

T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OLGUNLAŞMAMIŞ SİYEZ BUĞDAYININ  
FİZİKOKİMYASAL, BESİNSEL VE PREBİYOTİK  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

**Mehmet Fatih ERKÖLENCİK**

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Danışman

Prof. Dr. Muhammet ARICI

Aralık, 2023

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OLGUNLAŞMAMIŞ SİYEZ BUĞDAYININ**  
**FİZİKOKİMYASAL, BESİNSEL VE PREBİYOTİK**  
**ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mehmet Fatih ERKÖLENCİK tarafından hazırlanan tez çalışması 11.12.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Muhammet ARICI  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
Danışman

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Muhammet ARICI, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU, Üye

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Hamza GÖKTAŞ, Üye

İstanbul İstinye Üniversitesi

Danışmanım Prof. Dr. Muhammet ARICI sorumluluğunda tarafımda hazırlanan “Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Fizikokimyasal, Besinsel ve Prebiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Mehmet Fatih ERKÖLENCİK

İmza



Bu çalışma, “Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü’nün FCD-2019-3557” numaralı projesi ile desteklenmiştir.



*Değerli aileme ve Rahmetli babama,*

## TEŞEKKÜR

---

Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü değerli bölüm kurucularımız, Prof. Dr. Muhammet ARICI ve Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ'a öncelikle teşekkür ederim. Tez çalışmamda ve akademik hayatımda bilgisini, tecrübesini ve desteğini benden esirgemeyen değerli danışman hocam, Prof. Dr. Muhammet ARICI'ya,

Tez izleme toplantıları boyunca değerli fikirlerini ve vaktini bizimle paylaştığı için saygı değer jüri üyesi değerli hocam Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU'na

Bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam, Dr. Öğr. Üyesi Görkem ÖZÜLKÜ'ye,

Tez çalışmalarım sırasında bilgi, destek ve tecrübelerini hiç sakınmayan değerli arkadaşlarım Dr. Burcu KAHRAMAN'a, Dr. Hamza GÖKTAŞ'a,

Tez çalışmalarım sırasında maddi, manevi destek veren Reis Tarımsal Ürünler Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Mehmet REİS'e, Elit Food Danışmanlık Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yönetim Kurulu Başkan V. Sn. Bülent CENİK'e, Devrekani Yem Sanayi Ve Ticaret A.Ş. ve Devrekani Deva Gıda Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'nden Sn. Yahya ÇİRİŞOĞLU'una ve Sn. Cevat KILIÇOĞLU'na,

10 yıldır büyük bir gururla çalıştığım İstanbul Sanayi Odası aileme, özellikle desteklerini hep hissettiğim Genel Sekreterimiz Sn. Haktan AKIN'a, Genel Sekreter Yardımcımız Sn. Hikmet BALTACI'ya, Müdürümüz Sn. İlhan BAYRAKTAR'a, Müdür Yardımcımız Sn. Mustafa ADA'ya,

Maddi, manevi her konuda, her zaman yanımda olan ve doktora yapmama sebep olan rahmetli babam Mustafa ERKÖLENCİK'e, kıymetli anneme, çocuklarıma ve çok değerli eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Mehmet Fatih ERKÖLENCİK

