	1550,12±6,48	62,80±0,50	1712,20±16,90	369,10±1,60	533,90±16,20
p değeri	0,001	0,156	0,007	0,004	0,003	0,009	0,003	0,010	0,020	0,065
S.U.	3,14±0,02	3,08±0,04	23,64±0,06	31,42±0,02	23,19±0,06	1382,67±3,04	9,50±0,40	1892,10±10,50	210,50±3,00	471,50±1,70
S.M.U.	3,15±0,15	2,87±0,02	22,31±0,09	30,85±0,20	22,31±0,07	1392,21±9,13	54,70±0,40	1654,70±5,60	292,10±0,60	502,40±4,20
p değeri	0,705	0,120	0,029	0,022	0,043	0,196	0,006	0,028	0,023	0,035
T.U.	10,42±0,07	2,74±0,16	24,61±0,04	20,15±0,08	23,65±0,09	1857,41±4,16	11,80±0,60	2598,80±16,10	245,90±2,50	663,30±5,50
T.M.U.	5,38±0,03	2,85±0,02	22,32±0,01	18,20±0,08	20,33±0,01	1852,33±4,15	48,70±0,70	1944,20±9,40	312,00±2,40	705,40±2,90
p değeri	0,009	0,617	0,011	0,026	0,017	0,437	0,010	0,016	0,024	0,083
K.U.	32,69±0,17	4,41±0,06	27,95±0,04	16,19±0,02	47,22±0,05	1532,87±3,79	14,30±0,50	2694,90±19,70	319,10±3,30	1172,40±11,70
K.M.U.	26,17±0,17	3,62±0,09	22,01±0,06	12,06±0,04	25,89±0,05	1417,43±8,28	79,70±0,60	1731,80±10,70	637,50±4,20	1047,20±3,20
p değeri	0,017	0,048	0,004	0,003	0,001	0,021	0,005	0,013	0,007	0,059

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir.
Ortalama ± standart sapma

4.1.7 İndirgen Şeker Miktarı Değişimi

Tahıl unları ve maltlama sonunda elde edilen malt unlarının şeker konsantrasyonları Tablo 4.7'de ve indirgen şeker miktarlarının karşılaştırmalı grafiği ise Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Tahıl unları ve malt unlarına ait indirgen şeker miktarları

Tahıl unlarında en yüksek früktoz ve sakkaroz içeriğine siyezin, glikoz içeriğine ise karabuğdayın sahip olduğu ve tahıl unlarının maltoz içermediği belirlenmiştir. Malt unlarında en yüksek früktoz, glikoz ve maltoz içeriğine tritikalenin, sakkaroz içeriğine ise arpanın sahip olduğu tespit edilmiştir. Karabuğdayda maltoz tespit edilmemiştir.

Maltlama prosesinin tüm tahılların früktoz, glikoz ve sakkaroz içeriğini önemli düzeyde (p<0,05) artırdığı saptanmıştır. Maltlama işlemi sonrası arpa ve karabuğdayda en fazla sakkaroz, siyez ve tritikalede ise glikoz içeriği belirlenmiştir. Ayrıca maltlama prosesinin karabuğday hariç tahıllarda maltoz içeriğini önemli olarak (p<0,05) artırdığı saptanmıştır. Maltlama prosesi sonrası karabuğdayda maltoz içeriği bulunmadığı belirlenmiştir. Ispiryan vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada karabuğdayda çimlendirme işlemi ile glikoz ve früktoz içeriklerinde artış

gözlemlemişlerdir. Şenlik ve Alkan (2021) tarafından, çimlendirilmiş tahılların şeker profilinin tahıl türüne bağlı olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada çimlendirilmiş darı, sorgum ve pirinç filizlerinde glikozdan çok maltoz birikimi oluşurken, karabuğdayda tam tersi durumun oluştuğu bildirilmiştir. Bu farklılığın ise çimlenme ile aktive olan β-amilaz ve α-amilaz enzimlerinin düzeyiyle ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Agu vd. 2012; Chiba vd. 2012; Şenlik ve Alkan, 2021).

Maltoz iki glikoz molekülünün glikosit bağı ile bağlanmış hali olup, nişastanın enzimatik hidrolizi ile oluşmaktadır. Malt unlarında maltoz içeriğinin artması, tahılların yapısında bulunan nişastanın maltlanma aşamalarından biri olan ıslatma aşamasında bünyesine su alması ve maltlanma ile artan α-amilaz enziminin aktivitesiyle birlikte parçalanarak maltoz ve dekstrine dönüşmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Nkhata vd. (2018), ham tahıllarda glikoz ve fruktoz seviyelerinin genellikle düşük olduğunu, fakat çimlenmeyle birlikte aktive olan invertaz enzimi sonucu sükrozun parçalanarak glikoz ve fruktoza dönüşmesi ile bu iki çözünür şeker içeriğinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Tablo 4.7 ve Şekil 4.1'de görüldüğü üzere tahıl unlarının malt unlarına oranla daha düşük glikoz ve fruktoz içerdiği, maltlama işlemi ile bu içeriklerde artışın görülmesi literatüre uygun bulunmuştur. Tahıl unlarında olmayan maltoz şeker içeriğinin malt unlarında tespit edilmesi, tahılların maltlanması ile artan α-amilaz enzim aktivasyonu ile nişastanın su varlığında maltoza parçalanması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Maltlama prosesinin tahıllarda indirgen şeker içeriğini artırdığı, en yüksek toplam şeker içeriğine ise arpa ve tritikale malt unun sahip olduğu tespit edilmiştir. İndirgeyici şekerlerin artması, nişasta gibi kompleks karbonhidratların katabolizmasına neden olan hidrasyon ve çimlenme sırasında enzimatik aktivite artışı ile ilgili olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, indirgen şeker içeriğinin çimlenme süresi ve sıcaklığından etkilendiği belirtilmiştir (Aguilar vd. 2019). Yapılan bir çalışmada, maltlama sırasında unlardaki indirgeyici şeker içeriğinde amilozdaki enzimatik etki ve amilopektinin dallarının ayrılması nedeniyle bir artışın olduğu, çimlenmenin ilk gününün sonunda esas olarak nişasta parçalayıcı enzimlerin

enzimatik aktivitesinden dolayı indirgeyici şekerlerde önemli bir artış olduğu belirtilmiştir. Enzimatik aktiviteye bağlı olarak indirgeyici şekerlerde 2-3. günde de artış belirlenmiştir. Ayrıca amilozun dallarının ayrılması ve enzimlerin hidrolitik aktivitesinin, yapıştırma özelliklerini etkileyebileceği belirtilmiştir. İndirgeyici şekerlerdeki artış, fermantasyon aşamasında mayaların şekerleri kullanabilmesi açısından önemli bulunmaktadır (Oseguera-Toledo vd. 2020). Yapılan bir araştırmada, arpanın 48 saat çimlendirilmesi sonucu indirgen şeker miktarında artış gözlenmiştir. Baklagil ve tahıllarda indirgeyici şeker içeriğinin, maltlama işleminin 12 saat sonrasında nişastanın enzimatik hidroliziyle 20 kat arttığı belirtilmiştir. Bu durumun çimlenme ile aktive olan α-amilazın tat değişikliğine, karbonhidratların hidrolizine ve sindirilebilirliğine yol açmasından kaynaklandığı belirtilmiştir (Nkhata vd. 2018; Zhang vd. 2015).

Tablo 4.7 Tahıl unları ve malt unlarının şeker profili

	Fruktoz		Glikoz		Sakkaroz		Maltoz		İndirgen şeker (%)	Toplam şeker (%)
	Ret.Time	Konsantrasyon (%)	Ret.Time	Konsantrasyon (%)	Ret.Time	Konsantrasyon (%)	Ret.Time	Konsantrasyon (%)		
A.U.	8,125	0,21±0,00[c]	9,318	0,26±0,01[c]	13,769	1,06±0,03[b]	-	0,00	0,47	1,53
A.M.U.	8,235	1,10±0,01[c]	9,392	6,12±0,10[b]	13,952	8,29±0,12[a]	17,088	3,71±0,02[b]	7,22	19,22
p değeri		0,007		0,011		0,011		0,003		
S.U.	8,004	0,48±0,01[a]	9,247	0,49±0,00[b]	13,614	1,48±0,03[a]	-	0,00	0,97	2,45
S.M.U.	8,108	1,32±0,02[b]	9,307	4,02±0,06[c]	13,86	2,32±0,03[d]	16,921	3,06±0,04[c]	5,34	10,73
p değeri		0,015		0,011		0,023		0,008		
T.U.	7,919	0,20±0,00[c]	9,129	0,14±0,00[c]	13,528	1,42±0,01[a]	-	0,00	0,34	1,76
T.M.U.	8,173	1,88±0,01[a]	9,36	7,50±0,09[a]	13,908	4,16±0,02[c]	17,006	5,61±0,04[a]	9,38	19,15
p değeri		0,004		0,008		0,005		0,005		
K.U.	7,971	0,28±0,00[b]	9,189	0,70±0,05[a]	13,606	1,12±0,06[b]	-	0,00	0,98	2,09
K.M.U.	8,044	1,37±0,01[b]	9,249	3,30±0,02[d]	13,333	5,99±0,04[b]	-	0,00[d]	4,67	10,66
p değeri		0,006		0,005		0,005		-		

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir (Tahıl unları ve malt unları kendi arasında değerlendirilmiştir). Ortalama ± standart sapma

4.1.8 Antioksidan Aktivite

Tahıl unları ve maltlama sonunda elde edilen malt unlarının DPPH serbest radikal giderme etkilerine ait antioksidan özellikleri Tablo 4.8'de % inhibisyon olarak verilmiştir.

Tablo 4.8 Tahıl unları ve malt unlarının DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri

	İnhibisyon (%)		*p* değeri
	Un	Malt unu	
A.U.	71,64±1,51[a]	72,55±2,09[a]	0,655
S.U.	34,23±2,16[b]	59,09±2,87[a]	0,055
T.U.	36,72±3,93[b]	67,76±3,32[a]	0,080
K.U.	69,43±1,54[a]	70,36±1,77[a]	0,654

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Tahıl unları aralarında değerlendirildiğinde, en yüksek %inhibisyon değerine arpa ve karabuğday ununun sahip olduğu tespit edilmiş, bu farklılık istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Malt unlarında ise en yüksek %inhibisyon değerine arpa malt ununun sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) derecede olduğu tespit edilmiştir.

Maltlama işlemi sonucu elde edilen malt unlarının %inhibisyon değerlerinin tahıl unlarına göre artış gösterdiği saptanmıştır. Tritikalenin maltlanması sonucu antioksidan aktivitesinin yaklaşık olarak 2 kat arttığı, hem tahıl unları hem de malt unları arasında en düşük %inhibisyon değerine ise siyezin sahip olduğu görülmektedir.

Chung vd. (2009), çimlenme sırasında antioksidan bileşen olan γ-aminobütirik asit (GABA) birikimini önemli düzeyde etkilediğini belirtmişlerdir. Sasthri vd. (2020) ve Gan vd. (2017) tarafından ise, tahılların çimlenmesi ve maltlanmasının polifenoller ve γ-aminobütirik asit (GABA) gibi biyoaktif bileşiklerin birikimine neden olduğu belirtilmiştir. Bir başka çalışmada çimlendirilmemiş tahıl ile karşılaştırıldığında artan polifenol içeriği ve antioksidan aktivitenin artan polifenol oksidaz aktivitesi nedeniyle olduğu bildirilmektedir (Marti vd. 2020). Alvarez-Jubete vd. (2010) amaranth, kinoa

ve karabuğdayda yapmış oldukları bir çalışmanın sonucunda, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitenin genel olarak filizlenme ile arttığını bildirmişlerdir. Bu bağlamda maltlama işleminin antioksidan aktivitesini artırdığı sonucu literatürle paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak; en yüksek % inhibisyon değerine arpa ve karabuğday unları ve malt unlarının sahip olduğu, maltlama işleminin % inhibisyon değerini artırdığı tespit edilmiştir.

4.1.9 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Tahıl unları ve maltlama sonunda elde edilen malt unlarının toplam fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak tespit edilmiş, toplam fenolik madde içerikleri Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Tahıl unları ve malt unlarına ait toplam fenolik madde içerikleri

	GAE (mg/kg)		*p* değeri
	Un	Malt Unu	
A.U.	2107,30±15,02[b]	3746,83±4,01[b]	0,000
S.U.	766,07±8,15[d]	2191,51±12,09[d]	0,000
T.U.	894,53±10,08[c]	3223,87±7,01[c]	0,000
K.U.	7079,11±12,03[a]	7544,93±10,11[a]	0,000

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Tahıl unlarında fenolik madde içeriklerinin 766,07-7079,11 mg GAE/kg arasında değiştiği, maltlama işlemi sonucu elde edilen malt unlarında ise 2191,51-7544,93 mg GAE/kg arasında değiştiği görülmektedir. Tahıl unları ve malt unlarının toplam fenolik madde içerikleri kendi aralarında değerlendirildiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriğine karabuğday unu ve malt ununun sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) derecede olduğu saptanmıştır. Karabuğdayın yüksek antioksidan aktiviteye sahip olması, rutin, kateşinler ve diğer polifenoller açısından

zengin olması arpa, siyez ve tritikaleye oranla en yüksek fenolik içeriğe sahip olmasını sağladığı düşünülmektedir.

Maltlama işlemi sonucu tüm tahıl unlarında toplam fenolik madde içeriğinde istatistiki olarak önemli (p<0,05) derecede artış tespit edilmiştir. Maltlama ile arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday unlarına ait toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla %77,8; 186,07; 260,40 ve 6,58 oranında artmıştır.

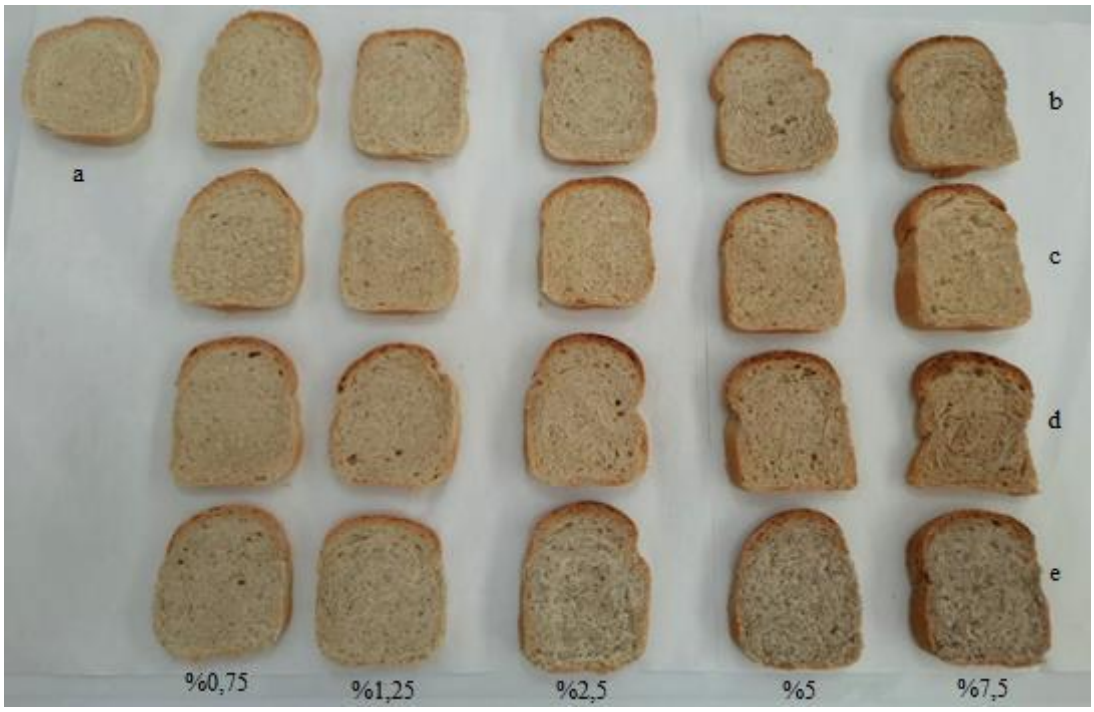
Sasthri vd. (2020) ve Gan vd. (2017) tarafından, tahılların çimlenmesi ve maltlanmasının biyoaktif bileşiklerin (polifenoller ve γ-aminobütirik asit (GABA)) birikimine neden olduğu bildirilmiştir. Marti vd. (2020), çimlendirilmemiş tahıl ile karşılaştırıldığında artan polifenol içeriği ve antioksidan aktivitenin artan polifenol oksidaz aktivitesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Zhang vd. (2015) ve Nkhata vd. (2018), karabuğdayın çimlenmesinin tanen, flavonoid ve toplam fenolik içeriğini artırdığını bildirmişlerdir. Alvarez-Jubete vd. (2010) ise amaranth, kinoa ve karabuğdayda yapmış oldukları bir çalışmanın sonucunda, toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitenin genel olarak filizlenme ile arttığını belirtmişlerdir.

4.1.8'de bulunan antioksidan aktivite sonuçlarına bakıldığında, toplam fenolik madde içeriklerinin benzer olacağı öngörülmüştür. Bu bağlamda toplam fenolik madde içerikleri beklenildiği gibi paralel sonuçlar göstermiştir. Toplam fenolik içeriğin ve antioksidan aktivitenin filizlenme ile arttığı Alvarez-Jubete vd. (2010) tarafından bildirilmiştir. Tüm örneklerde görüldüğü üzere maltlama işlemiyle tahılların fenolik madde içeriklerinin arttığı sonucuna varılmaktadır.

4.2 Pişme Sonrası Ekmek Fizikokimyasal Kalite Özellikleri

Kontrol örneği (malt unu içermeyen beyaz ekmek) ile %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 oranlarında arpa, siyez buğdayı, tritikale veya karabuğday malt unu içeren ekmeklerin görünümleri Şekil 4.2'de, kesit görünümleri ise Şekil 4.3'te verilmiştir.

Şekil 4.2 Farklı oranlarda malt unu içeren ekmeklerin dış görünümleri (a:%100 Buğday ekmeği; b: Arpa malt ikâmeli ekmek; c: Siyez malt ikâmeli ekmek; d: Tritikale malt ikâmeli ekmek; e: Karabuğday malt ikâmeli ekmek)



Şekil 4.3 Farklı oranlarda malt unu içeren ekmeklerin iç kesit görüntüleri (a:%100 Buğday ekmeği; b: Arpa malt ikâmeli ekmek; c: Siyez malt ikâmeli ekmek; d: Tritikale malt ikâmeli ekmek; e: Karabuğday malt ikâmeli ekmek)

4.2.1 Hacim, Spesifik Hacim ve Pişme Kaybı

Kontrol örneği (malt unu içermeyen beyaz ekmek) ile %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 oranlarında arpa, siyez buğdayı, tritikale veya karabuğday malt unu içeren beyaz

ekmeklere ait hacim, spesifik hacim ve pişme kaybı değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Ekmeklerin hacim, spesifik hacim ve pişme kaybı değerleri

Ekmek	Hacim (cm^3)	Spesifik Hacim (cm^3/g)	Pişme Kaybı (%)
%100 B.E.	480±3,50	2,46±0,03^{k}	13,06±0,36^{ef}
%0,75 A.E.	540±2,50	2,74±0,00^{ef}	13,15±0,20^{cdef}
%1,25 A.E.	550±3,00	2,65±0,00^{hı}	13,26±2,03^{cdef}
%2,5 A.E.	570±3,50	2,73±0,04^{fg}	14,63±0,12^{abcde}
%5 A.E.	560±2,00	2,84±0,00^{cd}	14,30±0,17^{abcdef}
%7,5 A.E.	550±3,00	2,64±0,00^{ıi}	14,22±0,56^{abcdef}
%0,75 S.E.	530±2,00	2,54±0,03^{j}	12,35±0,01^{f}
%1,25 S.E.	520±1,50	2,55±0,00^{j}	13,36±0,24^{cdef}
%2,5 S.E.	540±2,50	2,67±0,00^{ghı}	14,50±0,03^{abcde}
%5 S.E.	555±3,50	2,86±0,00^{cd}	14,11±0,01^{abcdef}
%7,5 S.E.	570±4,00	2,99±0,00^{a}	15,15±0,02^{abc}
%0,75 T.E.	570±0,50	2,81±0,00^{de}	13,62±0,02^{bcdef}
%1,25 T.E.	560±3,00	2,57±0,00^{ij}	12,93±0,44^{ef}
%2,5 T.E.	570±1,00	2,91±0,00^{bc}	15,69±0,20^{a}
%5 T.E.	560±2,50	2,80±0,04^{de}	14,24±0,00^{abcdef}
%7,5 T.E.	550±2,00	2,74±0,00^{ef}	15,06±0,09^{abcd}
%0,75 K.E.	530±3,00	2,60±0,00^{iij}	13,03±0,43^{ef}
%1,25 K.E.	530±2,00	2,60±0,00^{iij}	13,14±0,14^{def}
%2,5 K.E.	560±2,50	2,80±0,04^{de}	14,63±0,02^{abcde}
%5 K.E.	550±1,50	2,71±0,00^{fgh}	13,59±0,03^{bcdef}
%7,5 K.E.	550±4,00	2,96±0,00^{ab}	15,40±0,04^{ab}

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Tablo 4.10 incelendiğinde; kontrol örneği ile %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 oranlarında farklı malt unları içeren beyaz ekmeklerin hacim değerlerinin 480-570 cm^3, spesifik hacim değerlerinin ise 2,46-2,99 cm^3/g arasında değiştiği görülmektedir. Hem hacim hem de spesifik hacim açısından en yüksek değerler %7,5 oranında siyez malt unu içeren ekmekte tespit edilmiştir. En düşük hacim ve spesifik hacim değerlerine ise kontrol ekmeğinin (%100 buğday ekmeği) sahip olduğu belirlenmiştir.

Kontrol örneği ile %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 oranlarında malt unu içeren beyaz ekmeklerin pişme kaybı değerlerinin %12,35-15,69 arasında değiştiği Tablo 4.10'da görülmektedir. En yüksek pişme kaybı değerine %2,5 tritikale malt unu içeren

ekmeğin, en düşük pişme kaybı değerine ise %0,75 siyez malt unu içeren ekmeğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Marti vd. (2017) yapmış oldukları bir çalışmada, filizlenmiş buğdaydan elde edilen rafine unun, ticari unların teknolojik performansını geliştirmek için bir bileşen olarak kabul edilebileceği sonucuna varmışlardır. Kontrollü koşullar altında filizlendirmenin şeker üretimini artırdığını ve bunun bir sonucu olarak hamur mayalanma özelliklerini geliştirdiğini belirtmişlerdir.

4.2.2 Rutubet Miktarı ve Kabuk Kalınlığı

Ekmek numunelerinin rutubet tayin sonuçları ve ölçülen kabuk kalınlıkları Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Ekmeklere ait rutubet miktarı ve kabuk kalınlığı değerleri

	Rutubet (%)	Kabuk Kalınlığı (mm)
%100 B.E.	42,22±0,83^{a}	4,26±0,01^{de}
%0,75 A.E.	42,14±0,41^{a}	3,37±0,09^{h}
%1,25 A.E.	42,43±0,05^{a}	3,70±0,05^{gh}
%2,5 A.E.	41,66±0,12^{a}	4,98±0,16^{abc}
%5 A.E.	41,60±0,70^{a}	4,96±0,04^{abc}
%7,5 A.E.	41,49±0,82^{a}	5,17±0,04^{a}
%0,75 S.E.	41,81±0,78^{a}	3,40±0,17^{h}
%1,25 S.E.	42,25±0,40^{a}	3,92±0,03^{efg}
%2,5 S.E.	41,54±0,53^{a}	4,75±0,03^{bc}
%5 S.E.	41,64±0,45^{a}	4,70±0,02^{c}
%7,5 S.E.	42,37±0,02^{a}	5,09±0,05^{ab}
%0,75 T.E.	41,67±0,57^{a}	3,63±0,06^{gh}
%1,25 T.E.	42,06±0,58^{a}	3,88±0,02^{fg}
%2,5 T.E.	41,34±0,75^{a}	4,30±0,05^{d}
%5 T.E.	40,31±0,02^{a}	4,74±0,04^{bc}
%7,5 T.E.	40,64±0,78^{a}	5,08±0,06^{ab}
%0,75 K.E.	40,21±0,58^{a}	3,87±0,04^{fg}
%1,25 K.E.	39,67±0,33^{a}	4,07±0,01^{def}
%2,5 K.E.	39,44±1,17^{a}	4,18±0,02^{def}
%5 K.E.	40,48±0,49^{a}	4,29±0,02^{d}
%7,5 K.E.	40,32±0,23^{a}	4,31±0,02^{d}

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

Ekmek örneklerine ait kabuk kalınlıkları değerlendirildiğinde en yüksek kabuk kalınlığına %7,5 arpa malt unu ikâmeli ekmeğin sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli (p<0,05) derecede olduğu saptanmıştır. Malt unu kullanım oranına göre ekmek kabukları değerlendirildiğinde ise düşük dozlarda malt unu ilaveli ekmeklerin kabuk kalınlıklarının kontrol ekmeğinin kabuk kalınlığına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerde malt unu kullanım oranının artmasıyla kabuk kalınlığınında arttığı saptanmıştır. Bunun sebebinin malt unu ilavesiyle ekmeklerde artan şeker içeriğinin yüksek ısının etkisiyle Maillard reaksiyonu sonucu kabuk kalınlığını artırdığı düşünülmektedir. Ekmeklere ait rutubet değerleri değerlendirildiğinde ise en yüksek nem değerine %1,25 arpa malt unu ilaveli ekmeğin sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemsiz (p>0,05) olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak ekmeklerde malt unu kullanım oranının artmasının ekmeklerin kabuk kalınlığı değerini artırdığı sonucuna varılmıştır.

4.2.3 Kabuk ve İç Renk

Ekmeklerin kabuk ve iç yapılarına ait renk ölçüm değerleri Tablo 4.12'de verilmiştir. Renk ölçümlerinde belirlenen L^* değeri; siyah (0) ve beyaz (100) arasındaki aydınlık derecesini, a^* değeri; kırmızı veya yeşilliği, b^* değeri ise; sarılık veya maviliği ölçmektedir.

Ekmeklere ait kabuk renk değerleri incelendiğinde, en yüksek L^* değerine %100 buğday ekmeğinin sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek a^* değerine %2,5 tritikale malt unu ikâmeli ekmeğin, b^* değerine ise %7,5 tritikale malt unu ikâmeli ekmeğin sahip olduğu saptanmıştır. Malt unu kullanım oranının artmasıyla ekmeklerde L^* değerlerinin düştüğü, a^* ve b^* değerlerinin ise yükseldiği tespit edilmiştir. Bunun sebebinin maltlanma sonucu malt unlarında şeker içeriğinin yükselmesi, ekmeğin yüksek derecede pişirilmesi sırasında Maillard reaksiyonunun bir sonucu olarak a^* ve b^* değerlerinde artışa, L^* parlaklık değerinde ise düşüşe neden olduğu düşünülmektedir.

Ekmek içi renk değerlerinde ise malt unu kullanım oranının artmasıyla tüm tahıllara ait malt unlarının kullanım oranının artışının L^* parlaklık değerini azalttığı, a^* değerini

ise artırdığı saptanmıştır. $b*$ değerlerinin ise karabuğday malt unu ilaveli ekmekler hariç, malt unu kullanım oranının artışıyla arttığı tespit edilmiştir. Karabuğday malt unu ikâmeli ekmeklerde malt unu kullanım oranının $b*$ değerini azalttığı sonucuna varılmıştır. Bunun sebebi olarak karabuğdayın kavuzunun $b*$ değerini azaltmış olabileceği düşünülmektedir.