# İÇİNDEKİLER

<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>v</b>
<b>SİMGE LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>KISALTMA LİSTESİ</b>	<b>x</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>xi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>xii</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xv</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>17</b>
1.1 Siyez Buğdayının Tarihçesi ve Önemi .....	17
1.2 Tezin Amacı .....	29
1.3 Hipotez .....	29
<b>2 MATERYAL VE YÖNTEMLER</b>	<b>31</b>
2.1 Siyez Buğdayının Ekimi ve Bakımı .....	31
2.2 Siyez Buğdayının Hasadı, Temizlenmesi ve Kurutulması .....	32
2.3 Siyezın Fizikokimyasal ve Besinsel Özelliklerinin Belirlenmesi .....	33
2.3.1 Siyez Buğdayının 1000 Dane Ağırlığının Belirlenmesi .....	33
2.3.2 Siyez Buğdayının Hektolitreye Ağırlığının Belirlenmesi .....	34
2.3.3 Siyez Unlarında Rutubet Tayini .....	34
2.3.4 Siyez Unlarında Kül Oranlarının Tayini .....	34
2.3.5 Siyez Unlarında Mineral Madde Tayini .....	35
2.3.6 Siyez Unlarında Protein Miktarı Tayini .....	35
2.3.7 Siyez Unlarında Yaş Gluten ve Gluten İndeksinin Belirlenmesi .....	36
2.3.8 Siyez Unlarında Sedimentasyon ve Gecikmeli Sedimentasyon Değeri Tespiti .....	36
2.3.9 Siyez Unlarında Düşme Sayısı (Falling Number - FN) Tayini .....	37
2.4 Siyez Unlarında Toplam, Dirençli ve Dirençli Olmayan Nişasta İçeriğinin Belirlenmesi .....	37
2.5 Siyez Unlarında Toplam Diyet Lif Analizi .....	38
2.6 Siyez Unlarında <i>in vitro</i> Glisemik İndeks Belirlenmesi .....	38
2.7 Siyez Unlarının Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi .....	39
2.7.1 Farinograf Analizi .....	39
2.7.2 Ekstensograf Analizi .....	39
2.7.3 Dinamik Reolojik Ölçümler .....	39

2.8	Siyez Unlarının Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi.....	39
2.8.1	Toplam Fenolik Analizi .....	39
2.8.2	DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	40
2.8.3	CUPRAC Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini.....	40
2.9	Siyezin Mikroyapısal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	40
2.10	FT-IR ve RAMAN Spektroskopisi ile Siyez Unlarının Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi .....	40
2.10.1	FTIR (Fourier Dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi .....	40
2.10.2	Raman ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi.....	41
2.11	Siyez Ununun Termal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	41
2.12	Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Prebiyotik Potansiyelinin Belirlenmesi.....	41
2.12.1	Yoğurt Üretimi .....	42
2.12.2	Sütte Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler .....	43
2.12.3	Üretilen Yoğurt Örneklerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	44
2.12.4	Üretilen Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.....	45
2.12.5	Üretilen Yoğurt Örneklerinin Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi .....	45
2.13	Olgunlaşmış ve Olgunlaşmamış Siyez Unu Kullanılarak Ekmek Üretimi ve Analizleri .....	47
2.13.1	Ekşi Hamur Hazırlanması .....	47
2.13.2	Ekmek Üretimi .....	47
2.13.3	Ekmekte Yapılan Analizler .....	48
2.14	İstatistiksel Analiz .....	49
<b>3</b>	<b>BULGULAR VE TARTIŞMA</b>	<b>50</b>
3.1	Siyez Buğdayının Ekimi ve Bakımı .....	50
3.2	Siyez Buğdayının Hasadı, Temizlenmesi ve Kurutulması.....	51
3.3	Siyez Buğdaylarının Fizikokimyasal ve Besinsel Özellikleri .....	52
3.3.1	Siyez Buğdaylarının Bin Dane Ağırlığı .....	52
3.3.2	Siyez Buğdaylarının Hektolitreye Ağırlığı .....	53
3.3.3	Siyez Unlarının Rutubet Oranı .....	53
3.3.4	Siyez Unlarının Kül Oranları .....	53
3.3.5	Siyez Unlarının Protein Oranı .....	54
3.3.6	Siyez Unlarının Gluten Oranı (Yaş gluten ve gluten indeksi) .....	55
3.3.7	Siyez Unlarının Sedimentasyon ve Gecikmeli Sedimentasyon Değeri .....	55