Bhol ve Bosco (2014) tarafından, maltlanmış tahıl unlarının ekmeğe ilavesinin parlaklığa karşılık gelen özellikle $L*$ değerini azalttığı bildirilmiştir. Alfeo vd. (2021), maltın fırınlanması sırasında renk oluşumunun melanoidinlerden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Malt unu kullanım oranının artışıyla $a*$ ve $b*$ değerlerinin artması, malt ununun içerdiği indirgeyici şeker içeriği ve yüksek sıcaklıkta Maillard reaksiyonu sonucu oluşmuştur. Karabuğday malt unu içerikli ekmeklerin $a*$ ve $b*$ değerinin diğer ekmeklere oranla daha düşük olması toplam şeker içeriğinin daha düşük olmasına dayandırılmıştır.

Sonuçlar değerlendirildiğinde; en yüksek $L*$ değerine %100 buğday unu ekmeğinin sahip olduğu, malt unu kullanım oranının arttıkça ekmeklerin koyulaştığı $L*$ değerinin azaldığı, $a*$ ve $b*$ değerinin ise arttığı görülmüştür.

Kontrol ekmeği ile farklı malt unu ikâmeli ekmekler arasındaki renk değeri farklılıklarını belirlemek amacıyla Delta E (ΔE) değerleri hesaplanmıştır. ΔE değeri, renkler arasındaki farklılığın matematiksel olarak formüle edilmiş halidir. ΔE değeri arttıkça karşılaştırılan renkler arasındaki fark da artmaktadır (Uyak vd. 2020). ΔE değerleri incelendiğinde, kabuk rengi açısından %100 buğday ekmeğine en yakın ekmeğin en küçük ΔE değerine (7,36) sahip olan %0,75 karabuğday malt unu ikâmeli ekmek olduğu, en uzak ekmeğin ise en büyük ΔE değerine (25,88) sahip %2,5 tritikale malt unu ilaveli ekmek olduğu belirlenmiştir. İç renk açısından ise; %100 buğday ekmeğine en yakın ekmeğin en küçük ΔE değerine (1,18) sahip olan %2,5 arpa malt unu ikâmeli ekmek olduğu, en uzak ekmeğin ise en büyük ΔE değerine (9,95) sahip %7,5 karabuğday malt unu ilaveli ekmek olduğu belirlenmiştir. Genel olarak malt unu ilavesinin ΔE değerlerini artırdığı görülmektedir.

Tablo 4.12 Ekmeklerin kabuk ve iç renk değerleri

	Kabuk				İç			
	*L**	*a**	*b**	ΔE	*L**	*a**	*b**	ΔE
%100 B.E.	73,95±0,77^{a}	3,54±0,17^{j}	22,66±0,51^{e}		70,04±0,77^{bcd}	2,13±0,07^{ı}	17,84±0,18^{abcd}	
%0,75 A.E.	61,31±0,88^{defg}	12,35±0,43^{hı}	28,72±0,25^{cd}	16,56	68,68±1,05^{cde}	2,34±0,19^{hı}	17,70±0,44^{bcde}	1,38
%1,25 A.E.	60,36±0,40^{efgh}	15,36±0,29^{def}	31,74±0,33^{ab}	17,20	69,44±1,73^{bc}	2,87±0,28^{efgh}	17,80±0,70^{abcde}	2,51
%2,5 A.E.	60,37±1,92^{efgh}	16,75±0,90^{abcd}	30,40±0,99^{abc}	23,33	69,96±3,00^{bcd}	2,57±0,20^{fghı}	16,75±0,66^{def}	1,18
%5 A.E.	56,35±5,76^{ghı}	15,91±0,93^{cde}	31,06±0,46^{abc}	20,20	67,88±2,43^{cde}	3,38±0,27^{cde}	18,11±0,37^{abc}	2,51
%7,5 A.E.	54,93±4,41^{hı}	17,42±0,58^{abc}	31,44±0,89^{ab}	25,13	67,13±0,59^{de}	4,02±0,16^{b}	17,94±0,12^{abcd}	3,47
%0,75 S.E.	68,35±0,41^{bc}	14,14±0,61^{efgh}	30,03±1,05^{bc}	14,95	72,32±0,82^{ab}	2,32±0,18^{hı}	17,40±0,41^{bcdef}	2,33
%1,25 S.E.	66,41±0,41^{bcd}	13,76±0,63^{fgh}	30,69±0,79^{abc}	14,15	72,97±1,95^{ab}	2,58±0,19^{fghı}	17,25±0,34^{cdef}	3,02
%2,5 S.E.	57,85±0,76^{ghı}	16,96±0,31^{abcd}	30,59±0,95^{abc}	24,90	72,46±1,27^{ab}	3,11±0,29^{ef}	18,52±0,49^{ab}	2,70
%5 S.E.	55,31±0,70^{hı}	17,60±0,48^{abc}	30,57±0,66^{abc}	24,65	72,50±0,80^{ab}	3,05±0,27^{efg}	17,78±0,57^{abcde}	2,63
%7,5 S.E.	54,53±1,49^{ı}	17,09±0,38^{abcd}	31,62±0,46^{ab}	22,87	68,54±0,99^{cde}	3,94±0,40^{bc}	19,00±0,47^{a}	2,62
%0,75 T.E.	69,44±0,86^{abc}	11,37±0,57^{ı}	27,23±0,96^{d}	10,13	73,89±1,33^{a}	2,50±0,13^{ghı}	17,55±0,56^{bcde}	3,88
%1,25 T.E.	64,34±2,26^{cdef}	15,58±0,99^{de}	31,34±0,92^{abc}	17,68	73,47±1,74^{ab}	2,42±0,26^{hı}	17,01±0,62^{cdef}	3,54
%2,5 T.E.	58,10±1,74^{ghı}	18,07±0,38^{a}	31,50±0,87^{ab}	25,88	70,89±1,27^{abc}	3,28±0,11^{de}	17,98±0,56^{abcd}	1,44
%5 T.E.	56,36±0,58^{ghı}	16,09±0,88^{bcd}	31,47±0,96^{ab}	22,05	68,39±0,87^{cde}	3,73±0,09^{bcd}	17,46±0,40^{bcde}	2,33
%7,5 T.E.	54,45±2,30^{ı}	17,84±0,42^{ab}	32,97±0,53^{a}	24,90	65,99±0,76^{e}	4,88±0,40^{a}	18,63±0,44^{ab}	4,96
%0,75 K.E.	70,25±2,38^{ab}	8,39±1,46^{i}	26,77±2,78^{d}	7,36	67,55±1,54^{cde}	2,40±0,18^{hı}	16,18±0,51^{fgh}	3,00
%1,25 K.E.	68,23±1,26^{bc}	8,83±0,90^{i}	26,99±1,39^{d}	8,91	68,05±0,53^{cde}	2,62±0,14^{fghı}	16,56±0,49^{efg}	2,42
%2,5 K.E.	60,96±2,22^{defg}	12,52±0,70^{ghı}	30,36±0,76^{abc}	17,57	66,20±0,71^{e}	2,55±0,12^{fghı}	15,46±0,40^{gh}	4,54
%5 K.E.	59,57±1,38^{fghı}	12,55±0,46^{ghı}	29,99±0,59^{bc}	18,48	62,14±1,05^{f}	3,08±0,19^{ef}	15,30±0,39^{h}	8,35
%7,5 K.E.	55,04±1,07^{hı}	14,21±0,63^{efg}	30,07±1,18^{bc}	22,94	60,62±1,04^{f}	3,82±0,11^{bcd}	15,10±0,25^{h}	9,95

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.
Ortalama ± standart sapma

4.2.4 Ekmek Rutubet Kaybı (RK)

Ekmek örneklerinin raf ömrü süresince (0. 2. 3. 5. ve 6.gün) rutubetleri (%) belirlenmiş, zamana bağlı değişimleri tespit edilmiştir. Ekmek örneklerinin rutubet içerikleri ve RK değerleri Tablo 4.13'te verilmiştir. RK_1 ilk güne göre bağıl rutubet kaybını, RK_2 ise bir önceki güne göre bağıl rutubet kaybını belirtmektedir.

Tablo 4.13 Ekmek örneklerinin rutubet içerikleri ve RK değerleri

Ekmek	Zaman (gün)	Rutubet (%)	RK_1 (%)	RK_2 (%)
%100 B.E.	0	42,22±0,83[a]	-	-
	2	37,50±2,85[a]	11,18	11,18
	3	36,68±1,08[a]	13,12	2,19
	5	34,58±1,61[a]	18,10	5,73
	6	30,00±0,12[a]	28,94	13,24
%0,75 A.E.	0	42,14±0,41[a]	-	-
	2	38,10±2,88[a]	9,59	9,59
	3	36,06±0,74[a]	14,43	5,35
	5	32,11±0,12[a]	23,80	10,95
	6	28,69±0,49[a]	31,92	10,65
%1,25 A.E.	0	42,43±0,05[a]	-	-
	2	35,98±0,93[a]	15,20	15,20
	3	33,89±1,61[a]	20,13	5,81
	5	33,76±1,99[a]	20,43	0,38
	6	28,80±2,50[a]	32,12	14,69
%2,5 A.E.	0	41,66±0,12[a]	-	-
	2	35,96±2,40[a]	13,68	13,68
	3	35,12±1,56[a]	15,70	2,34
	5	31,60±1,45[a]	24,15	10,02
	6	29,65±1,47[a]	28,83	6,17
%5 A.E.	0	41,60±0,70[a]	-	-
	2	37,08±0,77[a]	10,87	10,87
	3	34,24±1,09[a]	17,69	7,66
	5	32,37±0,29[a]	22,19	5,46
	6	26,84±3,65[a]	35,48	17,08
%7,5 A.E.	0	41,49±0,82[a]	-	-
	2	37,06±1,33[a]	10,68	10,68
	3	33,34±2,74[a]	19,64	10,04
	5	32,91±4,61[a]	20,68	1,29
	6	28,04±2,60[a]	32,42	14,80

Tablo 4.13'ün devamı

%0,75 S.E.	0	41,81±0,78[a]	-	-
	2	36,98±0,53[a]	11,55	11,55
	3	36,65±0,42[a]	12,34	0,89
	5	35,30±1,06[a]	15,57	3,68
	6	29,36±0,33[a]	29,78	16,83
%1,25 S.E.	0	42,25±0,40[a]	-	-
	2	37,39±0,66[a]	11,50	11,50
	3	36,97±1,39[a]	12,50	1,12
	5	35,67±1,06[a]	15,57	3,52
	6	30,83±0,80[a]	27,03	13,57
%2,5 S.E.	0	41,54±0,53[a]	-	-
	2	37,68±1,86[a]	9,29	9,29
	3	36,65±1,15[a]	11,77	2,73
	5	33,75±1,67[a]	18,75	7,91
	6	29,83±1,74[a]	28,19	11,61
%5 S.E.	0	41,64±0,45[a]	-	-
	2	35,88±2,54[a]	13,83	13,83
	3	35,70±0,43[a]	14,27	0,50
	5	29,85±0,09[a]	28,31	16,39
	6	27,38±3,11[a]	34,25	8,27
%7,5 S.E.	0	42,37±0,02[a]	-	-
	2	37,27±0,78[a]	12,04	12,04
	3	36,14±1,36[a]	14,70	3,03
	5	34,47±0,40[a]	18,65	4,62
	6	27,45±3,62[a]	35,21	20,37
%0,75 T.E.	0	41,67±0,57[a]	-	-
	2	38,14±0,17[a]	8,47	8,47
	3	34,78±2,51[a]	16,53	8,81
	5	34,72±0,59[a]	16,68	0,17
	6	27,28±2,66[a]	34,53	21,43
%1,25 T.E.	0	42,06±0,58[a]	-	-
	2	36,78±2,37[a]	12,55	12,55
	3	35,03±1,14[a]	16,71	4,76
	5	32,98±2,50[a]	21,59	5,85
	6	25,93±1,94[a]	38,35	21,38
%2,5 T.E.	0	41,34±0,75[a]	-	-
	2	36,62±0,06[a]	11,42	11,42
	3	33,52±3,42[a]	18,92	8,47
	5	31,92±0,97[a]	22,79	4,77
	6	23,47±1,35[a]	43,23	26,47

Tablo 4.13'ün devamı

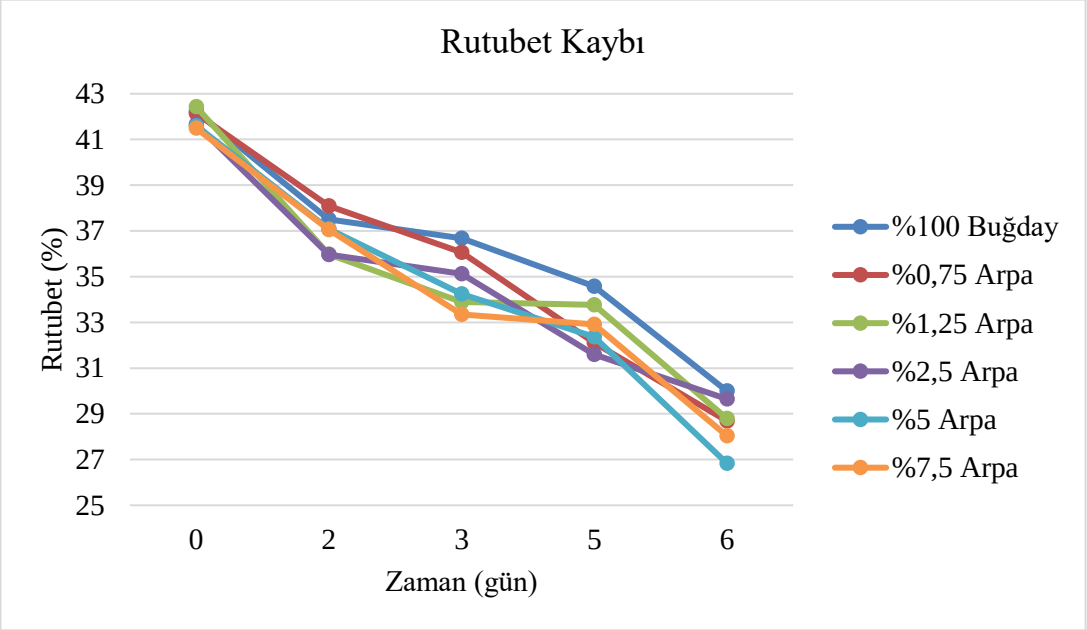
	0	40,31±0,02[a]	-	-
	2	35,23±0,38[a]	12,60	12,60
%5 T.E.	3	33,35±2,23[a]	17,27	5,34
	5	31,26±1,55[a]	22,45	6,27
	6	24,37±2,72[a]	39,54	22,04
	0	40,64±0,78[a]	-	-
	2	36,95±0,19[a]	9,08	9,08
%7,5 T.E.	3	32,94±1,40[a]	18,95	10,85
	5	31,68±1,17[a]	22,05	3,83
	6	22,44±0,93[a]	44,78	29,17
	0	40,21±0,58[a]	-	-
	2	39,04±0,16[a]	2,91	2,91
%0,75 K.E.	3	36,20±1,20[a]	9,97	7,27
	5	31,84±0,87[a]	20,82	12,04
	6	25,48±4,13[a]	36,63	19,97
	0	39,67±0,33[a]	-	-
	2	36,44±1,32[a]	8,14	8,14
%1,25 K.E.	3	36,07±0,54[a]	9,07	1,02
	5	33,41±3,55[a]	15,78	7,37
	6	25,90±1,59[a]	34,71	22,48
	0	39,44±1,17[a]	-	-
	2	33,82±0,74[a]	14,25	14,25
%2,5 K.E.	3	33,02±2,36[a]	16,28	2,37
	5	32,16±2,42[a]	18,46	2,60
	6	24,57±2,40[a]	37,70	23,60
	0	40,48±0,49[a]	-	-
	2	35,55±0,40[a]	12,18	12,18
%5 K.E.	3	34,95±0,11[a]	13,66	1,69
	5	32,16±2,42[a]	20,55	7,98
	6	24,89±3,45[a]	38,51	22,61
	0	40,32±0,23[a]	-	-
	2	34,53±0,19[a]	14,36	14,36
%7,5 K.E.	3	34,32±1,49[a]	14,88	0,61
	5	33,16±2,33[a]	17,76	3,38
	6	24,97±1,16[a]	38,07	24,70

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir (Her gün kendi arasında değerlendirilmiştir). Ortalama ± standart sapma

6 günlük süreçte ekmeklerin rutubet değerlerinin azaldığı saptanmıştır. İlk günkü rutubet değerleri karşılaştırıldığında kontrol örneği %100 buğday ekmeğinde %42,22, en yüksek rutubet değerine ise %1,25 arpa malt unu ilaveli %42,43 belirlenmiştir. Diğer tüm ekmeklerde de rutubet değerleri benzer niteliktedir. 6 günlük raf ömrünün

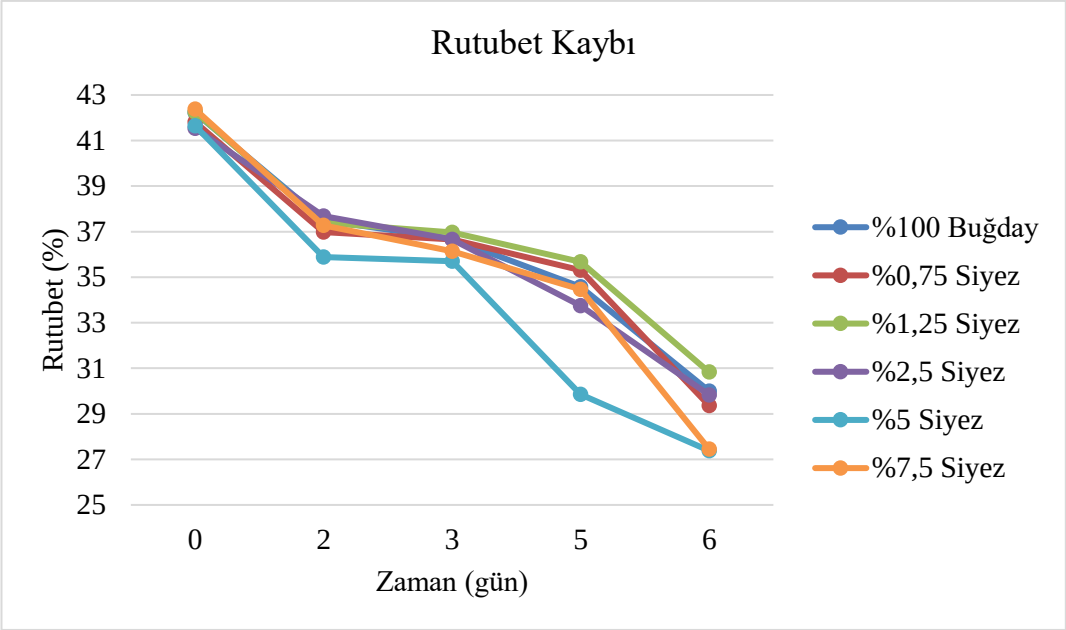
sonunda en yüksek değere %1,25 siyez malt unu ilaveli ekmeğin (%30,83) ve %100 buğday ekmeğinin (%30), en düşük değere ise %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğin (%22,44) sahip olduğu belirlenmiştir. Hendek Ertop (2014), raf ömrü sürecinin ekmeğin rutubet kaybı üzerinde etkisinin önemli olduğunu, Acar (2022) ise ekmek örneklerinin rutubet değerlerinde zamana bağlı azalış olduğunu belirtmiştir.

Buğday ununa %0,75-7,5 arası arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unu ilave edilen ekmekler ile %100 buğday ekmeğinin rutubet kaybı grafikleri sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de verilmiştir.



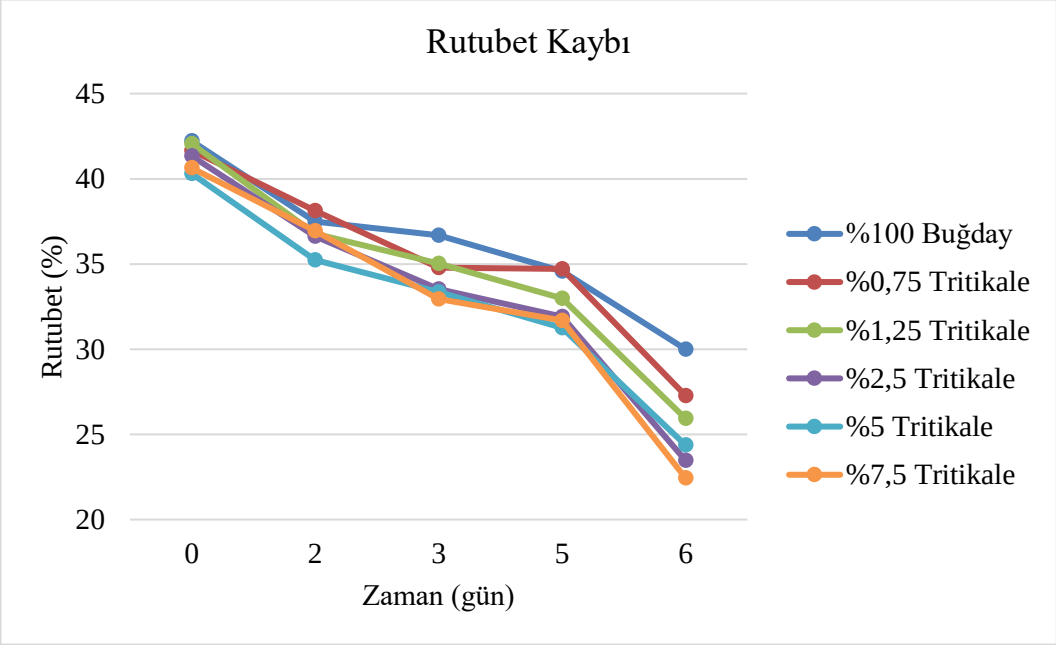
Şekil 4.4 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda arpa malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri

Şekil 4.4'te görüldüğü üzere arpa malt unu ilaveli ekmeklerde 6. günde %2,5 arpa malt unu ilaveli ekmeğin %100 buğday ekmeği ile aynı rutubete sahip olduğu, diğer ekmeklerde ise rutubetin daha düşük olduğu görülmektedir.



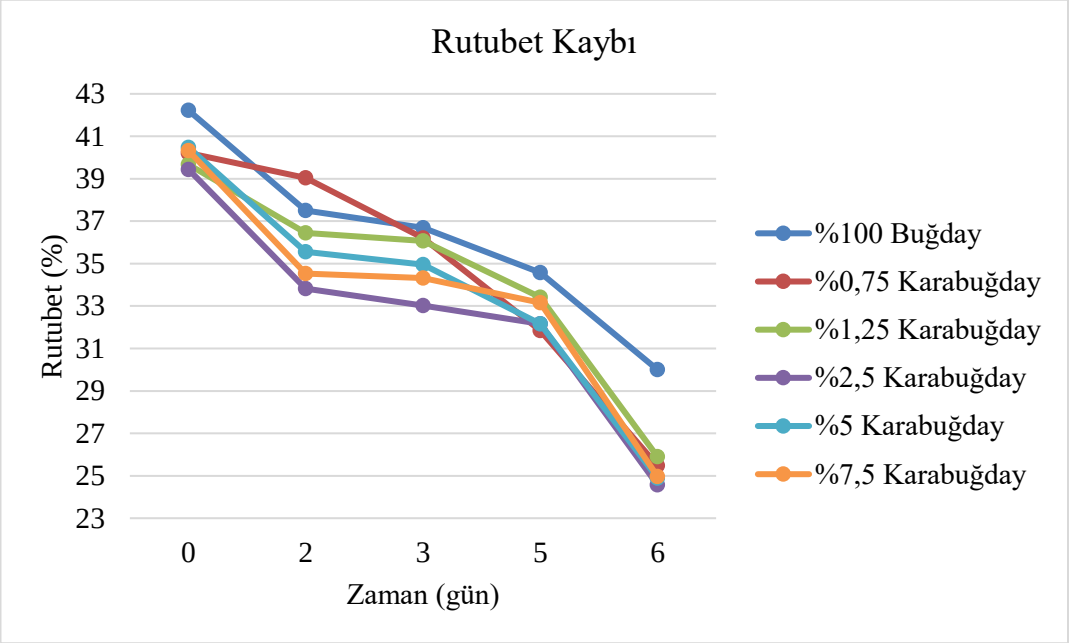
Şekil 4.5 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda siyez malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi 6. günün sonunda en yüksek rutubet değeri %1,25 siyez malt unu ilaveli ekmekte belirlenmiştir. %100 buğday ekmeği ile %0,75 siyez malt unu ilaveli ekmeğin benzer rutubet değerlerine sahip olduğu, en düşük rutubete ise %5 ve 7,5 siyez malt unu ilaveli ekmeklerin sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.6 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri

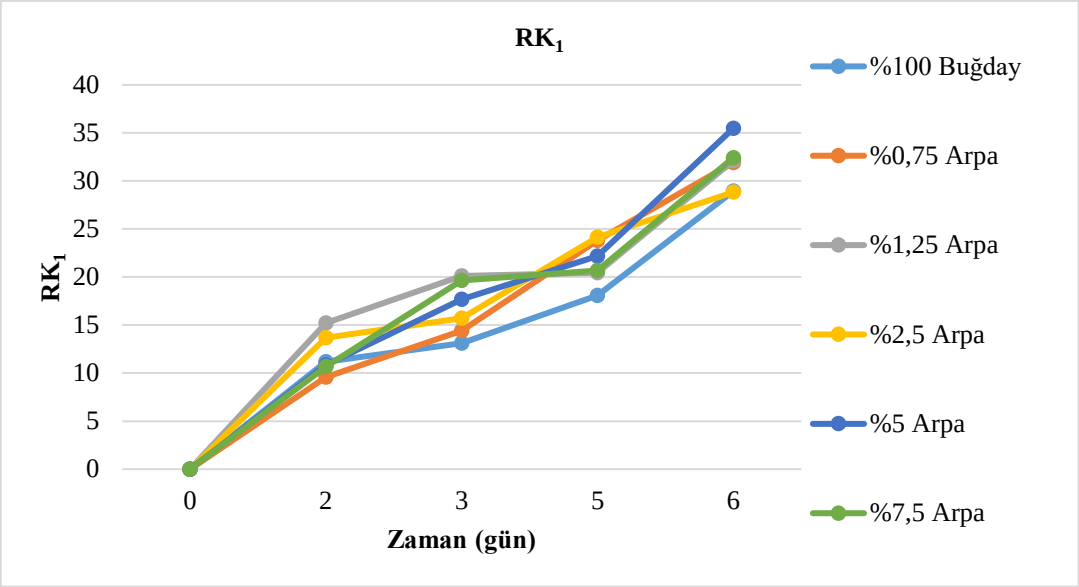
6. günün sonunda en yüksek rutubet değeri %100 buğday ekmeğinde belirlenmiş, tritikale malt unu kullanım oranının artışının ekmeklerde rutubet kaybını artırdığı, son gün değerlerinde ise malt unu ilaveli ekmeklerin %100 buğday ekmeğiyle aynı rutubet içeriğine sahip olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.6).



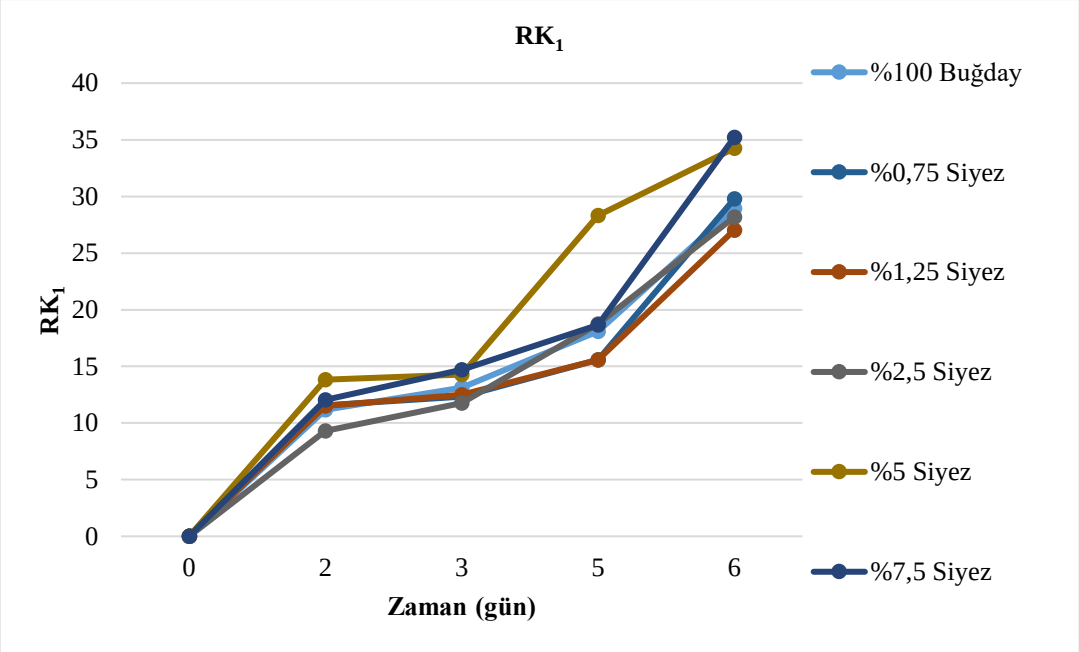
Şekil 4.7 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince rutubet (%) değerleri

Şekil 4.7'de görüldüğü üzere ilk gün en yüksek rutubet değerine %100 buğday ekmeğinin sahip olduğu, tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin rutubet içeriklerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. 6. günün sonunda ise en yüksek rutubet içeriği %100 buğday ekmeğinde belirlenmiş ve karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin ise rutubet içeriğinin daha düşük olduğu saptanmıştır.

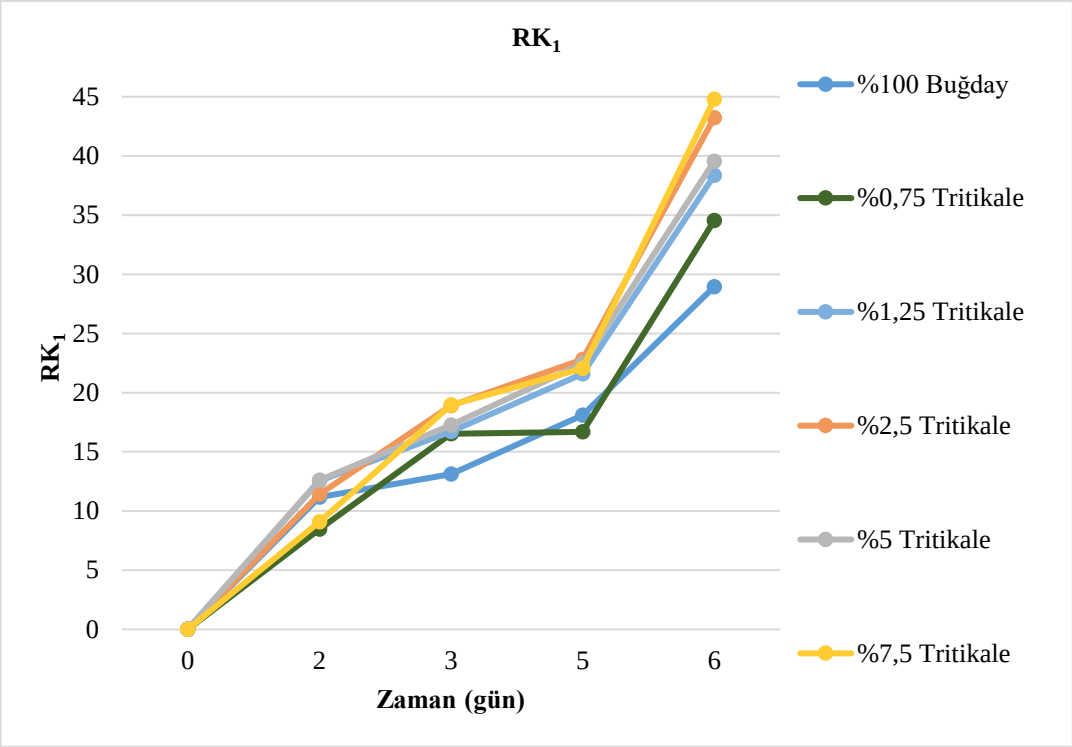
Buğday ununa %0,75-7,5 arası arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unu ilave edilen ekmekler ile %100 buğday ekmeğinin RK_1 grafikleri sırasıyla Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de verilmiştir.



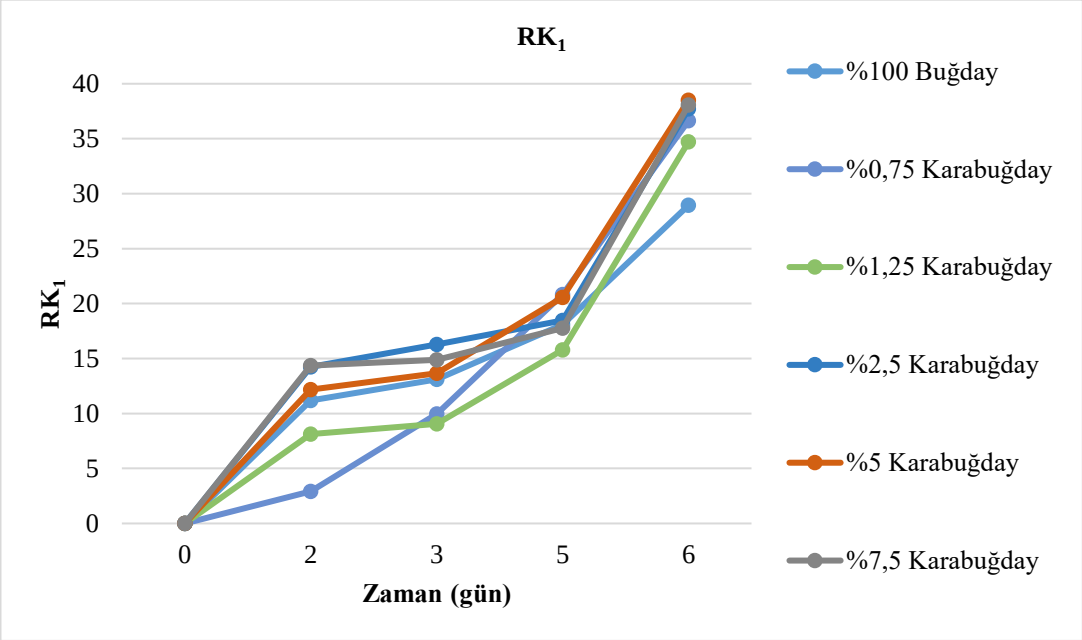
Şekil 4.8 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda arpa malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri



Şekil 4.9 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda siyez malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri



Şekil 4.10 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri



Şekil 4.11 Buğday ekmeği ve farklı oranlarda karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin raf ömrü süresince RK_1 değerleri

İlk güne göre bağıl rutubet kaybı değerlerini ifade eden RK_1 değerleri, Tablo 4.13 ve Şekil 4.8-4.11 arası verilmiştir. Elde edilen sonuçlar arasında RK_1 değerleri karşılaştırıldığında 6. günün sonunda %100 buğday ekmeğinde (%28,94), en yüksek

rutubet kaybının ise 7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğinde (%44,78) tespit edilmiştir. Tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin malt unu kullanım oranının artmasıyla RK_1 değerlerinin arttığı görülmektedir.

Bir önceki güne göre bağıl rutubet kaybını ifade eden RK_2 değerleri incelendiğinde ise ekmeklerin en yüksek rutubet kayıplarının 2. ve 6. günde olduğu belirlenmiştir. 3. ve 5. günlerde ise bir önceki günlere göre daha düşük rutubet kaybettikleri, en fazla rutubet kaybının %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmekte olduğu saptanmıştır (Tablo 4.13).

Farklı oranlarda malt unu ilaveli ekmeklerin rutubet değerlerinin %23-43 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek rutubet kayıplarının %5 arpa, 5 ve 7,5 siyez, 7,5 tritikale ve 2,5 karabuğday malt ekmeğinde olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerin rutubet değerlerinin raf ömrü süresince azaldığı saptanmıştır.

4.2.5 pH ve Titrasyon Asitliği (TA)

Ekmek örneklerinde pH ve TA sonuçları Tablo 4.14'te verilmiştir.

Tablo 4.14 Ekmek örneklerine ait pH ve TA değerleri

Ekmek	pH	Korelasyon (R^2)	TA (%)	Korelasyon (R^2)
%100 B.E.	5,68±0,03		2,67±0,02	
%0,75 A.E.	5,61±0,02		2,85±0,02	
%1,25 A.E.	5,59±0,01		3,03±0,06	
%2,5 A.E.	5,56±0,02	0,916	3,24±0,05	0,995
%5 A.E.	5,54±0,01		3,74±0,03	
%7,5 A.E.	5,42±0,05		4,16±0,06	
%0,75 S.E.	5,62±0,07		3,03±0,00	
%1,25 S.E.	5,57±0,01		3,24±0,06	
%2,5 S.E.	5,54±0,06	0,898	3,45±0,05	0,955
%5 S.E.	5,51±0,02		3,77±0,09	
%7,5 S.E.	5,47±0,04		3,98±0,00	
%0,75 T.E.	5,60±0,08		3,44±0,02	
%1,25 T.E.	5,52±0,01		3,51±0,05	
%2,5 T.E.	5,47±0,03	0,751	3,73±0,07	0,995
%5 T.E.	5,44±0,01		4,09±0,05	
%7,5 T.E.	5,42±0,06		4,38±0,10	

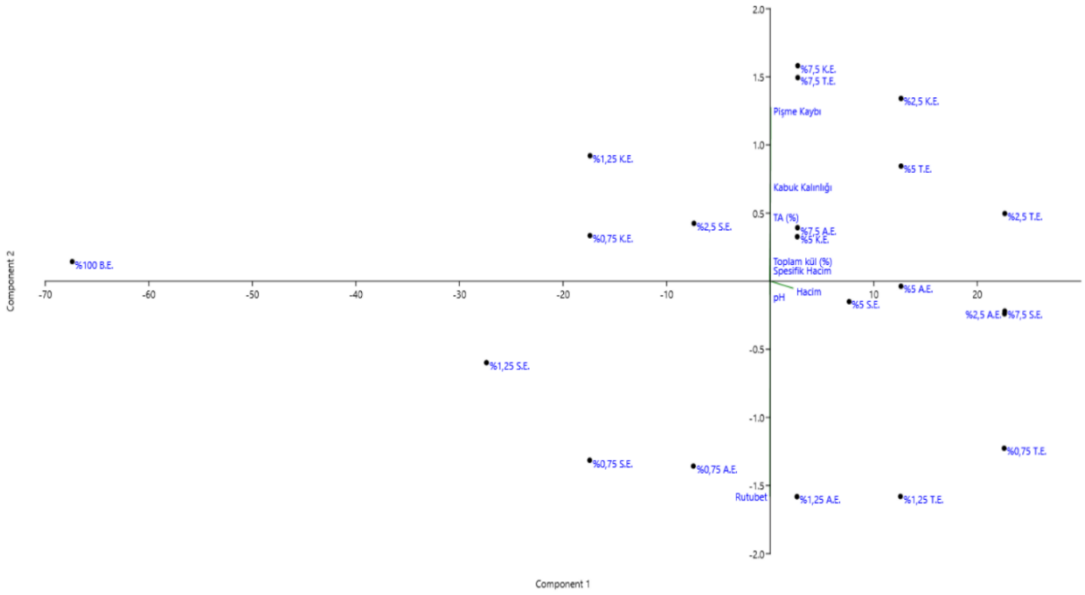
Tablo 4.14'ün devamı

%0,75 K.E.	5,54±0,09		2,85±0,00	
%1,25 K.E.	5,53±0,03		3,15±0,07	
%2,5 K.E.	5,52±0,08	0,958	3,34±0,05	0,934
%5 K.E.	5,50±0,01		3,61±0,06	
%7,5 K.E.	5,45±0,02		3,88±0,09	

Ekmeklerde en düşük pH değeri %7,5 arpa ve tritikalede (5,42), en yüksek pH değeri ise %100 buğday ekmeğinde belirlenmiştir. Malt unu kullanım oranının artmasıyla pH değerlerindeki azalmaya bağlı, asitlikte artış tespit edilmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde Tablo 4.14'te görüldüğü üzere, buğday ununa ilave edilen arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarındaki artış ile pH değerleri arasında korelasyon sırasıyla R^2:0,916; 0,898; 0,751 ve 0,958 olarak belirlenmiştir.

Ekmeklere ait en yüksek TA değeri ise %7,5 tritikalede (%4,38), en düşük TA değeri ise %100 buğday ekmeğinde (%2,67) belirlenmiştir. Ekmeklerde malt unu kullanım oranının artmasıyla TA değerlerinde artış tespit edilmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde ise buğday ununa ilave edilen arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarındaki artış ile TA değerleri arasında sırasıyla R^2:0,995; 0,955; 0,995 ve 0,934 olarak belirlenmiştir. Tüm malt unu ilaveli ekmeklerin asitliklerinin kontrol örneğine (%100 buğday) göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Maltlama işleminin enzimleri aktive etmesi sonucu yağ asitleri, karbonhidratlar ve proteinlerde degradasyon meydana geldiği ve bunun bir sonucu olarak organik asitler, basit şekerler ve serbest amino asitlerde artışa neden olduğu bununla birlikte γ-aminobütirik asit (GABA) birikimine neden olduğu bildirilmektedir (Gan vd. 2017; Sasthri vd. 2020). Bir başka çalışmada ise çimlenme ile askorbik asit içeriğinde artış olduğu belirtilmektedir (Baranwal, 2017; Kaushik vd. 2010). Tahıl unları ve malt unlarında yapılan pH ve TA tayini sonuçlarında asitlik artışına bağlı olarak, buğday ununa malt unu ilavesinin ekmeklerde pH değerlerini azalttığı, TA değerlerini ise artırdığı tespit edilmiştir. Malt unu kullanım oranının artışıyla ekmeklerin asitlik değerleri yükselmiştir.



Şekil 4.12 Tanımlayıcı fizikokimyasal analiz sonuçları

Ekmeklerin fizikokimyasal analiz sonuçlarından elde edilen verilerin istatistiksel önemini tespit etmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmıştır (Şekil 4.12). Analiz verileri incelendiğinde; ekmek örneklerinin dört çeyrekte yer alarak farklı özelliklere sahip olduğu, %100 buğday ekmeğinin diğer ekmeklerden farklı özelliklere sahip olduğu görülmektedir. %0,75 ve 1,25 karabuğday ile %2,5 siyez malt ekmeğinin benzer niteliklerde olduğu belirlenmiştir. %0,75 arpa, %0,75 ve 1,25 siyez ekmeklerinin rutubet içerikleri, 1. bölgede yer alan ekmeklerin ise pişme kaybı, kabuk kalınlığı, TA, toplam kül, spesifik hacim tarafından temsil edildiği görülmektedir. Pişme kaybı ile kabuk kalınlığı arasında pozitif korelasyon olduğu, bununla birlikte rutubet ile aralarında negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. pH ve TA arasında ise negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

4.2.6 Tekstür

Ekmeğin değerlendirilmesinde en dikkat çekici doku özelliği, ekmekte tazelik algısıyla yakından ilgili olduğundan ekmek içi sertlik veya yumuşaklıktır. Tekstür profil analizi (TPA) ekmek kalite niteliklerini belirlemede ve ürünün yenme kalitesinin nesnel ve öznel değerlendirilebilmesinde belirleyici analizdir (Carr ve Tadini, 2003; Hendek Ertop, 2014). Ekmeklerin 7. gününde TPA gerçekleştirilmiştir. Analiz öncesi 2 cm kalınlığında kesilen ekmeklerin; sertlik, yüzey yapışkanlığı, esneklik, iç

yapışkanlık, elastikiyet ve çiğnenebilirlik değerleri belirlenmiştir. Ekmeklere ait TPA sonuçları Tablo 4.15'te verilmiştir.

Deformasyon için gerekli olan güç olarak tanımlanan sertlik değerleri incelendiğinde, %0,75 karabuğday malt unu ikâmeli ekmeğin sertlik değerinin diğer ekmeklere oranla önemli düzeyde (p<0,05) yüksek olduğu belirlenmiştir. En düşük sertlik değerine ise %7,5 tritikale malt unu ikameli ekmeğe ait olduğu bulunmuştur. Ekmeklerde malt unu kullanım oranının artışıyla birlikte sertlik değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Ekmekte sertlik değeri, ekmek içi yumuşaklığında azalma olduğu, yumuşaklıkta meydana gelen azalmanın ise nişasta retrogradasyonu ve ekmek içi nem kaybı olduğu belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada buğday ununa transglutaminaz (TG) enzimi ve teff unu ilavesinin sertlik değerini artırdığı belirtilmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Ekmeklik buğday ununa karabuğday ilave oranının artışıyla sertlik değerini artırdığını ve bu artışa glüten ağlarının zayıflamasıyla ilgili olabileceği belirtilmiştir. Malt unu kullanımının sertlik değerini azaltmasının yüksek amilaz enzim aktivitesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Hayıt, 2014).

Yüzey yapışkanlığı, bir gıdanın yüzeyi ile gıdanın temas ettiği diğer malzemelerin yüzeyi arasındaki çekici kuvvetlerin üstesinden gelmek için gereken işi temsil etmektedir. En yüksek yüzey yapışkanlığı değerlerine %100 buğday ve %0,75 tritikale malt unu ikâmeli ekmeğe ait bulunmuştur. Malt unu kullanımıyla arpa malt unu ilaveli ekmekler hariç yüzey yapışkanlığı değerlerinde azalma görülmüş, arpa malt unu ikâmesinin ise yüzey yapışkanlığını artırdığı tespit edilmiştir.

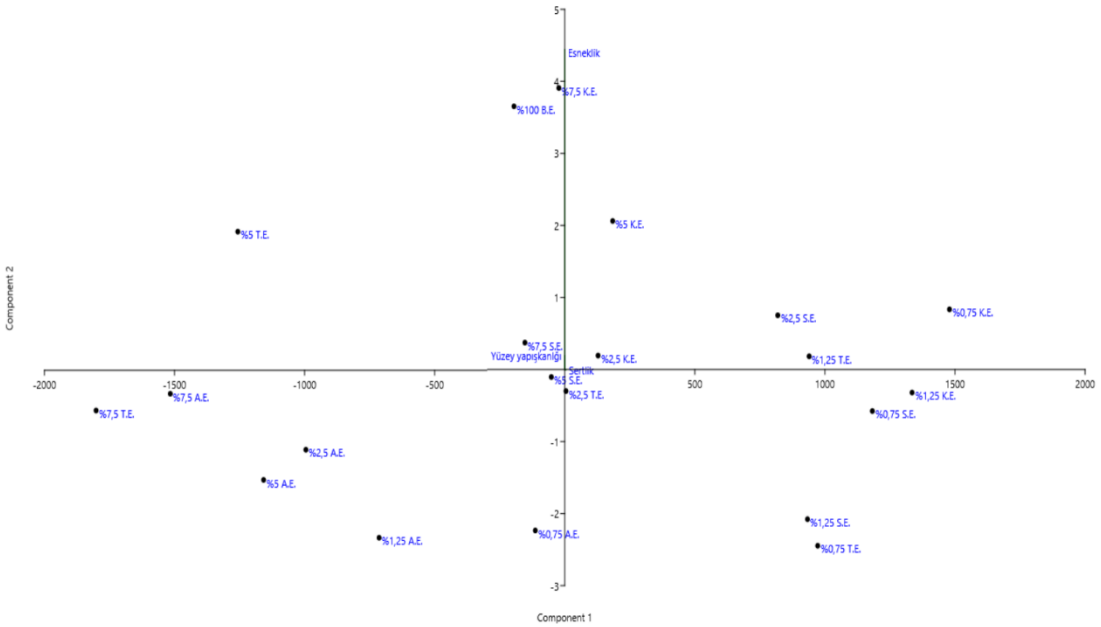
Esneklik (Resilence), numunenin hem hız hem de farklı kuvvetlerde deformasyondan nasıl kurtulduğunun ölçümüdür. %7,5 karabuğday ekmeği hariç tüm örneklerin esneklik değerinin kontrol örneğinden küçük olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte esneklik değerinin malt unu kullanım oranıyla lineer bir profil çizmediği görülmektedir. Esneklik değerlerini teff ilavesinin etkilemediğini, TG enziminin ise çok düşükte olsa artırdığı gözlemlenmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Diğer bir çalışmada ise ekmeklik buğday ununa %10 karabuğday unu ilavesinin esneklik değerleri üzerinde önemli bir fark oluşturmadığını, %20 ve %30 oranında kullanımının ise önemli oranda azalttığını bildirmişlerdir (Hayıt ve Gül, 2017). Örneklerin esneklik

değerleri üzerinde TG enzim ilavesinin ve miktarının fark yaratmadığı belirtilmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Bu bağlamda malt unu kullanım oranlarının düşük düzeyde oluşunun esneklik değerleri üzerinde önemli bir fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır.

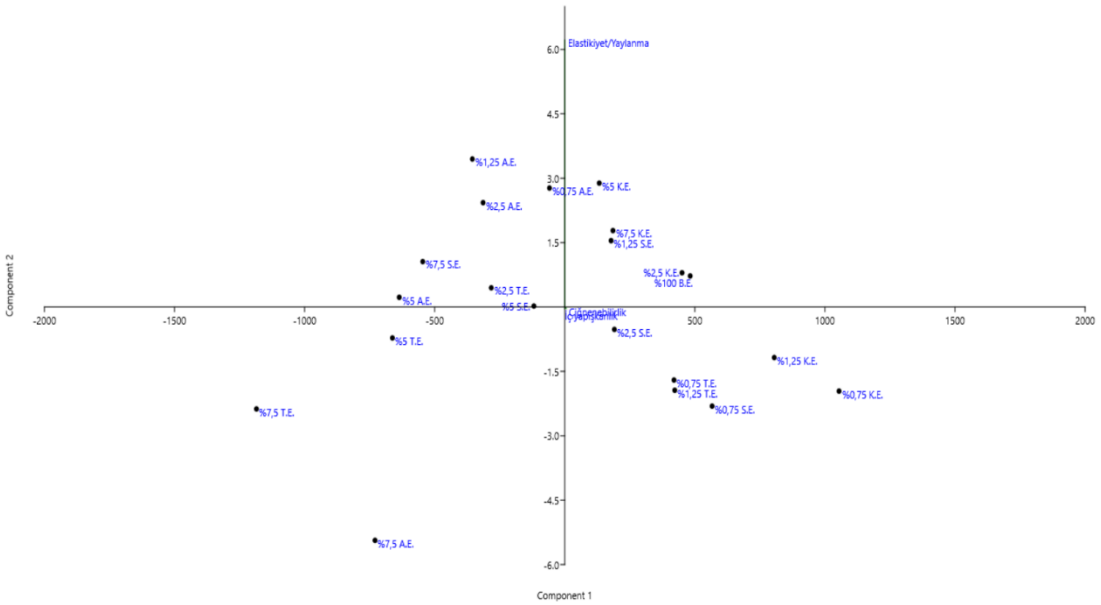
İç yapışkanlık, malzemenin mekanik işlem sırasında parçalanma hızı olarak ifade edilebilir. Yüzey yapışkanlığı iç yapışkanlığa göre daha düşük değere sahip olduğundan ürün kendi iç yapısında bir arada tutunabildiği için proba yapışma minimum seviyededir. En yüksek iç yapışkanlık değeri %7,5 arpa malt unu kullanılan ekmekte tespit edilmiş, diğer örneklerle arasında fark istatistiki olarak önemsiz (p>0,05) bulunmuştur. Elde edilen malt unlarından üretilen ekmeklerin malt unu kullanım oranının artmasıyla ekmekte iç yapışkanlık gözlenmiştir. Bu duruma, ekmeklerde malt unu kullanımı ile birlikte α-amilaz enzim aktivitesinin yüksek olmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Yapılan bir çalışmada, teff ve enzim ilavesinin çok az da olsa yapışkanlığı artırdığı belirtilmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Hayıt (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ise amilaz aktivitesi yüksek unlardan elde edilen ekmeklerin yapışkan olduğu bildirilmiştir.

Elastikiyet, deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte materyalin deforme olmamış haline dönme oranıdır. Gıdanın ilk ısırmanın sonu ile ikinci ısırmanın başlangıcı arasında geçen süre boyunca toparlandığı yüksekliğe ilişkin değerdir. En yüksek elastikiyet değeri %2,5 karabuğday malt unu ilaveli ekmekte tespit edilmiş, diğer ekmeklerle arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz (p>0,05) bulunmuştur. Malt unu kullanımının ise elastikiyet değerini azalttığı belirlenmiştir.

Çiğnenmeye karşı direnci ifade eden çiğnenebilirlik değeri, katı gıdayı parçalara ayırıp yutma durumuna getirmek için gerekli olan enerjidir. En yüksek çiğenenebilirlik değeri %0,75 karabuğday malt unu ikâmeli ekmekte belirlenmiş, istatistiki düzeyde önemli (p<0,05) bulunmuştur. Malt unu kullanımının ise çiğnenebilirlik değerlerini azalttığı saptanmıştır. TG enzimi ilavesinin çiğnenebilirlik değerini artırdığı belirtilmiştir (Şanlıdere Aloğlu, 2021). Malt unu kullanımıyla artan α-amilaz enziminin çiğnenebilirlik değerini azalttığı düşünülmektedir.



Şekil 4.13 Tanımlayıcı sertlik, esneklik ve yüzey yapışkanlığı analiz sonuçları



Şekil 4.14 Tanımlayıcı elastikiyet/yaylanma, iç yapışkanlık, çiğnenebilirlik analiz sonuçları

Tekstür analiz sonuçları verilerinin istatistiksel önemini tespit etmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmıştır (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14). Analiz verileri incelendiğinde; ekmeklerin dört çeyrekte yer alarak farklı özellikler gösterebildiği, benzer özelliklerin birbirine yakın gruplandığı ve bazı ekmeklerin hiçbir parametre tarafından temsil edilmediği görülmektedir. Genel olarak sertlik ve esneklik değerleri arasında pozitif korelasyon, yüzey yapışkanlığı ile aralarında ise negatif korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Kontrol örneği olan %100 buğday ekmeği ile %5

ve %7,5 siyez malt unu ilaveli ekmeğin benzer nitelikler gösterdiği görülmektedir. %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 arpa ile %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin benzer nitelikler gösterdiği tespit edilmiştir. Elastikiyet/yaylanma ve çiğnenebilirlik arasında pozitif korelasyon, iç yapışkanlıkla aralarında ise negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14). Kontrol örneği %100 buğday ekmeği ile %1,25 siyez malt, %2,5; 5 ve 7,5 karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin benzer nitelikte oldukları saptanmıştır. %5; 7,5 tritikale malt ve %7,5 arpa malt unu ilaveli ekmeklerin diğer ekmeklerden farklı niteliklere sahip oldukları tespit edilmiştir.

Tablo 4.15 Ekmeklerin 7.güne ait tekstür profil değerleri

Ekmek	Sertlik (g) (Hardness)	Yüzey yapışkanlığı (g.sn) (Adhesiveness)	Esneklik (%) (Resilence)	İç yapışkanlık (Cohesiveness)	Elastikiyet/Yaylanma (%) (Springiness)	Çiğnenebilirlik (Chewiness)
%100 B.E.	3900±88,21^{de}	1,309±0,008^{a}	23,931±2,11^{a}	0,462±0,05^{a}	92,74±5,21^{a}	2395,242±93,21^{bcd}
%0,75 A.E.	3982,02±123,41^{de}	0,114±0,039^{efgh}	18,16±3,70^{a}	0,442±0,01^{a}	91,44±4,93^{a}	1854,633±89,92^{efg}
%1,25 A.E.	3381,59±118,67^{ef}	0,249±0,032^{defgh}	17,55±1,21^{a}	0,461±0,01^{a}	90,28±4,11^{a}	1557,960±65,67^{ghı}
%2,5 A.E.	3100,17±92,43^{fg}	0,298±0,041^{bcdefg}	18,53±2,24^{a}	0,545±0,02^{a}	89,52±3,21^{a}	1599,309±35,32^{ghı}
%5 A.E.	2937,75±158,70^{fg}	0,332±0,021^{bcdef}	17,97±0,90^{a}	0,568±0,01^{a}	85,32±3,67^{a}	1277,06±33,95^{hı}
%7,5 A.E.	2579,03±134,62^{gh}	0,330±0,001^{bcdef}	18,86±1,51^{a}	0,578±0,02^{a}	79,08±2,50^{a}	1183,851±31,18^{ı}
%0,75 S.E.	5277,53±121,31^{ab}	0,446±0,060^{abcd}	20,914±1,82^{a}	0,483±0,06^{a}	90,23±3,46^{a}	2479,664±90,04^{bc}
%1,25 S.E.	5028,20±130,01^{b}	0,429±0,045^{abcd}	19,199±2,31^{a}	0,482±0,01^{a}	91,68±3,67^{a}	2091,368±78,89^{cde}
%2,5 S.E.	4913,99±116,74^{bc}	0,353±0,019^{bcde}	21,937±3,24^{a}	0,496±0,06^{a}	89,69±2,98^{a}	2103,969±82,23^{cde}
%5 S.E.	4043,54±98,21^{d}	0,303±0,022^{bcdefg}	20,337±2,51^{a}	0,521±0,07^{a}	88,32±2,87^{a}	1794,497±67,78^{efg}
%7,5 S.E.	3941,98±83,78^{de}	0,286±0,051^{cdefg}	20,728±2,16^{a}	0,525±0,02^{a}	86,71±2,45^{a}	1367,343±52,34^{hı}
%0,75 T.E.	5067,50±113,21^{b}	0,671±0,072^{a}	18,853±1,91^{a}	0,521±0,02^{a}	89,93±3,26^{a}	2333,076±76,64^{bcd}
%1,25 T.E.	5034,58±99,24^{b}	0,547±0,063^{ab}	21,462±2,30^{a}	0,523±0,01^{a}	89,71±2,78^{a}	2336,038±75,25^{bcd}
%2,5 T.E.	4099,81±97,77^{d}	0,432±0,081^{abcd}	20,184±2,80^{a}	0,529±0,01^{a}	87,73±2,86^{a}	1630,754±59,98^{fgh}
%5 T.E.	2838,52±96,65^{fgh}	0,279±0,011^{cdefg}	21,337±2,54^{a}	0,535±0,02^{a}	84,21±2,65^{a}	1250,767±57,72^{hı}
%7,5 T.E.	2293,66±92,29^{h}	0,098±0,009^{fgh}	18,393±1,61^{a}	0,556±0,01^{a}	79,32±2,46^{a}	728,224±33,49^{i}
%0,75 K.E.	5573,96±116,79^{a}	0,543±0,074^{ab}	22,576±2,12^{a}	0,528±0,02^{a}	93,60±3,07^{a}	2967,526±97,71^{a}
%1,25 K.E.	5430,16±110,42^{ab}	0,529±0,058^{abc}	21,298±2,31^{a}	0,533±0,01^{a}	92,84±3,55^{a}	2718,543±84,42^{ab}
%2,5 K.E.	4223,21±92,71^{d}	0,338±0,034^{bcdef}	20,787±1,95^{a}	0,543±0,03^{a}	92,62±2,99^{a}	2364,013±92,33^{bcd}
%5 K.E.	4279,48±61,89^{d}	0,272±0,011^{defg}	22,708±1,84^{a}	0,543±0,01^{a}	92,74±3,09^{a}	2045,964±88,78^{def}
%7,5 K.E.	4072,64±86,62^{d}	0,209±0,018^{defgh}	24,381±1,73^{a}	0,548±0,01^{a}	91,96±3,54^{a}	2098,541±78,77^{cde}

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir.
Ortalama ± standart sapma

4.3 Ekmek Biyoaktif Nitelikleri

4.3.1 Antioksidan Aktivite

Ekmek örneklerinin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon etkisi belirlenmiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16 Ekmeklerin DPPH radikali üzerindeki % inhibisyon değerleri

Ekmek	İnhibisyon (%)	Korelasyon (R^2)
%100 B.E.	24,50±1,14^{cdefg}	
%0,75 A.E.	19,46±0,54^{gh}	
%1,25 A.E.	20,36±1,80^{efgh}	
%2,5 A.E.	20,54±0,18^{defgh}	0,947
%5 A.E.	23,60±0,72^{cdefgh}	
%7,5 A.E.	28,83±0,18^{bc}	
%0,75 S.E.	18,92±0,12^{gh}	
%1,25 S.E.	19,64±0,72^{fgh}	
%2,5 S.E.	20,72±0,29^{defgh}	0,980
%5 S.E.	22,70±0,90^{cdefgh}	
%7,5 S.E.	26,49±1,44^{bcde}	
%0,75 T.E.	16,94±1,62^{h}	
%1,25 T.E.	18,56±1,80^{gh}	
%2,5 T.E.	26,31±1,83^{bcdef}	0,784
%5 T.E.	27,21±1,08^{bcd}	
%7,5 T.E.	29,37±1,53^{bc}	
%0,75 K.E.	18,92±0,72^{gh}	
%1,25 K.E.	21,26±0,54^{defgh}	
%2,5 K.E.	24,14±1,26^{cdefg}	0,983
%5 K.E.	31,89±1,08^{b}	
%7,5 K.E.	44,14±2,08^{a}	

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

En yüksek %inhibisyon değerine %7,5 karabuğday malt unu ikâmeli ekmeğin sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Karabuğdayın antioksidan aktivite bakımından birçok tahıla göre daha yüksek değerlere sahip olduğu bildirilmektedir (Kılıç ve Elmacı, 2018). En düşük %inhibisyon değerine ise %0,75 tritikale malt unu ikâmeli ekmeğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Ekmeklere malt unu ikâmesi ile %inhibisyon değerinin önce kontrol örneğine göre azaldığı, malt ikâmesi oranı arttıkça %inhibisyon değerinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde ise Tablo 4.16 da görüldüğü üzere, buğday ununa ilave edilen arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarındaki artış ile %inhibisyon değerleri arasında sırasıyla R^2:0,947; 0,980; 0,784 ve 0,983 olarak belirlenmiştir.

Tahılların çimlenmesi ve maltlanmasının γ-aminobütirik asit (GABA) ve polifenoller gibi biyoaktif bileşiklerin birikmesine neden olduğu bildirilmiştir (Gan vd. 2017; Sasthri vd. 2020). Karabuğday, kinoa ve amaranth ile yapılan bir çalışmada, antioksidan aktivitenin ve toplam fenol içeriğinin filizlenme ile arttığı belirtilmiştir (Alvarez-Jubete vd. 2010). Gruplar arası değerlendirme yapıldığında ise karabuğday malt unu ilaveli ekmeklerin %inhibisyon değerinin diğer tahılların malt unları ile katkılı ekmeklere oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Kılıç ve Elmacı (2018) tarafından, maltlama işleminin 64. saatinden sonra yaygın karabuğdayın antioksidan aktivitesinde %106 oranında artış olduğu bildirilmiştir. Karabuğdayın yüksek antioksidan aktivitesinin rutin ve kuersetin içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Frutos vd. (2019) rutinin kimyasal yapısı nedeniyle önemli antioksidan özelliğine sahip olduğunu bu sebeple, karabuğday gibi yüksek rutin içeriğine sahip bitkisel kaynaklardan elde edilen bileşenlerin ve ekstraktların fonksiyonel gıdalara dâhil edilebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Yaver (2017) tarafından, eşit oranlarda tahıl (yulaf, arpa ve çavdar) ve baklagil (lüpen, soya ve nohut) unu paçalının somun ve bazlama ekmeklerine farklı oranlarda ikâmesiyle üretilen ekmeklerde paçal oranının artışıyla antioksidan aktivitenin yükseldiği belirtilmiştir.

Tahıl unları ve malt unlarında yapılan antioksidan aktivite sonuçlarına (Tablo 4.8) paralel olarak, malt unu ilave oranının artmasının ekmeklerin %inhibisyon değerlerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir.

4.3.2 Toplam Fenolik Madde İçeriği

Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak tespit edilmiştir. Bu amaçla 12.5-200 µg aralığında hazırlanan gallik asit standartları kullanılarak gallik asit standart kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (EK 3).

Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde içerikleri Tablo 4.17'de verilmiştir. Toplam fenolik madde içeriklerinin 103,01-921,02 mg/kg arasında değişmekte olduğu, en düşük %100 buğday ununda (103,01 mg/kg), en yüksek ise %7,5 karabuğday malt unu ikâmeli ekmekte (921 mg/kg) olduğu (p<0,05) belirlenmiştir. Farklı malt unları içeren ekmekler kendi aralarında karşılaştırıldığında ise en yüksek fenolik madde içeriğine sahip ekmeklerin karabuğday malt unu ikâmeli ekmeklerin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.17 Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde içerikleri

Ekmek	GAE (mg/kg)	Korelasyon (R^2)
%100 B.E.	103,01±0,02^{s}	
%0,75 A.E.	172,54±0,01^{ö}	
%1,25 A.E.	206,27±0,02^{o}	
%2,5 A.E.	229,54±0,02^{n}	0,982
%5 A.E.	395,66±0,03^{ı}	
%7,5 A.E.	575,70±0,04^{e}	
%0,75 S.E.	150,01±0,01^{p}	
%1,25 S.E.	309,19±0,03^{l}	
%2,5 S.E.	349,48±0,03^{k}	0,919
%5 S.E.	486,29±0,04^{h}	
%7,5 S.E.	600,92±0,05^{d}	
%0,75 T.E.	275,72±0,03^{m}	
%1,25 T.E.	373,69±0,05^{j}	
%2,5 T.E.	530,76±0,05^{f}	0,941
%5 T.E.	687,71±0,06^{c}	
%7,5 T.E.	795,40±0,06^{b}	
%0,75 K.E.	106,54±0,01^{s}	
%1,25 K.E.	114,63±0,02^{r}	
%2,5 K.E.	386,43±0,03^{i}	0,963
%5 K.E.	514,01±0,06^{g}	
%7,5 K.E.	921,02±0,09^{a}	

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

En yüksek toplam fenolik madde içeriğine %7,5 karabuğday malt unu ikâmeli ekmeğin sahip olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Karabuğdayın fenolik bileşen içeriğinin birçok tahıldan daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Karabuğdayın fenolik asitler, tokoferoller ve antosiyaninler gibi önemli antioksidanları bünyesinde bulundurduğu bildirilmiştir (Kılıç ve Elmacı, 2018). En düşük toplam fenolik madde içeriğine ise kontrol örneğinin (%100 buğday) önemli düzeyde (p<0,05) sahip olduğu belirlenmiştir.

Ekmeklere malt unu ikâmesi ile toplam fenolik madde içeriğinin malt unu ikâme oranı arttıkça arttığı saptanmıştır. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde Tablo 4.17 de görüldüğü üzere, buğday ununa arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarının ikâme oranının artışıyla toplam fenolik madde içerikleri arasında sırasıyla R^2:0,982; 0,919; 0,941 ve 0,963 olarak belirlenmiştir.

Fenolik bileşikler, antioksidan aktiviteye katkıda bulunan ana bileşikler olarak kabul edilmektedir (Fogarasi vd. 2015). Bu durumda antioksidan aktivite ve fenolik içeriğin paralel sonuçlar göstermesi beklenmektedir. Kılıç ve Elmacı (2018) tarafından, yaygın karabuğdayın toplam fenolik bileşeninde maltlama prosesinin 64. saatinden sonra %122 oranında artış olduğu belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada, bazı fenolik bileşiklerin içeriğinin ve antioksidan aktivitenin, ıslatma ve çimlenmenin erken safhalarında azaldığı, çimlenmenin sonraki aşamalarında ve ardından fırınlanma sırasında ise önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Ayrıca, maltlama sırasında DPPH radikal süpürme aktivitesi ve toplam fenolik içerik arasında iyi korelasyon olduğu tespit edilmiştir (Lu vd. 2007). Yaver (2017) tarafından, tahıl-baklagil unu karışımının somun ve bazlama ekmeklerinde artan oranlarda kullanımının ekmeklerin toplam fenolik madde miktarlarında artışa neden olduğu belirtilmiştir. Bir başka çalışmada ise, tahılların maltlanmasının biyoaktif bileşiklerin (γ-aminobütirik asit (GABA) ve polifenoller) birikmesine neden olduğu bildirilmiştir (Gan vd. 2017; Sasthri vd. 2020). Alvarez-Jubete vd. (2010), toplam fenol içeriği ve antioksidan aktivitenin genel olarak filizlenme ile arttığını belirtmişlerdir. Zhang vd. (2015) ve Nkhata vd. (2018) tarafından, karabuğdayın çimlenmesinin tanen, flavonoid ve toplam fenolik içeriği artırdığı belirtilmiştir.

Tahıl unları ve malt unlarında yapılan toplam fenolik madde içeriği sonuçlarına (Tablo 4.9) paralel olarak, malt unu ilave oranının artmasının ekmeklerin toplam fenolik madde içeriklerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, ekmeklerde malt unu kullanım oranının artmasıyla antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin arttığı saptanmıştır.

4.3.3 *In-vitro* Kül Sindirilebilirliği

Sindirilebilir kül miktarının tespiti için yapılan pepsin enzimi ve HCl muamelesi sonrası bulunan kül tayini sonuçları Tablo 4.18'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar her bir ekmek için kendi toplam kül miktarlarına oranlanarak yüzdeleri belirlenmiştir.

Tablo 4.18 Ekmek örneklerine ait toplam kül ve kül sindirilebilirlik sonuçları (%)

Ekmek	Toplam kül (%)	Korelasyon (R^2)	Sindirilebilir kül (%)	Korelasyon (R^2)	KSO (%)
%100 B.E.	0,81±0,02^{de}		0,40±0,02^{ı}		49,38
%0,75 A.E.	0,81±0,01^{de}		0,59±0,03^{efghı}		73,26
%1,25 A.E.	0,90±0,04^{cde}		0,65±0,02^{cdefg}		72,57
%2,5 A.E.	0,95±0,02^{cde}	0,985	0,74±0,02^{bcde}	0,898	77,89
%5 A.E.	1,08±0,01^{abcd}		0,85±0,06^{abc}		78,02
%7,5 A.E.	1,23±0,06^{ab}		0,98±0,07^{a}		79,07
%0,75 S.E.	0,78±0,01^{e}		0,54±0,02^{efghı}		69,23
%1,25 S.E.	0,83±0,01^{de}		0,59±0,02^{efghı}		71,08
%2,5 S.E.	0,85±0,04^{cde}	0,812	0,62±0,05^{defgh}	0,844	73,00
%5 S.E.	0,87±0,03^{cde}		0,64±0,04^{cdefg}		73,56
%7,5 S.E.	1,11±0,09^{abc}		0,82±0,03^{abcd}		74,05
%0,75 T.E.	0,79±0,06^{e}		0,42±0,03^{hı}		53,26
%1,25 T.E.	0,83±0,03^{de}		0,55±0,02^{efghı}		65,95
%2,5 T.E.	0,90±0,02^{cde}	0,924	0,69±0,04^{bcdef}	0,914	76,99
%5 T.E.	0,92±0,06^{cde}		0,75±0,05^{bcde}		81,20
%7,5 T.E.	1,08±0,08^{abcd}		0,89±0,05^{ab}		82,41
%0,75 K.E.	0,79±0,05^{e}		0,40±0,02^{ı}		50,42
%1,25 K.E.	0,89±0,02^{cde}		0,45±0,03^{ghı}		50,75
%2,5 K.E.	0,93±0,03^{cde}	0,898	0,50±0,02^{fghı}	0,921	53,94
%5 K.E.	0,97±0,06^{bcde}		0,52±0,04^{fghı}		53,58
%7,5 K.E.	1,25±0,09^{a}		0,70±0,05^{bcdef}		56,00

*Aynı sütundaki farklı harfler örneklere ait veriler arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğunu göstermektedir. Ortalama ± standart sapma

En yüksek kül değeri %7,5 karabuğdaya (%1,25), en düşük kül değeri ise %0,75 siyeze (%0,78) ait bulunmuştur. Ekmeklere malt unu ikâmesi ile % toplam kül içeriğinin malt

unu ikâme oranı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Düşük oranlarda malt unu ilavesinin kül içeriği üzerinde istatistiksel olarak benzer nitelikte etki ettiği görülmektedir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde Tablo 4.18 de görüldüğü üzere, buğday ununa arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarının ikâme oranının artışıyla toplam kül içerikleri arasında sırasıyla R^2:0,985; 0,812; 0,924 ve 0,898 olarak tespit edilmiştir.

En yüksek sindirilebilir kül içeriğine %7,5 arpa malt unu ikâmeli ekmeğin (0,98), en düşük içeriğe ise %100 buğday ve %0,75 karabuğday malt unu ikâmeli ekmekte (0,40) tespit edilmiştir. Ekmeklere malt unu ikâmesi ile %sindirilebilir kül içeriğinin malt unu ikâme oranı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde ise buğday ununa arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarının ikâme oranının artışıyla %sindirilebilir kül içerikleri arasında sırasıyla R^2:0,898; 0,844; 0,914 ve 0,921 olarak bulunmuştur.

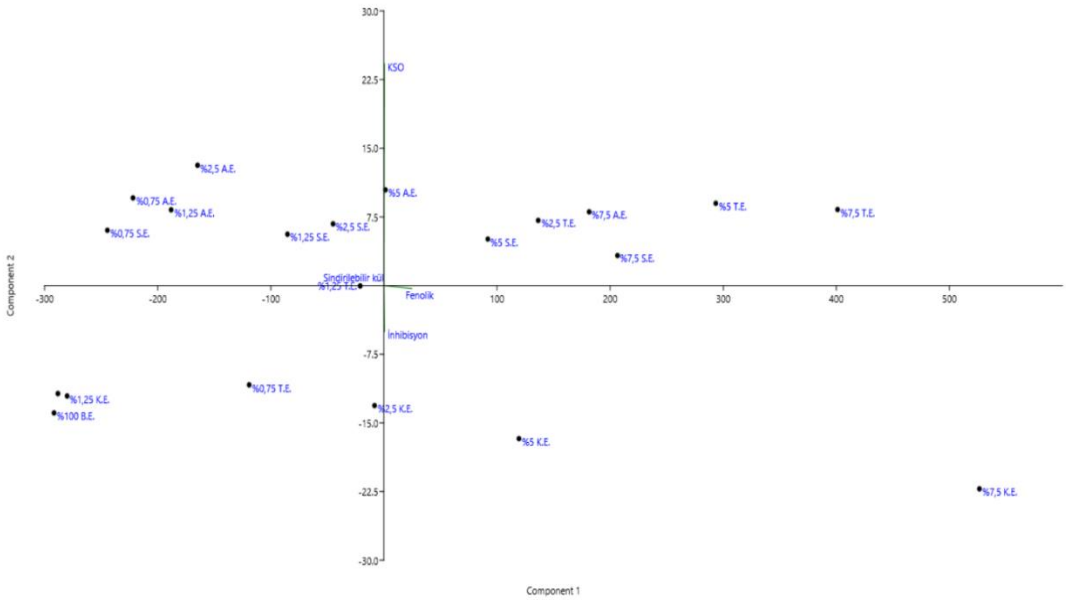
Yapılan bir çalışmada, tarhanada %0, 2 ve 4 oranlarında malt unu katkısının, toplam kül miktarının fermantasyon sonucu oluşan kuru madde kaybı ile orantılı olarak arttığı belirtilmiştir. Sindirilebilir kül miktarı malt katkılı örneklerde yüksek bulunmuştur. Malt unu katkısının fitaz enzimi aktivitesi, fermantasyon kaybını artırıcı ve maya fermantasyonunu hızlandırıcı etkileri ile sindirilebilir kül miktarını yükselttiği belirtilmiştir (Bilgiçli ve Türker, 2004). Diğer bir çalışmada ise, tahıllarda çimlendirme işlemi ile fitik asitin azaldığını, bunun bir sonucu olarak kül sindirilebilirlik oranının önemli düzeyde (p<0,05) artarak mineral biyoyararlanımını artırdığı belirtilmiştir (Bektaş, 2018).

En yüksek KSO'ya %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğinde (%82,41), en düşük KSO'ya ise %100 buğday ekmeğinde (%49,38) belirlenmiştir. Bilgiçli ve Türker (2004), tarhana hamurlarındaki %68,32 olan kül sindirilebilirlik oranının, tarhanada %82,07'e çıktığını, fitaz enzimi ve malt unu katkısının fermentasyonun kül sindirilebilirlik oranı üzerinde etkisini artırdığını belirtmişlerdir.

Ekmeklerde malt unu kullanımı ile tahılların maltlanmasıyla artan fitaz aktivitesi sonucu fitik asitin azalması, böylece minerallerin serbest kalarak mineral biyoyararlanımının artması ile sindirilebilir kül ve kül sindirilebilirlik oranı artmıştır.

Ekmek üretiminde malt unu kullanımının kül sindirilebilirlik oranını artırdığı ve bunun bir sonucu olarak mineral biyoyararlanımı artırdığı sonucuna varılmaktadır.

Çoğu tohum ve tahıl tanesinin ana fosfor depolama bileşiği olan fitik asitin, özellikle kalsiyum, demir ve çinko başta olmak üzere çok değerlikli metal iyonlarını şelatlama konusunda güçlü bir yeteneğe sahip olduğu düşünüldüğünde maltlama işleminin biyoyararlanımı artırdığı bilinmektedir (García-Estepa vd. 1999). KSO artışının tahıl unlarının fitik asit içeriklerinin maltlama ile azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hassani vd. (2016), çimlenmenin beslenme karşıtı IP6'yı daha düşük fonksiyonel formlara indirgeyerek tahılların beslenme kalitesini iyileştirebildiğini bildirmişlerdir. Tahıl unları ve malt unlarında belirlenen fitik asit içeriği sonuçlarına (Tablo 4.5) paralel olarak, fitik asit içeriğinde görülen azalmanın malt unu ikâme oranının artmasıyla sindirilebilir kül ve KSO'da artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tahıllarda maltlama işlemi ile fitaz enzim aktivitesinin bir sonucu olarak fitik asitin parçalanmasıyla mineral biyoyararlanımın arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.15 Tanımlayıcı biyoaktif analiz sonuçları

Ekmeklerin biyoaktif analiz sonuçlarından elde edilen verilerin istatistiksel önemini tespit etmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmıştır (Şekil 4.15). Temel bileşen analizi verileri incelendiğinde; fenolik içerik ile inhibisyon arasında, sindirilebilir kül ile de KSO arasında pozitif korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklerin dört çeyrekte yer alarak birbirinden farklı özellikler gösterdiği, %5 ve 7,5 karabuğday maltı ilaveli ekmeklerin inhibisyon ve fenolik içerik tarafından temsil edildiği belirlenmiştir. %5 ve 7,5 karabuğday malt ekmeklerinin 4. bölgede yer alarak diğer ekmeklerden farklılaştığı görülmektedir. Karabuğdayın yüksek antioksidan ve fenolik içeriği açısından diğer tahıllardan daha zengin olmasının bir sonucu olarak istatistiksel olarak önemli görülmüştür. %0,75; 1,25; 2,5 arpa malt ekmekleri ve %0,75 siyez malt ekmeklerinin birbirine yakın özelliklere sahip olduğu, %100 buğday ekmeğine en yakın özelliklere sahip ekmeğin ise %1,25 karabuğday malt ekmeği olduğu belirlenmiştir.

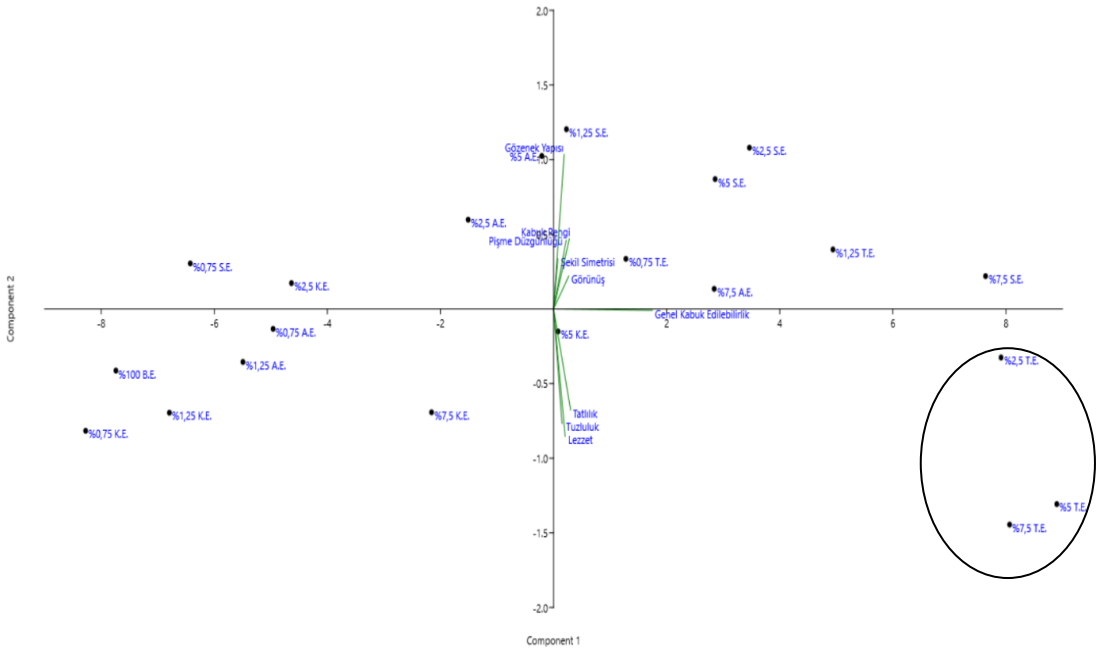
4.3.4 Duyusal Değerlendirme Bulguları

Ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait bulgular Tablo 4.19'da verilmiştir. Duyusal analiz karşılaştırması Kruskal Wallis testi ile yapılmıştır. Duyusal analiz sonuçlarından elde edilen verilerin istatistiksel önemini tespit etmek amacıyla Temel Bileşen Analizi (PCA) yapılmıştır (Şekil 4.16).

Tablo 4.19'da görüldüğü üzere, malt unu kullanım oranının artması genel beğeni puanlarını artırmıştır. Kabuk rengi açısından değerlendirildiğinde, malt unu kullanımının renk puanlarında artış gözlenmiştir. En yüksek değere %5 ve 7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin sahip olduğu belirlenmiştir. Ekmek örneklerinde malt unu kullanım oranının artmasının kabuk rengini istatistiki olarak (p<0,05) önemli derecede koyulaştırdığı saptanmıştır. Bu durumun Tablo 4.4'te malt unu üretimiyle renk değerlerinde gerçekleşen değişim ve Tablo 4.7'de görülen maltlamanın şeker profilini değiştirmesi, ekmeğin yüksek derecede pişmesiyle oluşan Maillard reaksiyonunun kabuk rengi üzerinde belirgin bir renk değeri değişimine neden olduğu gözlenmiş bu durum duyusal analiz sonucu ile desteklenmiştir. Şekil simetrisi ve pişme düzgünlüğü açısından panelistler tarafından en beğenilen ekmeğin %7,5 siyez ekmeği olduğu belirlenmiştir. Malt unu kullanım oranının genel itibari ile bu iki nitelik üzerinde iyileştirici etkisi olduğu gözlenmiştir. Görünüş açısından en iyi ekmeğin %2,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğin, en düşük değere ise %0,75 karabuğday malt unu ilaveli ekmeğin sahip olduğu belirlenmiştir.

İç özellikler değerlendirildiğinde ise gözenek yapısı açısından en beğenilen ekmeğin %1,25 tritikale olduğu tespit edilmiştir. Lezzet açısından ise en beğenilen ekmeğin %5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğe ait olduğu belirlenmiştir. Tatlılık ve tuzluluk açısından ise en beğenilen ekmeklerin %5 ve 7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmekler olduğu panelistler tarafından verilen puanlar sonucu belirlenmiştir. Malt unlarında yapılan indirgen şeker analizi sonuçlarına göre en yüksek değere tritikale malt unun sahip olduğu belirlenmişti. Bu durumun bir sonucu olarak tritikale malt unu ikâmeli ekmekler diğer ekmeklere oranla daha lezzetli bulunmuştur. Genel olarak malt unu ilavesinin ekmeklerde tatlılığı istatistiki olarak (p<0,05) önemli derecede artırdığı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde en düşük puana %0,75 karabuğday, en yüksek değere ise %5 tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin sahip olduğu belirlenmiştir. Genel itibariyle malt unu kullanımıyla ekmeklerin genel kabul edilebilirliklerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun maltlama işleminin ekmek kalite nitelikleri ve lezzet üzerinde iyileştirici etkisinin olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 4.16 Tanımlayıcı duyusal analiz sonuçları

Ekmeklerin duyusal özelliklerine ait temel bileşen analizi verileri incelendiğinde; ekmeklerin dört çeyrekte yer alarak farklı özellikler gösterebildiği görülmektedir. Benzer özelliklerin birbirine yakın gruplandığı ve bazı ekmek örneklerinin özellikle kontrol ekmeği olan %100 buğday ekmeği ile %0,75 ve 1,25 karabuğday maltı ve arpa maltı katkılı ekmeklerin benzer nitelikte değerlendirildiği ve hiçbir parametre tarafından temsil edilmediği görülmektedir. Aynı şekilde, %0,75 siyez maltı, %2,5 karabuğday maltı, %2,5 ve 5 arpa maltı katkılı ekmekler de herhangi bir parametre tarafından karakterize edilmemiştir. Genel kabul edilebilirlik, tatlılık, tuzluluk ve lezzet açısından %2,5; 5 ve 7,5 tritikale maltı katkılı ekmekler benzer nitelikte değerlendirilmiştir ve en yüksek puanı almışlardır. Gözenek yapısı, kabuk rengi, pişme düzgünlüğü, şekil simetrisi, görünüş nitelikleri %1,25; 2,5; 5 ve 7,5 siyez maltı katkılı ekmekler; %0,75 ve 1,25 tritikale maltı katkılı ekmekler ile %7,5 arpa maltı katkılı ekmek tarafından temsil edilmiştir.

Tablo 4.19 Ekmeklerin duyusal özellikleri

		Dış Özellikler				İç Özellikler				
		Kabuk Rengi	**Şekil Simetrisi**	**Pişme Düzgünlüğü**	**Görünüş**	**Gözenek Yapısı**	**Lezzet**	**Tuzluluk**	**Tatlılık**	**Genel Kabul Edilebilirlik**
B.E.	%100	2,40±0,49	3,88±0,93	2,63±0,41	2,56±0,50	2,33±0,47	2,33±0,47	2,40±0,49	1,67±0,75	20,20
	%0,75	2,80±0,40	4,17±0,82	3,40±0,49	2,44±0,50	2,83±0,33	2,56±0,50	2,50±0,50	2,13±0,60	22,83
	%1,25	2,60±0,49	3,79±0,84	3,20±0,75	3,11±0,74	2,50±0,47	2,50±0,47	2,44±0,50	2,14±0,35	22,28
A.E.	%2,5	3,71±0,45	4,17±0,37	4,50±0,46	3,22±0,42	3,17±0,33	2,67±0,47	2,43±0,49	2,17±0,37	26,04
	%5	4,50±0,46	4,75±0,38	4,75±0,43	3,44±0,50	2,94±0,68	2,44±0,68	2,25±0,66	2,20±0,40	27,27
	%7,5	4,19±0,35	4,36±0,44	4,60±0,49	4,00±0,47	3,39±0,46	3,00±0,47	2,25±0,66	4,25±0,83	30,04
	%0,75	3,14±0,64	4,25±0,43	3,38±0,70	2,56±0,50	3,50±0,47	2,33±0,67	2,50±0,50	2,57±0,49	21,08
	%1,25	4,00±0,00	4,64±0,44	3,50±0,47	3,44±0,68	4,56±0,50	2,50±0,47	2,50±0,50	2,57±0,49	27,71
S.E.	%2,5	4,25±0,43	4,31±0,43	4,44±0,50	4,56±0,50	4,44±0,50	2,50±0,47	2,67±0,47	3,50±0,50	30,67
	%5	4,57±0,49	4,25±0,43	3,94±0,60	3,89±0,57	4,50±0,47	2,89±0,57	2,29±0,70	3,75±0,43	30,08
	%7,5	4,67±0,47	4,86±0,35	4,78±0,42	4,67±0,47	4,44±0,44	4,22±0,42	3,40±0,49	3,63±0,65	34,67
	%0,75	3,36±0,44	4,22±0,67	4,33±0,47	3,78±0,79	4,00±0,62	3,11±0,31	2,44±0,50	3,40±0,49	28,64
	%1,25	3,75±0,56	4,50±0,50	4,44±0,50	4,33±0,47	4,78±0,42	3,72±0,53	3,11±0,57	3,50±0,50	32,13
T.E.	%2,5	4,64±0,44	4,06±0,17	4,50±0,47	4,72±0,42	4,56±0,44	3,94±0,60	3,75±0,56	4,67±0,24	34,84
	%5	4,75±0,43	4,64±0,44	4,72±0,42	4,56±0,50	3,50±0,47	4,61±0,46	4,20±0,40	4,83±0,24	35,81
	%7,5	4,75±0,43	4,25±0,38	4,61±0,46	4,50±0,47	3,33±0,47	4,44±0,50	4,10±0,49	5,00±0,00	34,98
	%0,75	1,50±0,46	3,88±0,78	2,44±0,50	2,33±0,47	2,56±0,50	2,50±0,47	2,33±0,47	2,17±0,67	19,71
	%1,25	2,33±0,47	3,50±0,67	2,72±0,42	2,44±0,50	2,67±0,94	2,44±0,50	2,67±0,47	2,29±0,45	21,06
K.E.	%2,5	3,00±0,00	3,79±0,65	3,33±0,47	3,00±0,67	3,28±0,53	2,67±0,47	2,43±0,49	2,00±0,50	23,05
	%5	4,29±0,45	4,43±0,49	3,61±0,66	4,22±0,63	2,50±0,47	3,17±0,58	2,25±0,43	3,00±0,00	27,47
	%7,5	3,89±0,87	4,00±0,00	3,33±0,47	2,44±0,50	2,56±0,50	3,33±0,47	2,29±0,45	3,10±0,20	25,44
p değeri		0,038	0,961	0,093	0,090	0,066	0,196	0,376	0,028	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuç

Bu tez çalışmasında arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday tahılları maltlanmış ve malt unları elde edilmiştir. Tahıl unları ve malt unları aralarında karşılaştırılmıştır. Ardından elde edilen malt unları ile %0,75; 1,25; 2,5; 5 ve 7,5 malt unu ikâmeli ekmekler üretilmiştir. Kontrol ekmeği olarak ise %100 buğday unu ekmeği üretilmiştir.

Yapılan çalışmada, tahıllardan malt unu eldesinin pH değerini azalttığı, TA değerlerinin ise arttırdığı tespit edilmiştir. Maltlamanın asitliği artırıcı etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Maltlama prosesinin düşme sayısı değerleri üzerinde düşürücü etkisi olduğu tespit edilmiştir. Buğday ununa ilave edilen malt unu oranının artmasıyla düşme sayısı değerleri üzerinde R^2:0,80 üzeri korelasyon bulunmuştur.

Malt prosesinin tahıl unlarının renk değerleri üzerinde etkisi incelendiğinde; L^* değerlerini önemli düzeyde ($p<0,05$) azalttığı, genel olarak a^* ve b^* değerlerini ise önemli düzeyde ($p<0,05$) artırdığı belirlenmiştir. Maltlama prosesinin tahıl unlarının fitik asit içerikleri üzerinde önemli derecede ($p<0,05$) azaltıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Maltlama işleminin fitaz enziminin aktivasyonun bir sonucu olarak fitik asit degradasyonunda etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Maltlama prosesinin tüm tahıllarda iz elementlerden Mn, Zn ve Fe içeriğini azalttığı, makro elementlerden ise K içeriğini azalttığı; Na ve Ca içeriklerinde artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda arpa, siyez ve tritikalenin maltlanma sonrası elde edilen malt unlarında Na, Ca ve Mg değerinde artış gözlenirken, karabuğdayda Na ve Ca mineralinde artış gözlenmiştir. Ayrıca tüm tahılların malt unlarında Al, Mn, Zn, Fe ve K minerallerinde azalma gözlenmiştir.

Maltlama prosesinin tüm tahılların fruktoz, glikoz ve sakkaroz içeriğini önemli düzeyde ($p<0,05$) artırdığı saptanmıştır. Maltlama işlemi sonrası arpa ve karabuğdayda en fazla sakkaroz, siyez ve tritikalede ise glikoz içeriği belirlenmiştir. Ayrıca maltlama

prosesinin karabuğday hariç tahıllarda maltoz içeriğini önemli olarak ($p<0,05$) artırdığı saptanmıştır. Maltlama prosesi sonrası karabuğdayda maltoz içeriği bulunmadığı belirlenmiştir.

Maltlama ile tahıl unlarında en yüksek %inhibisyon değerine arpa ve karabuğday unları ve malt unlarının sahip olduğu, maltlama işleminin % inhibisyon değerini artırdığı tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde içeriğinde ise istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) derecede artış tespit edilmiştir. Maltlama ile arpa, siyez buğdayı, tritikale ve karabuğday unlarına ait toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla %77,8; 186,07; 260,40 ve 6,58 oranında artmıştır. Karabuğdayın arpa, siyez ve tritikaleye oranla daha yüksek fenolik içeriğe sahip olması, yüksek antioksidan aktivitesinden, rutin, kateşinler ve diğer polifenoller açısından zengin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Malt unu ikâmeli ekmeklerde genel olarak hacim ve pişme kaybını artırdığı belirlenmiştir. Malt unu kullanım oranının artmasıyla ekmeklerin rutubet içerikleri üzerindeki etkisinin istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$) olduğu, kabuk kalınlığı üzerinde ise artırıcı etkisi olduğu tespit edilmiştir. Ekmeklerde malt unu kullanım oranının artışına bağlı olarak L^* değerlerinde azalma, a^* ve b^* değerlerinde ise artış olduğu gözlenmiştir.

Ekmeklerde 6 günlük süreçte rutubet değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. RK_1 değerleri karşılaştırıldığında 6. günün sonunda %100 buğday ekmeğinde (%28,94), en yüksek rutubet kaybının ise 7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğinde (%44,78) tespit edilmiştir. Tritikale malt unu ilaveli ekmeklerin malt unu kullanım oranının artmasıyla RK_1 değerlerinin arttığı görülmektedir. RK_2 değerleri incelendiğinde ise ekmeklerin en yüksek rutubet kayıplarının 2. ve 6. günde olduğu belirlenmiştir. 3. ve 5. günlerde ise bir önceki günlere göre daha düşük rutubet kaybettikleri, en fazla rutubet kaybının %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmekte olduğu saptanmıştır.

Buğday ununa ilave edilen malt unu oranının artışına paralel olarak, ekmeklerde asitlik artışı gözlenmiş buna bağlı olarak pH değerlerinde de azalma olduğu belirlenmiştir. Malt unu kullanımının sertlik değerini azalttığı, arpa malt unu ilaveli ekmekler hariç

yüzey yapışkanlığı değerlerinde azalma görülmüş, arpa malt unu ikâmesinin ise yüzey yapışkanlığını artırdığı tespit edilmiştir. Malt unu kullanım oranlarının düşük düzeyde oluşunun esneklik değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Malt unu kullanım oranının artmasıyla ekmeklerde iç yapışkanlık gözlenmiş, elastikiyet ve çiğneme değerini ise azalttığı belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada ekmeklerde malt unu kullanım oranının artmasıyla antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik içeriğine %7,5 karabuğday malt ikameli emeğin sahip olduğu belirlenmiştir.

Ekmeklerde % toplam kül içeriğinin malt unu ikâme oranı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde, buğday ununa arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarının ikâme oranının artışıyla toplam kül içerikleri arasında sırasıyla R^2:0,985; 0,812; 0,924 ve 0,898 olarak tespit edilmiştir. Ekmeklerde % sindirilebilir kül içeriğinin malt unu ikâme oranı arttıkça arttığı belirlenmiştir. Bu artış korelatif olarak değerlendirildiğinde ise buğday ununa arpa, siyez, tritikale ve karabuğday malt unlarının ikâme oranının artışıyla %sindirilebilir kül içerikleri arasında sırasıyla R^2:0,898; 0,844; 0,914 ve 0,921 olarak bulunmuştur. En yüksek KSO'ya %7,5 tritikale malt unu ilaveli ekmeğinde (%82,41), en düşük KSO'ya ise %100 buğday ekmeğinde (%49,38) belirlenmiştir. Ekmeklerde malt unu kullanımı ile tahılların maltlanmasıyla artan fitaz aktivitesi sonucu fitik asitin azalması, böylece minerallerin serbest kalarak mineral biyoyararlanımının artması ile sindirilebilir kül ve kül sindirilebilirlik oranı artmıştır.

Ekmeklerin duyusal değerlendirilmesi sonucunda, malt unu kullanımının kabuk rengi beğenisini artırdığı, şekil simetrisi ve pişme düzgünlüğü üzerinde iyileştirici etkisi olduğu belirlenmiştir. İç özellikler değerlendirildiğinde ise gözenek açısından en beğenilen ekmeğin %1,25 tritikale malt unu ilaveli ekmeğin olduğu, lezzet açısından %5 tritikale, tatlılık ve tuzluluk açısından ise %5 ve 7,5 tritikale olduğu belirlenmiştir. Genel olarak malt unu ilavesinin ekmeklerde tatlılığı artırıcı etkisi olduğu saptanmıştır. Sonuçlar genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde, malt unu kullanımının genel kabul edilebilirliği artırdığı tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Araştırmanın sonunda, üretilen malt unlarında maltlama sonrası aktive olan fitaz aktivitesinin bir sonucu olarak fitik asit içeriğini azaltması, böylece mineral biyoyararlanımın artması, antioksidan aktivite ve fenolik içeriği gibi biyoaktif özellikleri geliştirmesi; malt unlarından üretilen ekmeklerin ise renk değeri, antioksidan aktivitesi ve fenolik içeriğini zenginleştirmesi, maltlama ile artan α-amilaz enzim aktivitesi ile fermantasyon için şekerlerin sağlanması, hacim, renk değeri ve lezzet açısından ekmekte kaliteyi ve besleyici değerini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; tahıllardan malt unu eldesinin gıda sektöründe doğal ve ucuz bir katkı maddesi olarak son ürünün besleyici değeri, kalitesi ve kabul edilirliğine katkı sağladığı; bu sebeple kullanımının yaygınlaşması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ekmek kalitesi ve damak tadı yönünden beğenilen arpa, tritikale ve siyez malt unları ucuz ve kolay ulaşılabilir olması, ekmeğin fonksiyonelliğinin artırılması sebepleriyle ekmek üretiminde kullanılabilecek doğal katkı maddesi olarak görülmektedir. Arpa, siyez ve tritikale malt unlarının ekmek üretiminde kullanım oranının araştırılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Karabuğday malt ekmeklerinde ise malt unu kullanım oranının artmasıyla lezzetin iyileşmemesi, karabuğday kavuzunun ekmek iç ve kabuk rengini koyulaştırması, genel kabul edilebilir ekmek kalite özelliklerini karşılamamasından dolayı karabuğday malt ununun ekmek üretiminde kullanımının uygun olmadığı ve kraker, çörek vb. yapımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Maltlamanın biyoaktif nitelikleri (antioksidan aktivite, fenolik madde içeriği) artırdığı, fitik asit içeriğini azaltarak mineral biyoyararlanımını artırdığı, organoleptik özellikleri (lezzet, tat ve renk) iyileştirdiği göz önüne alındığında günümüzde malt ve ürünlerinin daha fazla kullanılması, gıda formülasyonlarına daha çok dahil edilmesi önerilmektedir. Karabuğdayın rutin bakımından zengin olması, bunun bir sonucu olarak fenolik içeriğinin ve antioksidan kapasitesinin yüksek olması, glüten içermemesi, bu sebeple glütene karşı alerjisi bulunan kişilerin ve çölyak hastalarının tüketimine uygun olması nedeniyle kullanımının ve tanınırlığının artırılması, gıda formülasyonlarında hem karabuğday unu hem de malt ununun daha fazla yer alması

ile gıdaların besleyici değerinin artırılması gerekmektedir. Arpa ve tritikale malt unun şeker içeriğinin yüksek olması sebebiyle lezzet ve aroma açısından unlu mamullerde iyi ve doğal bir katkı maddesi olabileceği düşünülmektedir.

Tüm dünyada diğer gıdalara oranla daha uygun fiyatlı, kolay ulaşılabilir bir gıda olması sebebiyle ekmek formülasyonlarının zenginleştirilmesi, besleyiciliğinin ve biyoyararlanımının artması toplum sağlığını korumada önemli bir faktördür. Malt unun α-amilaz enzimi, antioksidan aktivitesi, fenolik içeriğinin maltlanmamış tahıl unlarına oranla daha iyi olduğu göz önünde bulundurulduğunda iyi bir ekmek katkı maddesi olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

AACC International, (2000). Approved Methods of Analysis, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, USA. Method 74-09.

AACC, (2000). American Association of Cereal Chemists Approved Methods of the AACC. 11th Edition The Association, St. Paul. MN. USA.

Abadi, F. A., & Naser, J. M. (2019). Effect Of Wet Gluten Addition On Stalin Charaterisics Of Barley Bread. *The Iraqi Journal of Agricultural Science*, *50*(1), 390-397.

Abdel-Aal, E. S. M., Akhtar, H., Zaheer, K., & Ali, R. (2013). Dietary Sources Of Lutein And Zeaxanthin Carotenoids And Their Role In Eye Health. Nutrients. 5(4): 1169-1185.

Acar, S. (2022). Peynir Altı Atık Suyu Kullanımı İle Üretilen Ekşi Mayaların Ekmeğin Kalite Ve Raf Ömrü Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kastamonu.

Afify, A.E.-M.M., El-Beltagi, H.S., El-Salam, S.M.A., & Omran, A.A. (2012). Biochemical Changes In Phenols, Flavonoids, Tannins, Vitamin E, B–Carotene And Antioxidant Activity During Soaking Of Three White SorghumVarieties. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2, 203–209.

Agu, R.C., Chiba, Y., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Brosnan, J.M., Bringhurst, T. A., Jack, F.R., & Bryce, J.H. (2012). Effect Of Germination Temperatures On Proteolysis Of The Gluten-Free Grains Rice And Buckwheat During Malting And Mashing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(40), 10147-10154.

Aguilar, J., Miano, A. C., Obregon, J., Soriano-Colchado, J., & Barraza-Jauregui, G. (2019). Malting Process As An Alternative To Obtain High Nutritional Quality Quinoa Flour. *Journal of Cereal Science*, *90*, 102858.

Albarracín, M., González, R. J., & Drago, S. R. (2013). Effect Of Soaking Process On Nutrient Bio-Accessibility And Phytic Acid Content Of Brown Rice Cultivar. *LWT-Food Science and Technology*, *53*(1), 76-80.

Alfeo, V., De Francesco, G., Sileoni, V., Blangiforti, S., Palmeri, R., Aerts, G., Perretti, G., & Todaro, A. (2021). Physicochemical Properties, Sugar Profile, And Non-Starch Polysaccharides Characterization Of Old Wheat Malt Landraces. *Journal of Food Composition and Analysis*, *102*, 103997.

Almendros, P., Obrador, A., Alvarez, J. M., & Gonzalez, D. (2019). Zn-DTPA-HEDTA-EDTA Application: A Strategy To Improve The Yield And Plant Quality Of A Barley Crop While Reducing The N Application Rate. *Journal of*

Soil Science and Plant Nutrition, *19*(4), 920-934.doi:10.1007/s42729-019-00090-3.

Altuğ, T., & Elmacı, Y., (2005). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım, 130 s., Bornova, İzmir.

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K., & Gallagher, E. (2010). Polyphenol Composition And In Vitro Antioxidant Activity Of Amaranth, Quinoa Buckwheat And Wheat As Affected By Sprouting And Baking. *Food Chemistry*, *119*(2), 770-778.

Ambriz-Vidal, T. N., Mariezcurrena-Berasain, M. D., Heredia-Olea, E., Pinzon Martinez, D. L., & Gutierrez-Ibañez, A. T. (2019). Potential Of Triticale (X Triticosecale Wittmack) Malts For Beer Wort Production. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *77*(4), 282-286

AOAC, (1990). Method 960.52, Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, 15th edn., Arlington, VA.

Arif, M., Bangash, J. A., Khan, F., & Abid, H. (2011). Effect Of Soaking And Malting On The Selected Nutrient Profile Of Barley. *Pak. J. Biochem. Mol. Biol*, *44*(1), 18-21.

Artan, M.Y., Karim, R., Chern, B.H., Ariffin, A.A., Man, Y.C., & Chin, N.L., (2010). The Influence Of Different Formulation Of Palm Oil/Palm Stearin–Based Shortenings On The Quality Of White Bread. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 5:469-476.

Atasoy, R., & Hendek Ertop, M. (2021). Assessment Of Nutritional And Bioactive Properties For Gluten-Free Tarhana Containing Various Legumes And Cereals. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45 (7), e15606.

Au, F., Mc Keown, L. E., McAllister, T. A., & Chaves, A. V. (2010). Fermentation Characteristics Of Corn-, Triticale-, And Wheat-Based Dried Distillers' Grains With Solubles In Barley-Based Diets Determined Using Continuous And Batch Culture Systems. *J. Sci. Food Agric*. 90:2074-2082.

Badau, M. H., Nkama, I., & Jideani, I. A. (2005). Phytic Acid Content And Hydrochloric Acid Extractability Of Minerals In Pearl Millet As Affected By Germination Time And Cultivar. *Food Chemistry*, *92*(3), 425-435.

Bader Ul Ain, H., Saeed, F., Arshad, M. U., Ahmad, N., Nasir, M. A., Amir, R. M., Kausar, R., & Niaz, B. (2018). Modification Of Barley Dietary Fiber Through Chemical Treatments In Combination With Thermal Treatment To Improve Its Bioactive Properties. *International Journal of Food Properties*, *21*(1), 2491-2499. doi: 10.1080/10942912.2018.1528454.

Bahar, B. (2009). Gıda Katkı Maddeleri, Un İşleme Ajanları. Sidas Yayıncılık, 3. Baskı.

Baranwal, D. (2017). Malting: An Indigenous Technology Used For Improving The Nutritional Quality Of Grains: A Review. *Asian J Dairy Food Res*, *36*, 179-183.doi: 10.18805/ajdfr.v36i03.8960.

Basıncı, F. (2010). Malt Üretiminde Akrilamid Oluşumunun Sınırlandırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Ankara.

Baykut, E. D. (2021). Bazı Tahıl Benzeri Ürünlerin Besin İçeriği ve Gıda Endüstrisinde Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 89-98.

Bektaş, M. (2018). Farklı Proses Koşullarının Bazı Tahıl Ve Baklagillerdeki Fitik Asit Düzeyi Ve Biyoyararlanım Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gümüşhane.

Bellaio, S., Kappeler, S., Rosenfeld, E. Z., & Jacobs, M. (2013). Partially Germinated Ingredients For Naturally Healthy And Tasty Products. *Cereal Foods World*, *58*(2), 55-59.

Bhinder, S., Kumari, S., Singh, B., Kaur, A., & Singh, N. (2021). Impact Of Germination On Phenolic Composition, Antioxidant Properties, Antinutritional Factors, Mineral Content And Maillard Reaction Products Of Malted Quinoa Flour. *Food Chemistry*, *346*, 128915.

Bhol, S., & Bosco, S. J. D. (2014). Influence Of Malted Finger Millet And Red Kidney Bean Flour On Quality Characteristics Of Developed Bread. *LWT-Food Science and Technology*, *55*(1), 294-300.

Bilgicli, N., Elgun, A., & Turker, S., (2006). Effects Of Various Phytase Sources On Phytic Acid Content, Mineral Extractability And Protein Digestibility Of Tarhana, Food Chemistry, 98:329–337.

Bilgiçli, N., & Türker, S. (2004). Tarhanada Sindirilebilir Protein Ve Kül Miktarı Üzerine Maya, Malt Unu Ve Fitaz Katkılarının Etkileri. *Selcuk Journal Of Agriculture And Food Sciences*, *18*(33), 90-97.

Bobkov, S. (2016). Biochemical And Technological Properties Of Buckwheat Grains. (Zhou M.). Molecular Breeding And Nutritional Aspects of Buckwheat. Oxford: Academic Pres. ss: 423-440. doi: 10.1016/B978-0-12-803692-1.00034-1. ISBN:978-0-12-803692-1.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Gabriele, S., & Heun, M. (2015). Chemical Composition Of Wild And Feral Diploid Wheats And Their Bearing On Domesticated Wheats. *Journal of Cereal Science*, *63*, 122-127

Cai, Y. Z., Corke, H., & Li, W.D. (2004). Buckwheat. Encyclopedia of Grain Science, Wrigley, C., (chief ed.) Oxford: Elsevier Academic Press, pp. 120-128. doi: 10.1016/B0-12-765490-9/00022-7; ISBN: 978-0-12-765490-4.

Carr, L. G., & Tadini, C. C. (2003). Influence Of Yeast And Vegetable Shortening On Physical And Textural Parameters Of Frozen Part Baked French Bread. *LWT-Food Science and Technology*, *36*(6), 609-614.

Chen, X., Shao, S., Chen, M., Hou, C., Yu, X., & Xiong, F. (2020). Morphology And Physicochemical Properties Of Starch From Waxy And Non-Waxy Barley. *Starch-Stärke*, *72*(5-6), 1900206. doi: 10.1002/star.201900206.

Chiba, Y., Bryce, J. H., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Agu, R. C., Brosnan, J. M., Bringhurst, T.A., & Harrison, B. (2012). Effect Of Germination Temperatures On Proteolysis Of The Gluten-Free Grains Sorghum And Millet During Malting And Mashing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(14), 3745-3753.

Chung, H.-J., Jang, S.-H., Cho, H.Y. & Lim, S.-T. (2009). Effects Of Steeping And Anaerobic Treatment On GABA (c-amino butyric acid) Content In Germinated Waxy Hull-Less Barley. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 1712–1716.

Coşkuner, Y., & Karababa, E. (2005). Studies On The Quality Of Turkish Flat Breads Based On Blends Of Triticale And Wheat Flour. International Journal of Food Science & Technology, 40(5), 469-479. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.00925.x.

Cu, S. T., March, T. J., Stewart, S., Degner, S., Coventry, S., Box, A., Stewart, D., Skadhauge, B., Burton, R. A., Fincher, G. B., & Eglinton, J. (2016). Genetic Analysis Of Grain And Malt Quality In An Elite Barley Population. *Molecular Breeding*, *36*(9), 129. doi: 10.1007/s11032-016-0554-z.

Dave, S., Yadav, B. K., & Tarafdar, J. C. (2008). Phytate Phosphorus And Mineral Changes During Soaking, Boiling And Germination Of Legumes And Pearl Millet. *Journal of Food Science and Technology*, *45*(4), 344.

Demir, B., & Bilgiçli, N. (2020). Changes In Chemical And Anti-Nutritional Properties Of Pasta Enriched With Raw And Germinated Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Flours. *Journal of Food Science and Technology*, *57*(10), 3884-3892.

Dhital, S., Warren, F. J., Butterworth, P. J., Ellis, P. R., & Gidley, M. J. (2017). Mechanisms Of Starch DigestionBy A-Amylase-Structural Basis For Kinetic Properties. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, *57*(5), 875-892.

Dizlek, H., Özer, M. S., İnanç, E., & Gül, H. (2009). Karabuğdayın (Fagopyrum Esculentum Moench) Bileşimi Ve Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları. *Gıda*, *34*(5), 317-324.

Do, T. D. T., Cozzolino, D., Muhlhausler, B., Box, A., & Able, A. J. (2015). Antioxidant Capacity And Vitamin E In Barley: Effect Of Genotype And Storage. *Food Chemistry*, *187*, 65-74. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.04.028.

Doğan, A., & Uyak, C. (2020). A Different Approach for Grape Leaf Color. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *37*(1), 44-52.

Dziadek, K., Kopec, A., Pastucha, E., Piatkowska, E., Leszczynska, T., Pisulewska, E., Witkowicz, R., & Franick, R. (2016). Basic Chemical Composition And Bioactive Compounds Content In Selected Cultivars Of Buckwheat Whole

Seeds, Dehulled Seeds And Hulls. J Cereal Sci., 69: 1-8. doi: 10.1016/j.jcs.2016.02.004.

Elgün, A., & Ertugay, Z., (2011). Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:718, Erzurum.

Elgün, A., & Türker, S., (1998). Buğday ve Unda Analitik Kalite Kontrolü, *Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği*, Konya.

Elgün, A., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2001). Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, Konya Ticaret Borsası Yayınları, No:2, Konya.

Ertugay, Z. (2010). Buğdayda Amilolitik Aktivite Ve Unların Alfa Amilaz Enzimi İle Katkılanması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *14*(3-4), 173-180.

Farag, M. A., Xiao, J., & Abdallah, H. M. (2020). Nutritional Value Of Barley Cereal And Better Opportunities For Its Processing As A Value-Added Food: A Comprehensive Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(4), 1092-1104.

Farzaneh, V., Ghodsvali, A., Bakhshabadi, H., Zare, Z., & Carvalho, I. S. (2017). The Impact Of Germination Time On The Some Selected Parameters Through Malting Process. *International Journal Of Biological Macromolecules*, *94*, 663-668.

Finnie, S., Brovelli, V., & Nelson, D. (2019). Sprouted Grains As A Food Ingredient. In *Sprouted Grains* (pp. 113-142). AACC International Press.

Fogarasi, A. L., Kun, S., Tankó, G., Stefanovits-Bányai, É., & Hegyesné-Vecseri, B. (2015). A Comparative Assessment Of Antioxidant Properties, Total Phenolic Content Of Einkorn, Wheat, Barley And Their Malts. *Food Chemistry*, *167*, 1-6.

Frost, G., Leeds, A. A., Dore, C. J., Madeiros, S., Brading, S., & Dornhorst, A. (1999). Glycaemic Index As A Determinant Of Serum HDL-Cholesterol Concentration. *The Lancet*, *353*(9158), 1045-1048.

Frutos, M. J., Rincón-Frutos, L., & Valero-Cases, E. (2019). Rutin. In *Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 111-117). Academic Press.

Gallaher, D. D., Hassel, C. A., Lee, K. J., & Gallaher, C. M. (1993). Viscosity And Fermentability As Attributes Of Dietary Fiber Responsible For The Hypocholesterolemic Effect In Hamsters. *The Journal of nutrition*, *123*(2), 244-252.

Gan, R. Y., Lui, W. Y., Wu, K., Chan, C. L., Dai, S. H., Sui, Z. Q., & Corke, H. (2017). Bioactive Compounds And Bioactivities Of Germinated Edible Seeds And Sprouts: An Updated Review. *Trends in Food Science & Technology*, *59*, 1-14.

Gao, J. F., Chao, G. M., Yang, Q.G., Liu, X. J., & Wang, P. K. (2013). Physicochemical Properties Of Common Buckwheat Starch. CASE., 29: 284-292.

García-Estepa, R. M., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (1999). Phytic Acid Content In Milled Cereal Products And Breads. *Food Research International*, *32*(3), 217-221.

Gerçekaslan, K.E. (2006). Trabzon Vakfıkebir Ekmeğinin Bayatlamasının Çeşitli Yöntemlerle Takibi ve Francala Ekmeği İle Mukayesesi, *Atatürk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi*, Erzurum, 22-23.

Giménez-Bastida, J.A., Piskuła, M., & Zieliński, H. (2015). Recent Advances In Development Of Gluten-Free Buckwheat Products. Trends Food Sci Technol., 44: 58-65. doi: 10.1016/j.tifs.2015.02.013.

Gruji´c, O. S., Pejin, J. D. & Denˇci´c, S. S. (2010). The Application Of Triticale Variety Odyssey As The Substitute For Malt In Wort Production. Acta Period. Technol. 41:7-17.

Gupta, N., Singh, T., & Bains, G. (1985). Malting Of Triticale: Effect Of Variety, Steeping Moisture, Germintation And Gibberellic Acid. Brew. Dig. 60:24-27.

Han, Ş., & Hendek Ertop, M. (2022). Kastamonu'da Üretilen Siyez Buğdayının (*Triticum monococcum*) Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, *20*(1).

Hassani, A., Procopio, S., & Becker, T. (2016). Influence Of Malting And Lactic Acid Fermentation On Functional Bioactive Components In Cereal-Based Raw Materials: A Review Paper. *International Journal of Food Science & Technology*, *51*(1), 14-22. doi: 10.1111/ijfs.12965.

Hassani, A., Zarnkow, M. & Becker, T. (2013). Influence Of Malting Conditions On Sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) As A Raw Material For Fermented Beverages. Food Science and Technology International, 20, 453–463.

Haug, W. & Lantzsch, H. J., (1983). Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytic Acid in Cereals and Cereal Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426. doi:10.1002/jsfa.2740341217.

Hayıt, F. (2014). Karabuğday, Transglutaminaz ve Ekşi Mayanın Dondurulmuş Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Isparta.

Hayıt, F., & Gül, H. (2017). Tam Karabuğday Unu ve Transglutaminaz İlavesinin Kısmi Pişirilerek Dondurulmuş Ekşi Mayalı Ekmeklerin Fiziksel ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi. Mediterranean Agricultural Sciences, 30 (2), 113-119.

Hayıt, F., & Gül, H. (2021). The Effects of Germinated Grain and Legume Products on The Use and Quality of The Bakery Products. *Electronic Letters on Science and Engineering*, *17*(2), 63-75.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2017). Optimisation Of Sourdough Bread Incorporation Into Wheat Bread By Response Surface Methodology: Bioactive And Nutritional Properties. International Journal of Food Science & Technology, 52(8), 1828–1835. doi:10.1111/ijfs.13457.

Hayta, M., & Hendek Ertop, M. (2019). Physicochemical, Textural And Microbiological Properties Of Optimised Wheat Bread Formulations As Affected By Differently Fermented Sourdough. *Quality Assurance And Safety Of Crops & Foods*, 11(3), 283–293. doi: 10.3920/qas2018.1387.

Hefni, M. & Witthöft, C.M. (2012). Effect Of GerminationAndSubsequentOven-Drying On Folate Content In Different Wheat And Rye Cultivars. Journal of Cereal Science, 56, 374–378.

Hendek Ertop, M. (2014). Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri Ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kayseri.

Hendek Ertop, M. (2019). Comparison Of Industrial And Homemade Bulgur Produced From Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) And Durum Wheat (*Triticum durum*): Physicochemical, Nutritional And Microtextural Properties. *Journal Of Food Processing And Preservation*, *43*(2), e13863.

Hendek Ertop, M., & Atasoy, R. (2019). Comparison Of Physicochemical Attributes Of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) And Durum Wheat *(Triticum durum*) And Evaluation Of Morphological Properties Using Scanning Electron Microscopy And Image Analysis. *J Agric Sci*, 25 (2): 93-99. doi: 10.15832/ankutbd.539009.

Hidalgo, A., & Brandolini, A. (2014). Nutritional Properties Of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *94*(4), 601-612. doi: 10.1002/jsfa.6382.

Hidalgo, A., Ferraretto, A., Noni, D. I., Botanni, M., Cattaneo, S., Simone, G., & Brandolini, A. (2018). Bioactive Compounds And Antioxidant Properties Of Pseudocereals-Enriched Water Biscuits And Their in Vitro Digestates. Food Chem., 240: 799-807. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.08.014.

Huang, H., Gao, X., Li, Y., Tian, P., Nima, Y., Laba, Z., Ci, Z., Wei, X., Qu, J., Guan, W., & Liao, W. (2020). Content Analysis Of Vitamins, Dietary Fibers And Amino Acids In A Wide Collection Of Barley (Hordeum Vulgare L.) From Tibet, China. *Bioinformation*, *16*(4), 314.

Hucker, B., Wakeling, L., & Vriesekoop, F. (2012). Investigations Into The Thiamine And Riboflavin Content Of Malt And The Effects Of Malting And Roasting On Their Final Content. *Journal of Cereal Science*, *56*(2), 300-306. doi: 10.1016/j.jcs.2012.03.008.

Hübner, F., & Arendt, E. K. (2013). Germination Of Cereal Grains As A Way To Improve The Nutritional Value: A Review. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, *53*(8), 853-861. doi: 10.1080/10408398.2011.562060.

ICC Standard Nr. 110/1. Determination Of The Moisture Content Of Cereals And Cereal Products (practical method). ICC International Association for Cereal Science and Technology, Vienna, Austria. Year of approval: 1960; Year of lastrevision: 1976.

ICC-Standard Nr. 104/1. Determination of Ash In Cereals and Cereal Products. ICC-International Association for Cereal Science and Technology, Vienna, Austria. Year of approval: 1960; Year of last revision: 1990.

ICC-Standard Nr. 107/1. Determination of the "Falling Number" According to Hagberg-Perten as a Measure of the Degree of Alpha-Amylase Activity in Grain and Flour. : ICC-International Association for Cereal Science and Technology, Vienna, Austria. Year of approval: 1968; Year of last revision: 1995.

Ispiryan, L., Kuktaite, R., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2021). Fundamental Study On Changes In The FODMAP Profile Of Cereals, Pseudo-Cereals, And Pulses During The Malting Process. *Food Chemistry*, *343*, 128549.

Işık, F., & Keser, A. (2020). Siyez Buğdayının Sağlık Üzerine Etkileri. *STED/Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 29*(4), 299-304. doi: 10.17942/sted.744105.

İnanır, C., Albayrak, S., & Ekici, L. (2019). Karabuğdayın Fitokimyası, Farmakolojisi Ve Biyofonksiyonel Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *16*, 713-722.

Jamar, C., du Jardin, P., & Fauconnier, M. L. (2011). Cell Wall Polysaccharides Hydrolysis Of Malting Barley (Hordeum Vulgare L.): A Review. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, *15*(2), 301-313.

Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (2017). Physico-Chemical, Textural, Sensory And Antioxidant Characteristics Of Gluten E Free Cookies Made From Raw And Germinated Chenopodium (*Chenopodium album*) Flour. *LWT – Food Science and Technology*, *71*, 281–287.

Kalita, D., Sarma, B., & Srivastava, B. (2017). Influence Of Germination Conditions On Malting Potential Of Low And Normal Amylose Paddy And Changes In Enzymatic Activity And Physico Chemical Properties. *Food Chemistry*, *220*, 67-75.

Kaushik, G., Satya, S., & Naik, S. N. (2010). Effect Of Domestic Processing Techniques On The Nutritional Quality Of The Soybean. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, *3*(1), 39-46.

Keçeli, A. (2019). Siyez (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) Popülasyonlarının Biyoaktif, Antioksidan Özellikleri ve Organik Tarımda Kullanımı Üzerine Bir Derleme. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi*, *7*(12), 2111-2120.

Khatkar, B. S. (2013). A Manual On Quality Testing Of Wheat Flour And Bakery Ingredients. *Post Graduate Diploma In Bakery Science And Technology (PGDBST–03). Guru Jambheshwar University Of Science And Technology, Hisar–125, 1*.

Kılıç, S., & Elmacı, Y. (2018). Karabuğday: Bileşimi ve Gıdalarda Kullanılması. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6*(10), 1388-1401. doi: 10.24925/turjaf.v6i10.1388-1401.2038.

Kim, H. Y., Hwang, I. G., Kim, T. M., Woo, K. S., Park, D. S., Kim, J. H., Kim, D. J., Lee, J., Lee, Y. R., & Jeong, H. S. (2012). Chemical And Functional Components In Different Parts Of Rough Rice (*Oryzasativa* L.) Before And After Germination. *Food Chemistry*, *134*(1), 288-293. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.02.138.

Koehler, P., Hartmann, G., Wieser, H. & Rychlik, M. (2007). Changes Of Folates, Dietary Fiber, And Proteins In Wheat As Affected By Germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55,4678–4683.

Küçük, Z. (2009). Farklı Tahıllardan Üretilen Malt Unlarının Akrilamid Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Çanakkale.

Latha, G. M., & Muralikrishna, G. (2009). Effect Of Finger Millet (Eleusine Coracana, Indaf-15) Malt Esterases On The Functional Characteristics Of Non-Starch Polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, *23*(3), 1007-1014.

Laxmi, G., Chaturvedi, N., & Richa, S. (2015). The Impact Of Malting On Nutritional Composition Of Foxtail Millet, Wheat And Chickpea. *Journal of Nutrition and Food Sciences*, *5*, 407.

Lekjing, S., & Venkatachalam, K. (2020). Effects Of Germination Time And Kilning Temperature On The Malting Characteristics, Biochemical And Structural Properties Of Homchaiya Rice. *RSC Advances*, *10*(28), 16254-16265.

Lemmens, E., Moroni, A.L., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Le, K.A., van der Broeck, H., Brouns, F.J.P.H., de rier, N., & Delcour, J., (2019). Impact Of Cereal Seed Sprouting On Its Nutritional And Technological Properties: A Critical Review. Compr. Rev. Food Sci. Safety 18, 305-328.

Li, W. D., Lin, R. F., & Corke, H. (1997). Physicochemical Properties Of Common And Tartary Buckwheat Starch. *Cereal Chem.*, 74(1): 79-82. doi: 10.1094/CCHEM.1997.74.1.79.

Lorenz, K., Welsh, J., Normann, R., & Maga, J. (1972). Comparative Mixing And Baking Properties Of Wheat And Triticale Flours. *Cereal Chem.* 49:187-193.

Lu, J., Zhao, H., Chen, J., Fan, W., Dong, J., Kong, W., Sun, J., Cao, Y. & Cai, G. (2007). Evolution Of Phenolic Compounds And Antioxidant Activity During Malting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(26), 10994-11001.

Mäkinen, O. E., & Arendt, E. K. (2015). Nonbrewing Applications Of Malted Cereals, Pseudocereals, And Legumes: A Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, *73*(3), 223-227.

Marti, A., Cardone, G., & Pagani, M. A. (2020). Sprouted Cereal Grains And Products. *Innovative Processing Technologies For Healthy Grains*, 113-141.

Marti, A., Cardone, G., Nicolodi, A., Quaglia, L., & Pagani, M. A. (2017). Sprouted Wheat As An Alternative To Conventional Flour Improvers In Bread-Making. LWT – Food Science and Technology, 80, 230–236.

Marti, A., Cardone, G., Pagani, M. A., & Casiraghi, M. C. (2018). Flour From Sprouted Wheat As A New Ingredient In Bread-Making. *LWT*, *89*, 237-243.

Mattıla, P., Pıhlava, J., & Hellstro, J., (2005). Contents of Phenolic Acids, Alkyl- and Alkenylresorcinols, and Avenanthramides in Commercial Grain Products, *Journal of The Agricultural Food Chemistry*, 53: 8290-8295.

McGoverin, C. M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., & Manley, M. (2011). A Review Of Triticale Uses And The Effect Of Growth Environment On Grain Quality. J. Sci. Food Agric. 91:1155-1165.

Mella, O. N. (2011). Effects Of Malting And Fermentation On The Composition And Functionality Of Sorghum Flour.

Mergoum, M., & Macpherson, H. G. (2004). Triticale Improvement And Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.

Mıchalska, A., Ceglınska, A., Amarowıcz, R., Pıskula, M.K., Szawara-Nowak, D., & Zıelınskı, H. (2007). Antioxidant Contents and Antioxidative Properties of Traditional Rye Breads, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:734-740.

Molinari, R., Costantini, L., Timperio, A. M., Lelli, V., Bonafaccia, F., Bonafaccia, G., & Merendino, N. (2017). Tartary Buckwheat Malt As Ingredient Of Gluten-Free Cookies. J Cereal Sci. doi: 10.1016/j.jcs.2017.11.011.

Moongngarm, A., & Saetung, N. (2010). Comparison Of Chemical Compositions And Bioactive Compounds Of Germinated Rough And Brown Rice. *Food Chemistry*, *122*, 782–788. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.03.053.

Mota, C., Santos, M., Mauro, R., Samman, N., Matos, A. S., Torres, D., & Castanheira, I. (2016). Protein Content And Amino Acids Profile Of Pseudocereals. Food Chem., 193: 55–61. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.11.043.

Munoz-Insa, A., Gastl, M., & Becker, T. (2016). Influence Of Malting On The Protein Composition Of Triticale (×Triticosecale Wittmack) 'Trigold'. *Cereal Chemistry*, *93*(1), 10-19.

Murthy, K. V. N., & Veedhi, P. (2018). Manufacturing Malt From Barley And Other Cereals. *Management*, *3*(10), 1-2.

Narsih, Yunianta & Harijono. (2012). The Study Of Germination And Soaking Time To Improve Nutritional Quality Of Sorghum Seed. *International Food Research Journal*, 19: 1429-1432.

Ndife, J., Nwokedi, C. U., & Ugwuona, F. U. (2019). Optimization Of Malting And Saccharification In The Production Of Malt Beverage From Maize. *Niger. J. Agric. Food Environ*, *15*, 134-141.

Nechita, V., Niculita, I., Arghire, C., & Izella, I. G. (2009). Strong Flour Improvement Using Malt Flour. *Journal of Agoalimentary Processes and Technologies*, *15*(2), 242-244.

Nie, C., Wang, C., Zhou, G., Dou, F., & Huang, M. (2010). Effects Of Malting Conditions On The Amino Acid Compositions Of Final Malt. *African Journal of Biotechnology*, *9*(53), 9018-9025.

Nkhata, S. G., Ayua, E., Kamau, E. H., & Shingiro, J. B. (2018). Fermentation And Germination Improve Nutritional Value Of Cereals And Legumes Through Activation Of Endogenous Enzymes. *Food Science & Nutrition*, *6*(8), 2446-2458.

Oghbaei, M., & Prakash, J. (2016). Effect Of Primary Processing Of Cereals And Legumes On Its Nutritional Quality: A Comprehensive Review. *Cogent Food & Agriculture*, *2*, 1136015.

Oseguera-Toledo, M. E., Contreras-Jiménez, B., Hernández-Becerra, E., & Rodriguez-Garcia, M. E. (2020). Physicochemical Changes Of Starch During Malting Process Of Sorghum Grain. *Journal of Cereal Science*, *95*, 103069.

Owheruo, J. O., Ifesan, B. O., & Kolawole, A. O. (2019). Physicochemical Properties Of Malted Finger Millet (*Eleusine coracana*) And Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*). *Food Science & Nutrition*, *7*(2), 476-482.

Örü, F., & Hendek Ertop, M. (2021). Siyez Ve Ekmeklik Buğday Kepeğinin Ekşi Hamur Üretiminde Kullanım Olanağının Değerlendirilmesi. *GIDA/The Journal of FOOD*, *46*(2).

Poinot, P., Arvisenet Ggrua-Priol, J., & Colas, D., (2008). Influence Of Formulation And Process On The Aromatic Profile An Physical Characteristics Of Bread. *Journal of Cereal Science*, 48: 686-697.

Pomeranz, Y., Burkhart, B. A. & Moon, L. C. (1970). Triticale In Malting And Brewing. Am. Soc. Brew. Chem. Proc. p. 40.

Poutanen, K. S. (2020). Cereal Raw Material Pretreatment. In *Breakfast Cereals and How They Are Made* (pp. 97-107). AACC International Press.

Qin, P., Wei, A., Zhao, D., Yao, Y., Yang, X., Dun, B., & Ren, G. (2017). Low Concentration Of Sodium Bicarbonate Improves The Bioactive Compound Levels And Antioxidant And A-Glucosidase Inhibitory Activities Of Tartary

Buckwheat Sprouts. Food Chem., 224: 12-130. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.059.

Rakha, A., Saulnier, L., A°man, P., & Andersson, R. (2012). Enzymatic Fingerprinting Of Arabinoxylan And B-Glucan In Triticale, Barley And Tritordeum Grains. Carbohydr. Polym. 90:1226-1234.

Ram´ırez, A., P´erez, G. T., Ribotta, P. D., & Le´on, A. E. (2003). The Occurrence Of Friabilins In Triticale And Their Relationship With Grain Hardness And Baking Quality. *J. Agric. Food Chem.* 51:7176-7181.

Richter, K., Christiansen, K., & Guo, G. (2014). Wheat Sprouting Enhances Bread Baking Performance. Cereal Foods World, 59, 231–233.

Sadeghi, A., Shahidi, F., Mortazavi, S.E., Koocheki, A., & Mohebbi, M., (2007). Evaluation Of Sourdough Effect On Iranian Barbari Bread Staling. World Applied Sciences Journal, 2:490-498.

Saharan, K., Kheterpaul, N. & Bishnoi, S., (2001). Hcl-Extractibility Of Minerals From Ricebean And Fababean: Influence Of Domestic Processing Methods. Innovative Food Science Emerging Technology, 2 : 323-325.

Sakac, M., Pestoric, M., Misan, A., Nedeljkovic, N., Jambrec, D., Jovanov, P., Banjac, V., Torbica, A., Hadnacev, M., & Mandic, A. (2015). Antioxidant Capacity, Mineral Content And Sensory Properties Of Gluten-Free Rice And Buckwheat Cookies. Food Technol Biotech, 53: 38-47. doi: 10.17113/ftb.53.01.15.3633.

Sasthri, V. M., Krishnakumar, N., & Prabhasankar, P. (2020). Advances In Conventional Cereal And Pseudocereal Processing. *Innovative Processing Technologies for Healthy Grains*, 61-81. doi: 10.1002/9781119470182.ch4.

Sedej, I., Sakac, M., Mandic, A., Mišan, A., Tumbas, V., & Canadanovic-Brunet, J. (2012). Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Grain And Fractions: Antioxidant Compounds And Activities. J Food Sci., 77(9): C954-C959. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02867.x.

Seo, J. M., Arasu, M. V., Kim, Y. B., Park, S. U., & Kim, S. J. (2015). Phenylalanine And LED Lights Enhance Phenolic Compound Production In Tartary Buckwheat Sprouts. Food Chem., 177: 204-213. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.12.094.

Sertakan, S. (2006). Bisküvi Ve Kraker Üretiminde Tritikale Unun Kullanım Olanakları. Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. Edirne.

Shahidi, F., & Naczk, M. (1995). Methods of Analysis And Quantification of Phenolic Compounds. Food Phenolic: Sources, Chemistry, Effects and Applications, pp 287-293.

Singh, A. K., Rehal, J., Kaur, A., & Jyot, G. (2015). Enhancement Of Attributes Of Cereals By Germination And Fermentation: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,55, 1575–1589.

Skrabanja, V., Kreft, I., Golob, T., Modic, M., Ikeda, S., Ikeda, K., Kreft, S., Bonafaccia, G., Knapp, M., & Kosmelj, K. (2004). Nutrient Content In Buckwheat Milling Fraction. Cereal Chem., 81(2): 172:176. doi: 10.1094/CCHEM.2004.81.2.172.

Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Betty, L. A., Edwardson, S. E., & Obendorf, L. R. (2001). Minerals, Phytic Acid, Tannin And Rutin In Buckwheat Seed Milling Fractions. J Sci Food Agr., 81: 1094-1100. doi: 10.1002/jsfa.914.

Steve, I. O. (2011). Influence Of Germination And Fermentation On Chemical Composition, Protein Quality And Physical Properties Of Wheat Flour (*Triticum aestivum*). *Journal of Cereals and Oilseeds*, *3*(3), 35-47.

Stibilj, V., Kreft, I., Smrkolj, P., & Osvald, J. (2004). Enhanced Selenium Content In Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) And Pumpkin (Cucurbitapepo L.) Seeds By Foliar Fertilization. Eur Food Res Technol., 219(2): 142-144. doi: 10.1007/s00217-004-0927-0.

Sullivan, P., Arendt, E., & Gallagher, E. (2013). The Increasing Use Of Barley And Barley By-Products In The Production Of Healthier Baked Goods. *Trends in Food Science & Technology*, *29*(2), 124-134. doi: 10.1016/j.tifs.2012.10.005.

Şahin, Y., Yıldırım, A., Yücesan, B., Zencirci, N., Erbayram, Ş., & Gürel, E. (2017). Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Einkorn (*Triticum monococcum*ssp. *monococcum*), Bread (*Triticum aestivum*L.), and Durum (*Triticum durum* Desf.) Wheat. Progress in Nutrition 2017; Vol. 19, N. 4:00-00.

Şanlıdere Aloğlu, H. (2021). Teff (Eragrostic tef) Ununun Ekmek Üretiminde Kullanımı Ve Transglutaminaz Enziminin Üretime Etkisi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *7*(1), 107-121.

Şenlik, A. S., & Alkan, D. (2021). Çimlendirilmiş Bazı Tahıl ve Baklagillerin Kimyasal Özellikleri ve Çimlendirmeyle Açığa Çıkan Biyoaktif Bileşenlerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Akademik Gıda*, *19*(2), 198-207.

Tang, Y., & Zhao, G. (1998). The Relationship Between Phenylalanine Deaminase Activities And Xanthoketone Contents In Buckwheat. *Journal of Mianyang College of Economy & Technology*, *15*, 9–12.

Taşcı, R., & Bayramoğlu, Z. (2017). Arpa Çeşitlerinin Üretim, Pazarlama Ve İşleme Açısından Önemi. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*.

Terpinic, P., Cigic, B., Polak, T., Hribar, J., & Rozrl, T. (2016). LC-MS Analysis Of Phenolic Compounds And Antioxidant Activity Of Buckwheat At Different Stages Of Malting. Food Chem., 210: 9-17. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.04.030.

Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S., & Deng, Q. (2010). Physicochemical Changes Of Oat Seeds During Germination. *Food Chemistry*, *119*(3), 1195-1200.

Tomar, O., Akarca, G., & Çağlar, A. (2020). Farklı Çimlendirme Süreleriyle Üretilen Malt Sirkelerin Bazı Kalite Özellikleri. *Kocatepe Veteriner Dergisi, 13*(1), 1-1. /30-37. doi: 10.30607/kvj.650421.

Tuluk, K. (2017). Farklı Oranlarda Lupin Unu Kullanılarak Üretilen Beyaz Ekmek Ve Tam Buğday Ekmeğinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İzmir.

Türk Gıda Kodeksi, (2006). Türk Gıda Kodeksi Bira Tebliği, https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=10474&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5. Erişim tarihi: 03/10/2020.

Udeh, H. O., Duodu, K. G., & Jideani, A. I. (2018). Effect Of Malting Period On Physicochemical Properties, Minerals, And Phytic Acid Of Finger Millet (Eleusine coracana) Flour Varieties. *Food Science & Nutrition*, *6*(7), 1858-1869.

URL-1. (2020) 04.11.2020 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Bereketli_Hilal#/media/Dosya:Fertile_Crescent_map.png adresinden alınmıştır.

Uyak, C., Doğan, A., & Arslan, T. (2020). Zap Vadisinde (Hakkâri) Yetişen Yabani Asma (*Vitis vinifera* ssp. *silvestris* Gmel.) Yapraklarının Sarmalık Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences, 7*(12), 76-85.

Ünsal, A. S., Ayhan, A. T. L. I., & Köten, M. (2020). Çimlendirilmiş Buğday Unundan Yapılan Tırnaklı (Düz Ekmek) ve Tava Ekmek Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *23*(5), 1209-1215.

Vasishtha, H., & Srivastava, R. P. (2013). Effect Of Soaking And Germination On Dietary Fibre Constituents Of Chickpea (Cicer Arietinum L.). *Legume Res*, *36*, 174-179.

Wang, J., Sun, B., & Cao, R. (2019). Bioactive Factors And Processing Technology For Cereal Foods. Singapore: Springer.

Wronkowska, M., & Haros, M. (2014). Wet-Milling Of Buckwheat With Hull And Dehulled-The Properties Of The Obtained Starch Fraction. J Cereal Sci., 60: 477-483. doi: 10.1016/j.jcs.2014.09.004.

Yaver, E. (2017). Tahıl-Baklagil Unu Karışımlarının Ticari Ve Geleneksel Türk Ekmeklerinde Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Konya.

Yiming, Z., Hong, W., Linlin, C., Xiaoli, Z., Wen, T., & Xinli, S. (2015). Evolution Of Nutrient Ingredients In Tartary Buckwheat Seeds During Germination. Food Chem., 186: 244-248. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.03.115.

Yu, Z. L., & Liu, R. (2019). Effect Of Electrolyzed Water On Enzyme Activities Of Triticale Malt During Germination. *Journal of food science and technology, 56*(3), 1495-1501.

Zhang, G., Xu, Z., Gao, Y., Huang, X., & Yang, T. (2015). Effects Of Germination On The Nutritional Properties, Phenolic Profiles, And Antioxidant Activities Of Buckwheat. *Journal of Food Science*, *80*, H1111–H1119. doi:10.1111/1750-3841.12830.

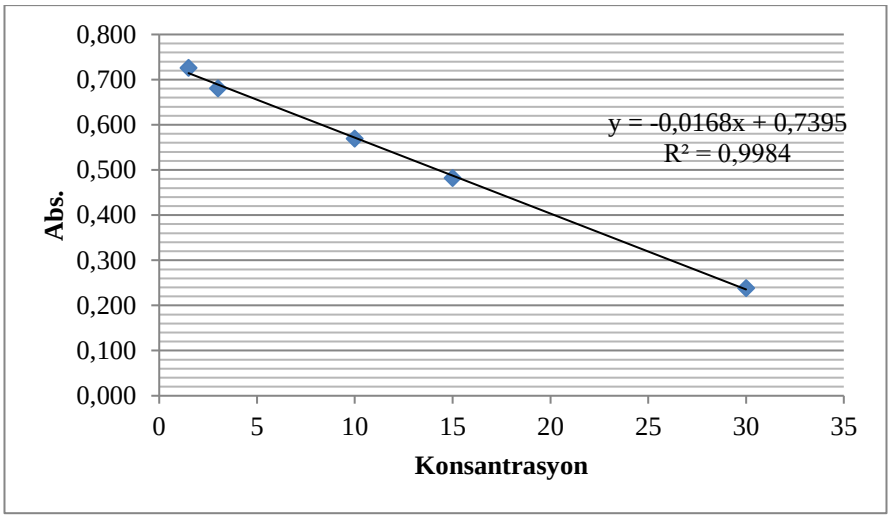
Zhao, X., Li, C., Jiang, Y., Wang, M., Wang, B., Xiao, L., Xu, X., Chai, D., & Dong, L. (2021). Metabolite Fingerprinting Of Buckwheat In The Malting Process. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *15*(2), 1475-1486. doi: 10.1007/s11694-020-00737-1.

Zhu, F. (2018). Triticale: Nutritional Composition And Food Uses. *Food Chemistry*, *241*, 468-479. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.09.009.

Zilic, S., Delic, N., Basic, Z., Ignjatovic-Micic, D., Jankovic, M., &Vancetovic, J. (2015). Effects Of Alkaline Cooking And Sprouting On Bioactive Compounds, Their Bioavailability And Relation To Antioxidant Capacity Of Maize Flour. *Journal of Food and Nutrition Research*, *54*, 155–164.

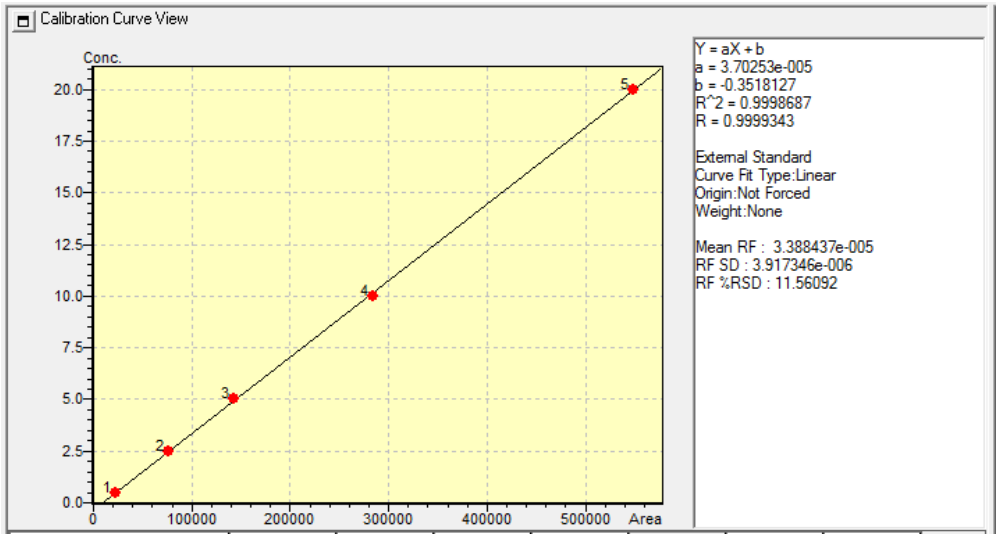
EKLER

EK 1. Fitik Asit Kalibrasyon Eğrisi

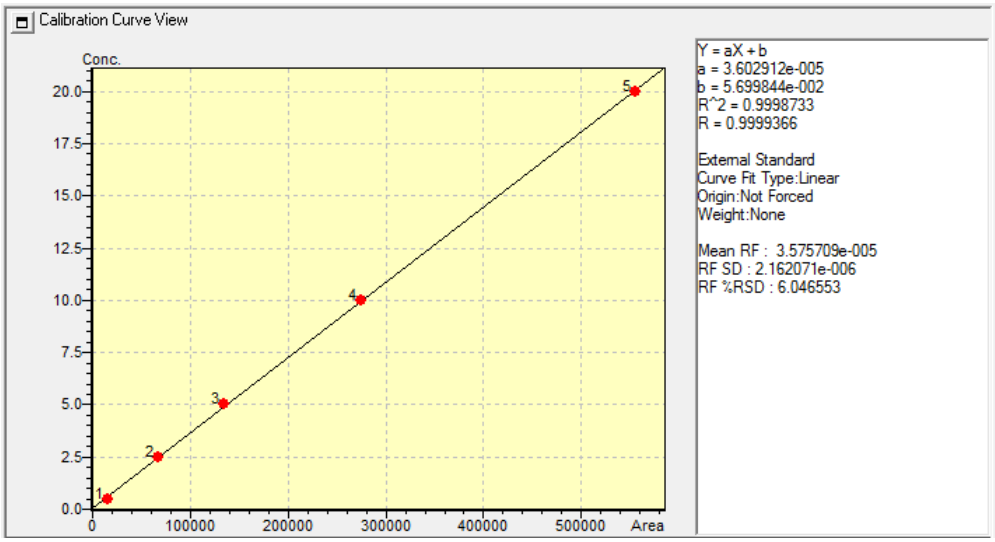


EK 2. İndirgen Şeker Analizi Kalibrasyon Eğrileri

Maltoz İçin Kalibrasyon Eğrisi

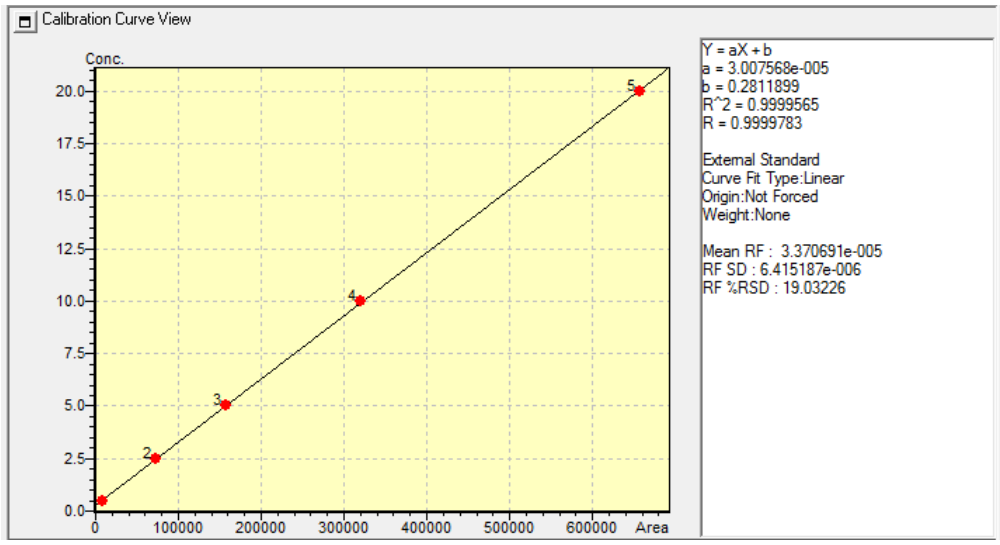


Glikoz İçin Kalibrasyon Eğrisi

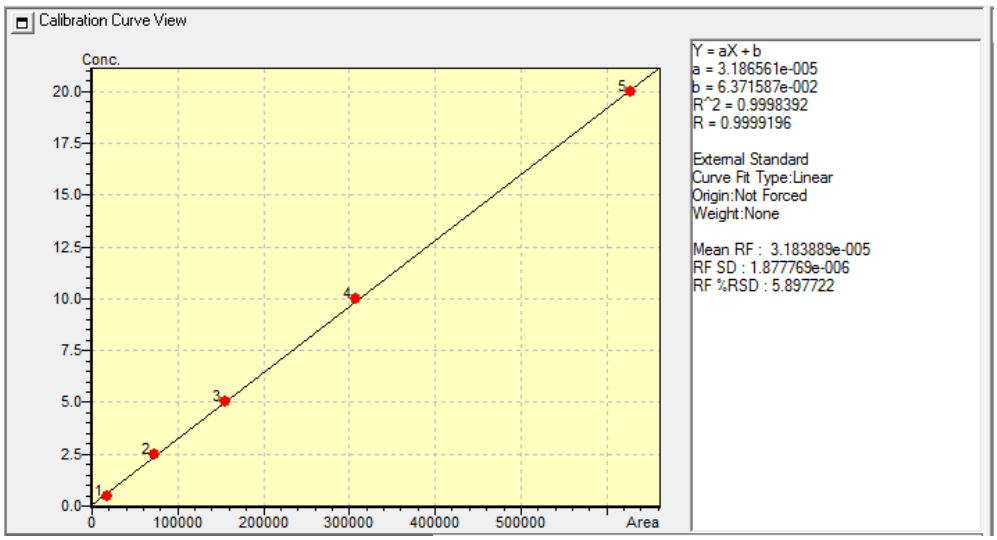


EK 2'nin devamı

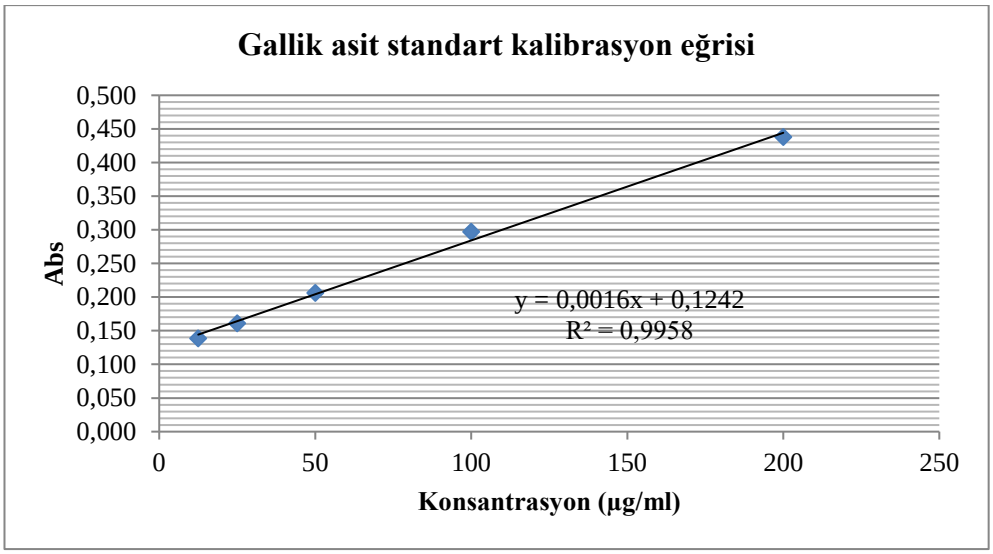
Sakkaroz İçin Kalibrasyon Eğrisi



Fruktoz İçin Kalibrasyon Eğrisi



EK 3. Gallik Asit Standart Kalibrasyon Eğrisi

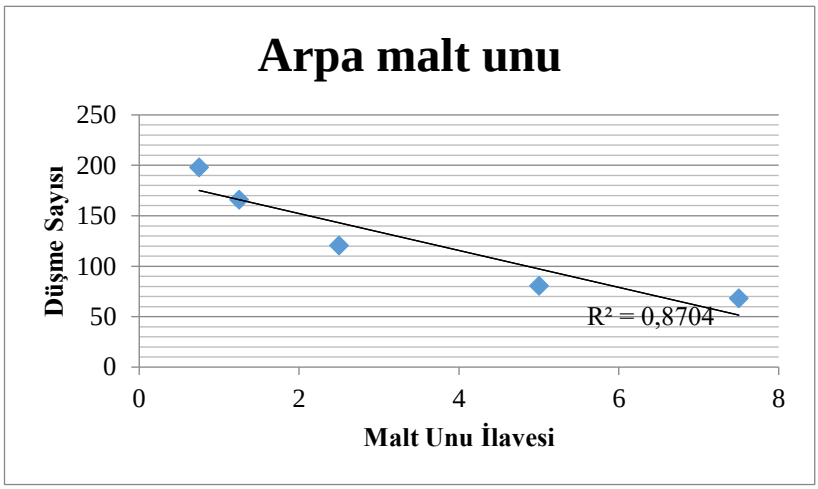


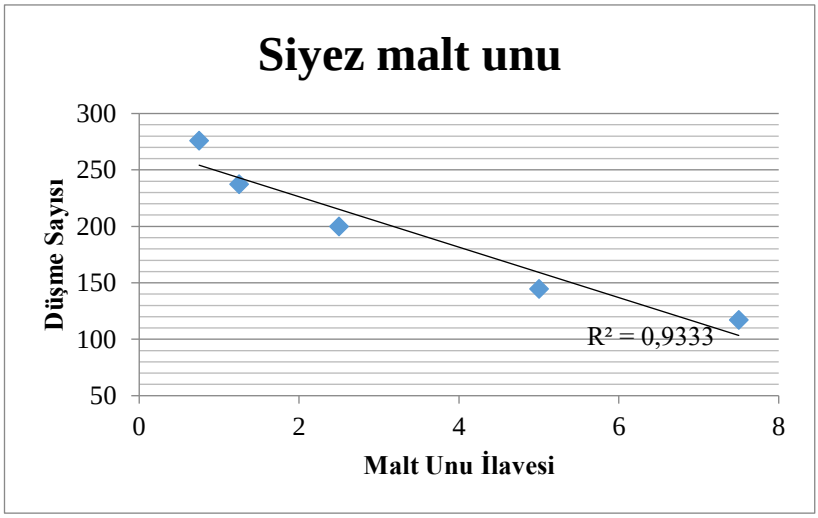
EK 4. Ekmek Duyusal Analiz Formu

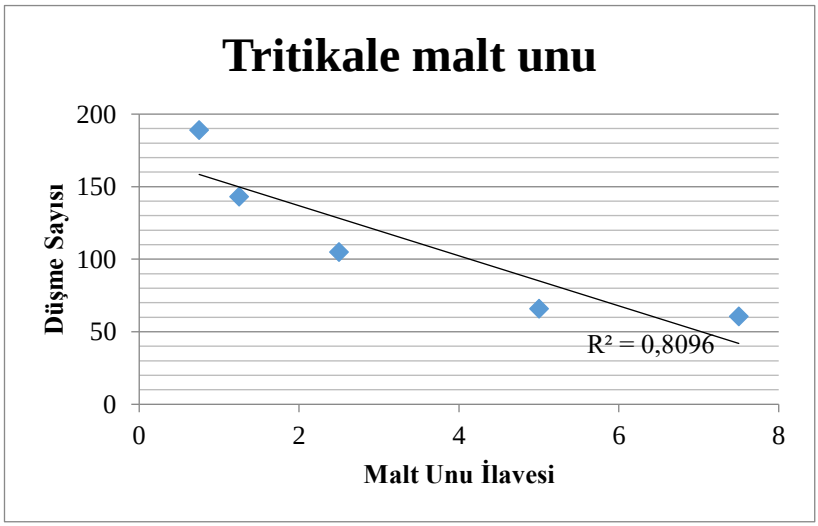
PUANLAMA TESTİ									
Ürün: Arpa, siyez, tritikale ve karabuğdaydan elde edilen malt unu ile üretilen ekmek örnekleri									
İsim:								Tarih:	
Size sunulmuş olan kodlu örnekleri aşağıda belirtilmiş olan kalite kriterleri açısından 5 puan üzerinden değerlendiriniz. Teşekkürler.									
Örnek Kodları	Kalite Kriterleri								
	Dış Özellikler				İç Özellikler				
	Şekil Simetrisi	Kabuk Rengi	Pişme Düzgünlüğü	Görün üş	Doku (Gözenek Yapısı)	Tatlılı k	Tuzlulu k	Lezze t	Kabul Edilebilirlik Puanı

EK 5. Korelasyon Grafikleri

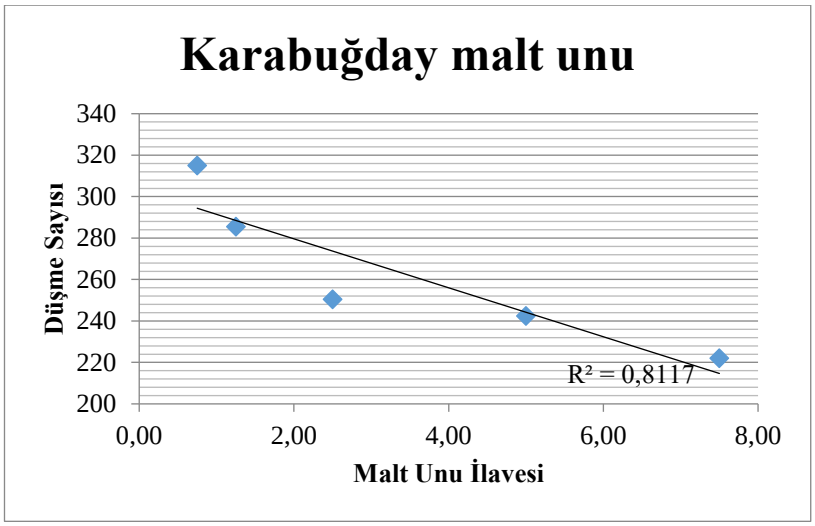
Düşme Sayısı Korelasyon Grafikleri



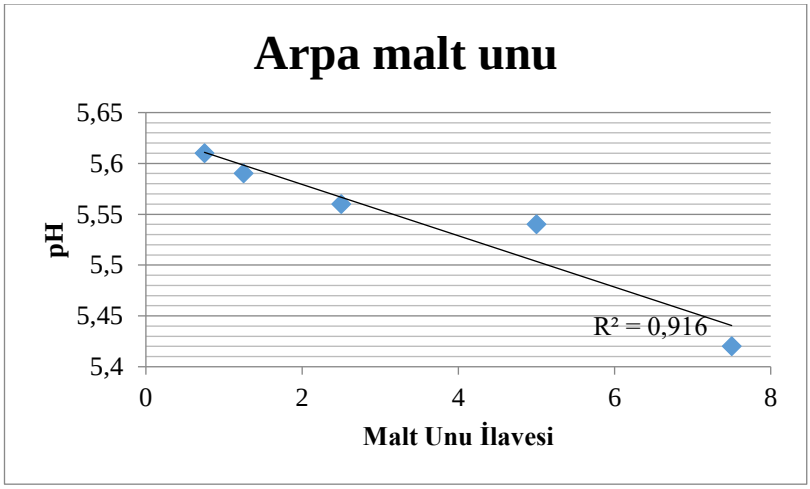




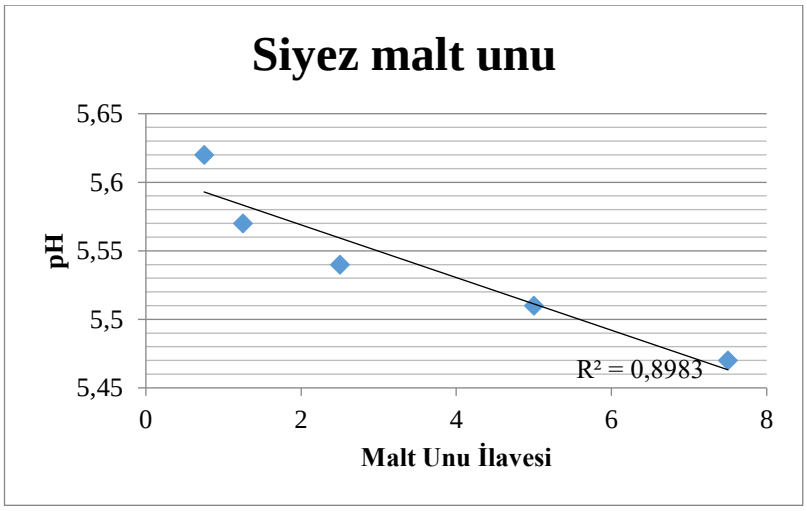
EK 5'in devamı

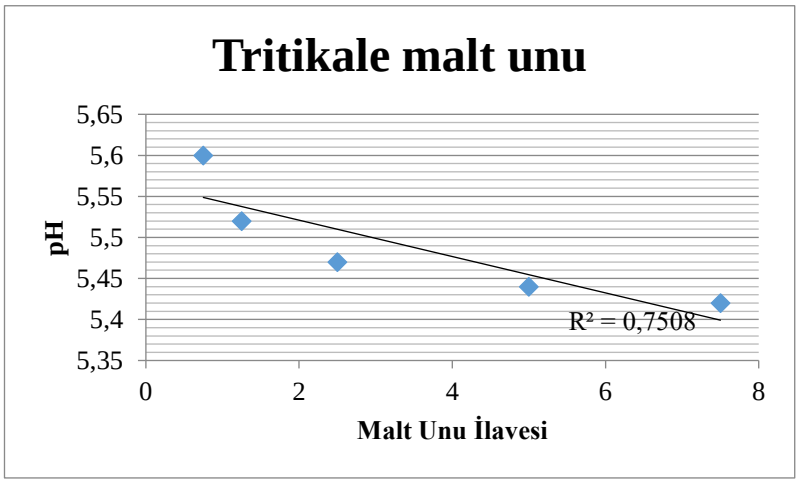


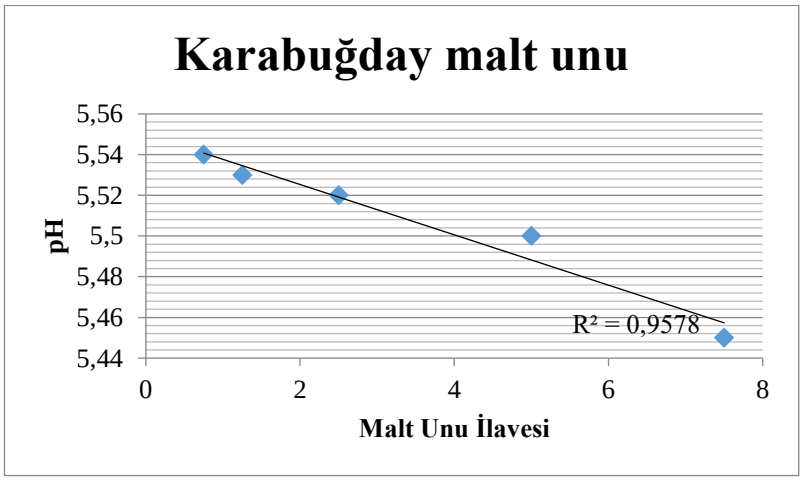
pH Korelasyon Grafikleri



EK 5'in devamı

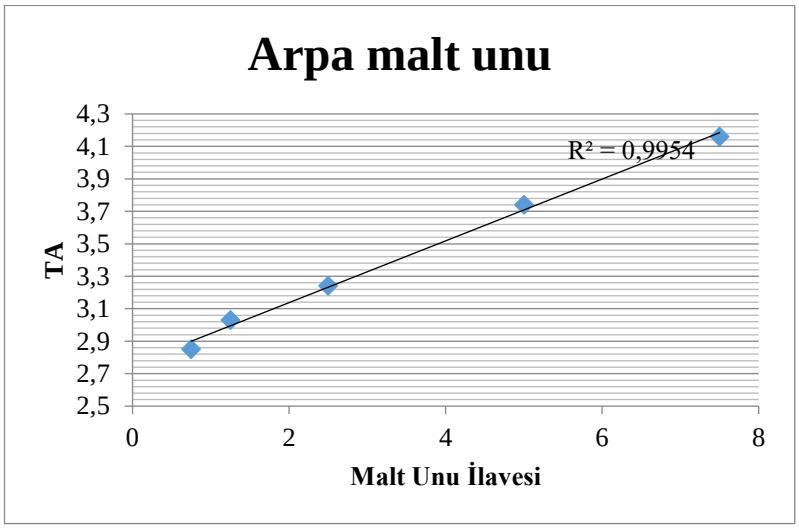


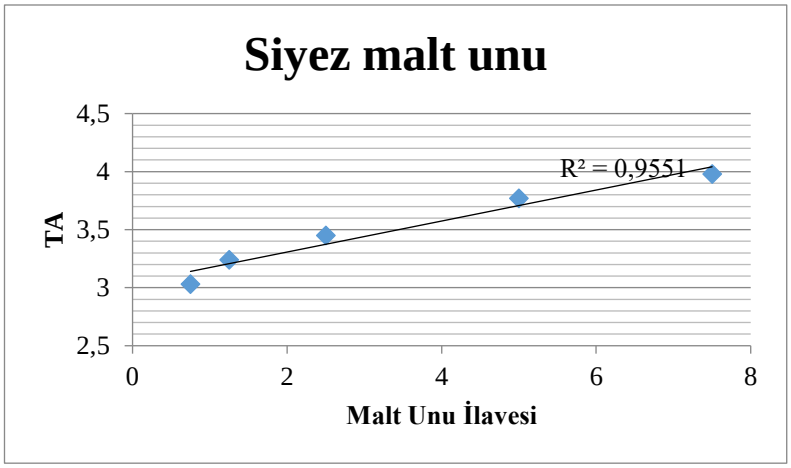




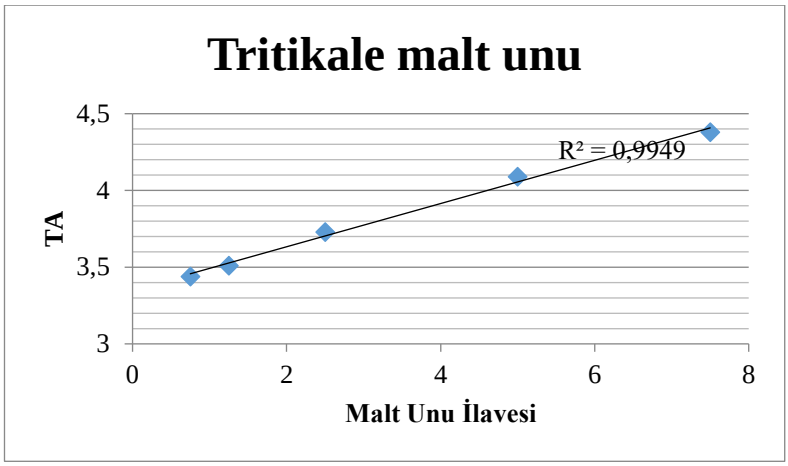
EK 5'in devamı

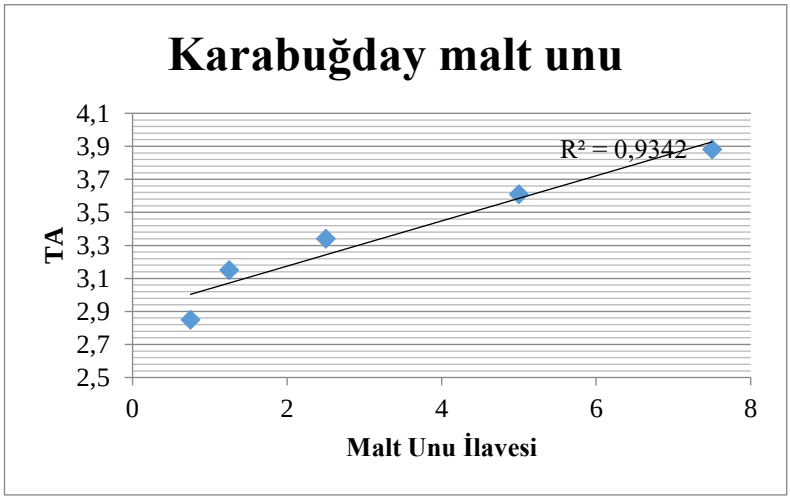
Titrasyon Asitliği Korelasyon Grafikleri



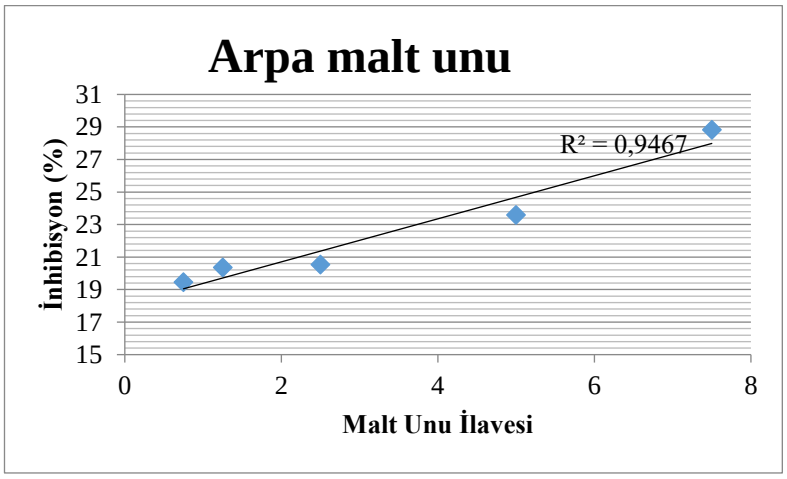


EK 5'in devamı

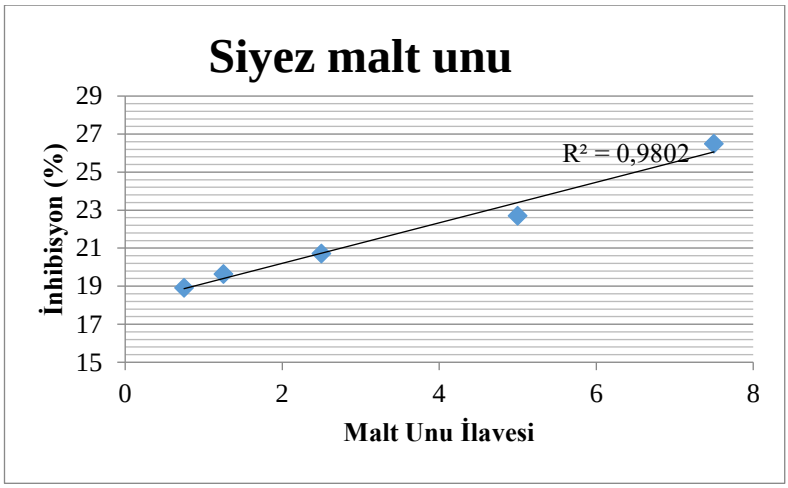


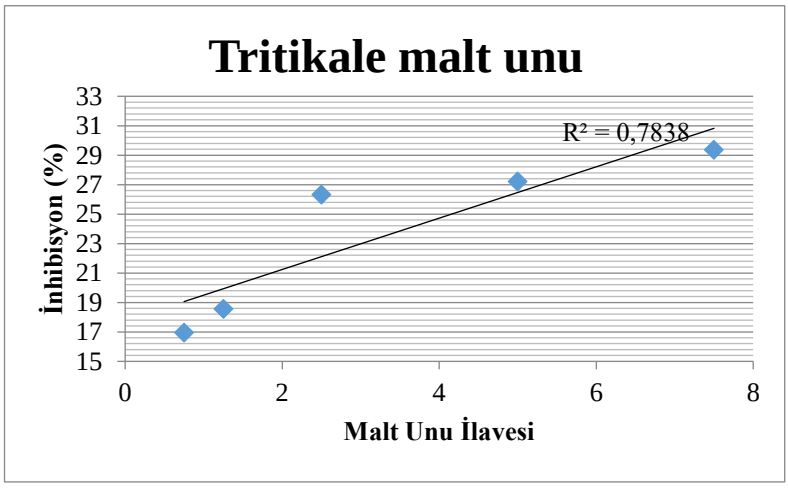


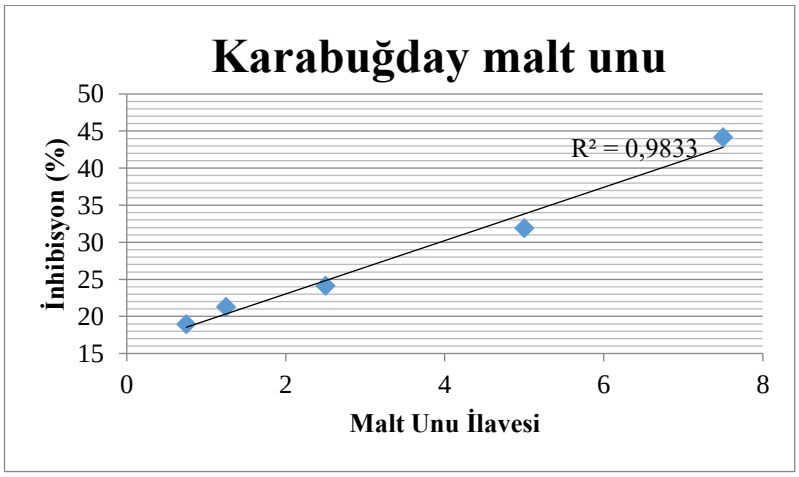
Antioksidan Aktivite Korelasyon Grafikleri



EK 5'in devamı

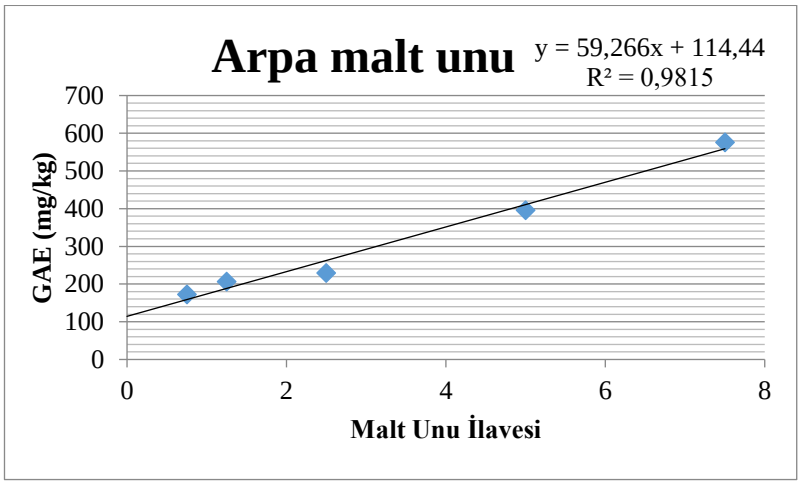


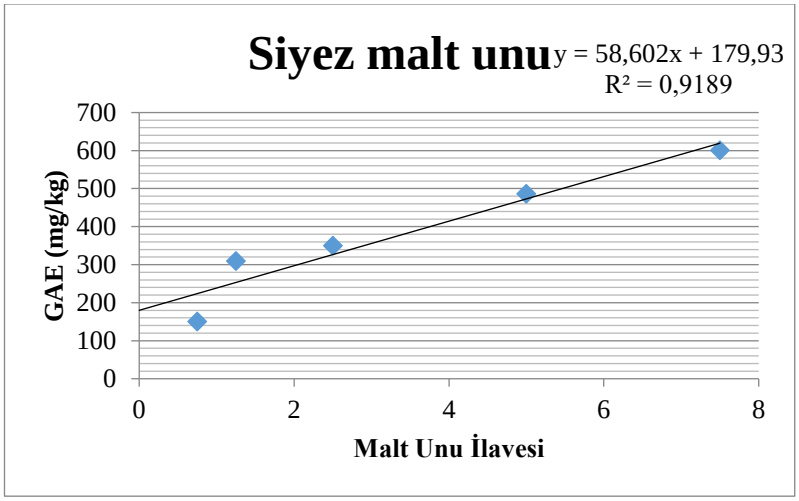




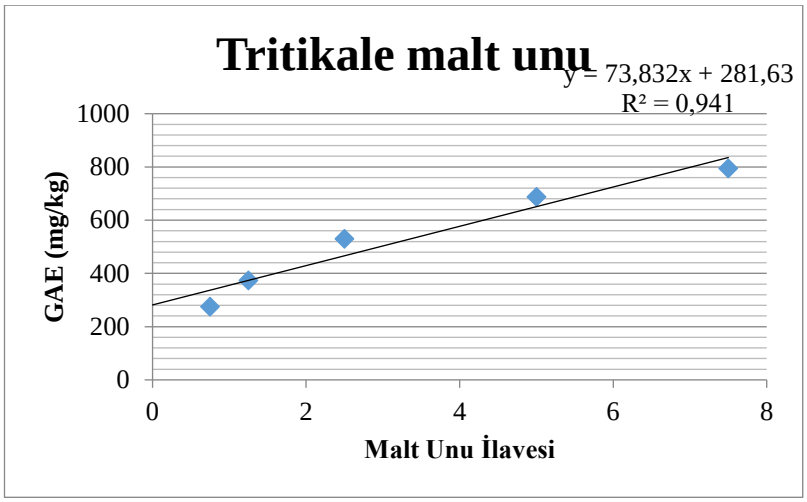
EK 5'in devamı

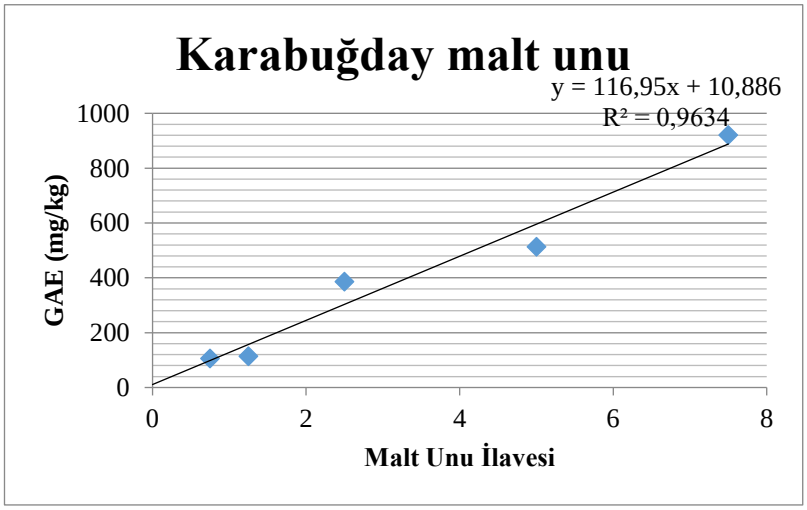
Toplam Fenolik Madde İçeriği Korelasyon Grafikleri





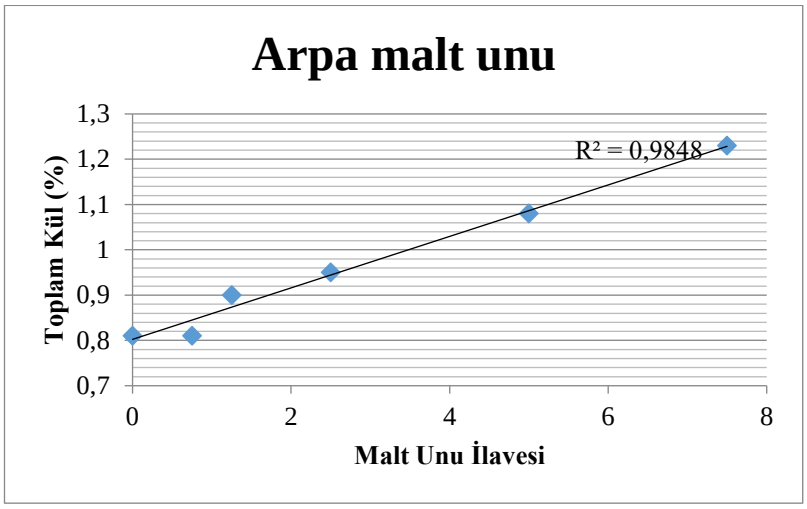
EK 5'in devamı

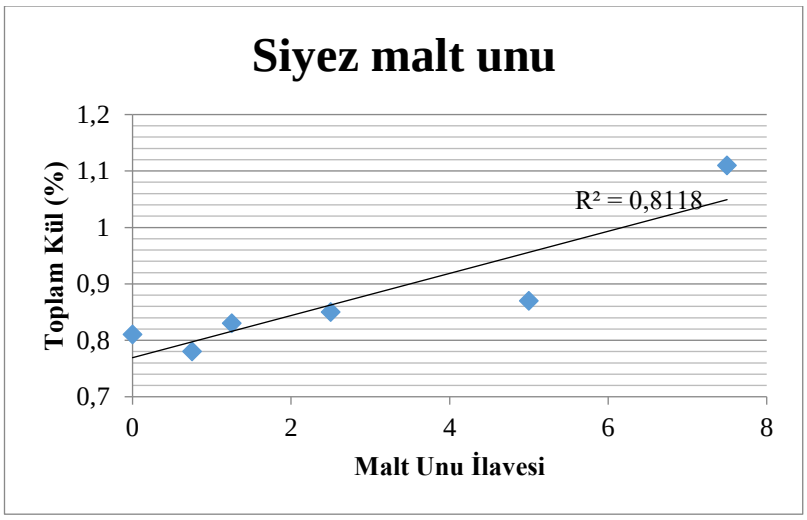




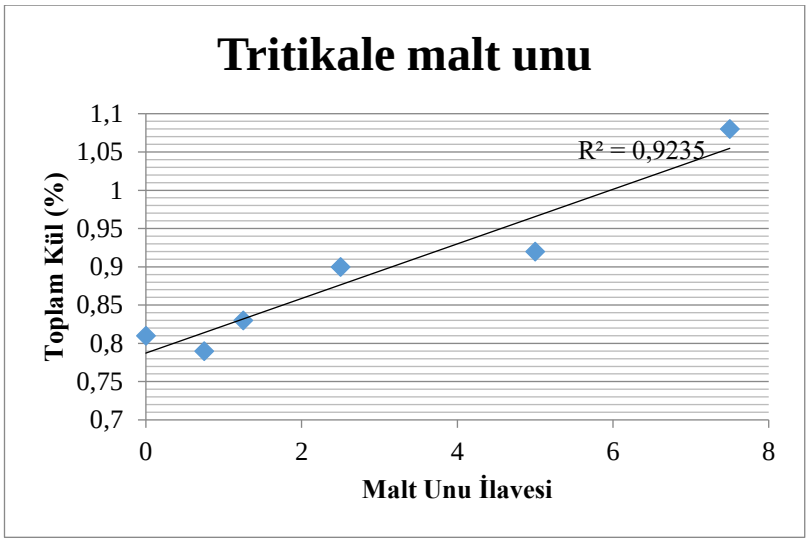
EK 5'in devamı

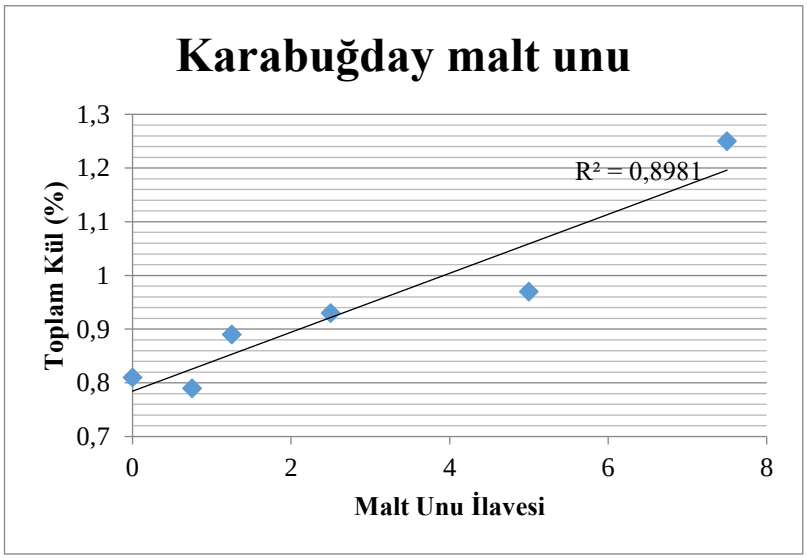
Toplam Kül Korelasyon Grafikleri





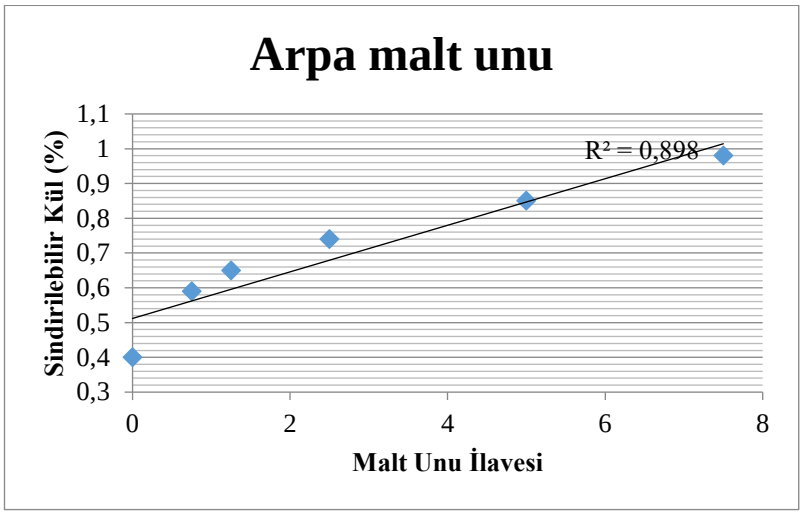
EK 5'in devamı

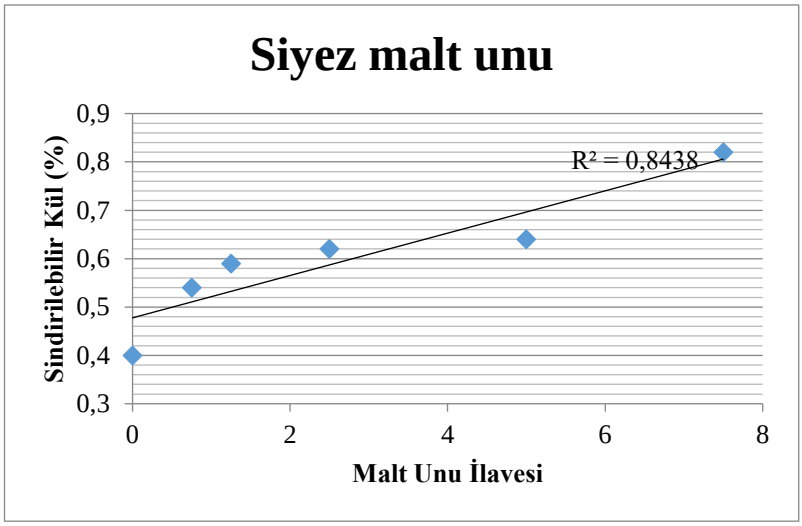
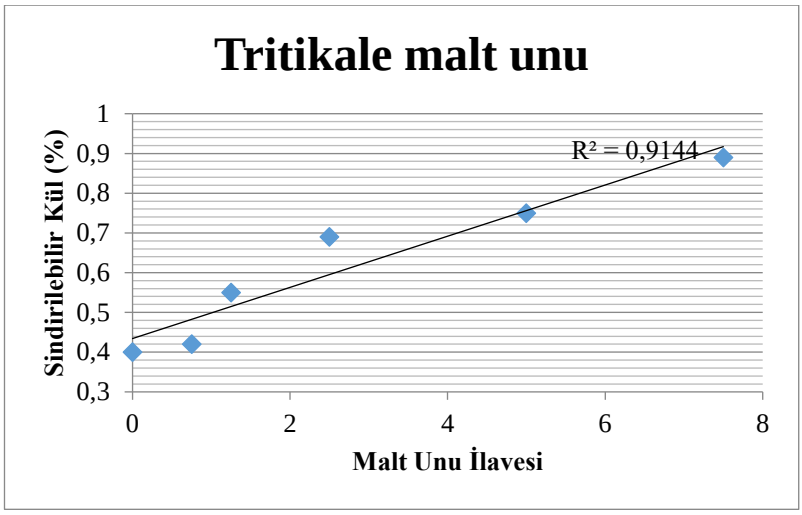
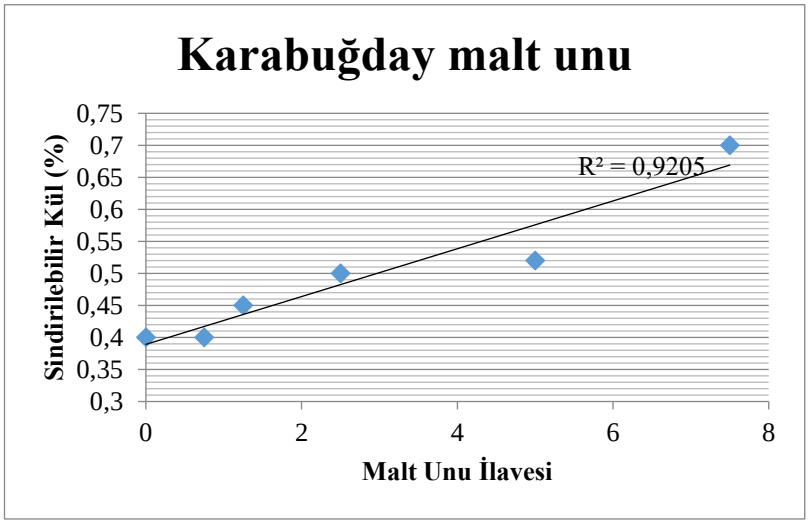




EK 5'in devamı

Sindirilebilir Kül Korelasyon Grafikleri





EK 5'in devamı