3.3.8	Siyez Unlarının Düşme Sayısı (Falling Number - FN) .....	56
3.3.9	Siyez Unlarının Mineral Madde Miktarı .....	58
3.3.10	Siyez Unlarının Karbonhidrat Fraksiyonları: Toplam, Dirençli ve Dirençli Olmayan Nişasta .....	59
3.3.11	Siyez Unlarının Toplam Diyet Lif Miktarı .....	60
3.3.12	Siyez Unlarının <i>In vitro</i> Glisemik İndeks Değerleri .....	61
3.4	Siyez Unlarının Reolojik Özellikleri .....	62
3.4.1	Farinograf Özellikleri .....	62
3.4.2	Ekstensograf Özellikleri .....	65
3.4.3	Dinamik Reolojik Özellikler .....	65
3.5	Siyez Unlarının Biyoaktif Özellikleri .....	66
3.5.1	Toplam Fenolik Madde Miktarı .....	66
3.5.2	Siyez Unlarının Antioksidan Kapasitesi .....	67
3.6	Siyez Unlarının Mikroyapısal Özellikleri .....	68
3.7	Olgunlaşmamış Siyez Buğdayında RAMAN ve FT-IR Spektroskopisi ile Siyez Ununun Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi .....	69
3.7.1	Raman ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi .....	69
3.7.2	FTIR (Fourier Dönüştürümlü kızılötesi spektroskopisi) ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi .....	70
3.8	Siyez Unlarının Termal Özellikleri .....	71
3.9	Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Prebiyotik Potansiyeli .....	72
3.9.1	Yoğurt Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri .....	73
3.9.2	Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özellikleri .....	78
3.9.3	Yoğurt Örneklerinin Duyusal Özellikleri .....	80
3.9.4	Yoğurtların Mikrobiyolojik Özellikleri .....	85
3.10	Olgunlaşmamış ve Olgunlaşmış Siyez Buğdayı Unu Kullanılarak Üretilen Ekmeklerin Özellikleri .....	87
3.10.1	Üretilen Ekmek Örneklerinin Tekstürel Özellikleri .....	89
3.10.2	Üretilen Ekmek Örneklerinin Spesifik Hacimleri .....	91
3.10.3	Üretilen Ekmek Örneklerinin Renk Değerleri .....	94
3.10.4	Üretilen Ekmek Örneklerinin Duyusal Özellikleri .....	99
<b>4</b>	<b>SONUÇ</b> .....	<b>102</b>
4.1	Sonuç ve Öneriler .....	102
	<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>104</b>
	<b>TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR</b> .....	<b>111</b>

## SİMGE LİSTESİ

---

NH <sub>4</sub> Ac	Amonyum Asetat
Cu	Bakır
Cu <sub>2</sub> Cl	Bakır (II) Klorür
Zn	Çinko
Fe	Demir
G'	Elastik Modül
P	Fosfor
g	Gram
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
HCl	Hidroklorik Asit
Ca	Kalsiyum
kg	Kilogram
η*	Kompleks Viskozite
Cr	Krom
L	Litre
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
μg	Mikrogram
mg	Miligram
mL	Mililitre
Nc	Neocuproine
HNO <sub>3</sub>	Nitrik Asit
K	Potasyum
KOH	Potasyum Hidroksit
s	Saniye
°C	Santigrat
cm	Santimetre
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum Karbonat
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik Asit
G''	Viskoz Modül

## KISALTMA LİSTESİ

---

dak	Dakika
DPPH	2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil
FN	Düşme Sayısı (Falling Number)
FTIR	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GI	Glisemik İndeks
km	Kurumadde
kob	Koloni Oluşturan Birim
LAB	Laktik Asit Bakterisi
NTSU	Normal Tam Siyez Unu
OTSU	Olgunlaşmamış Tam Siyez Unu
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TBU	Tam Buğday Unu
TE	Troloks Eşdeğeri
Tip 1	Tip 1 Ekişi Hamur
Tip 2	Tip 2 Ekişi Hamur
TM	Ticari Maya
TPA	Tekstür Profil Analizi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 1.1</b>	Bereketli Hilal: Dünyanın en eski tarım topluluklarından bazılarının ortaya çıktığı bölge .....	18
<b>Şekil 2.1</b>	Tohumluk siyez buğdayı.....	31
<b>Şekil 2.2</b>	Siyez ekimi yapılan yerin (Devrekani) lokasyonu.....	32
<b>Şekil 2.3</b>	Başak vermiş siyez buğdayları.....	32
<b>Şekil 2.4</b>	Yarısı olgunlaşmamış halde iken hasat edilmiş siyez tarlası .....	33
<b>Şekil 2.5</b>	Yoğurt üretim akış şeması .....	42
<b>Şekil 2.6</b>	Tip 1 (a) ve Tip 2 (b) ekşi hamur örnekleri .....	47
<b>Şekil 3.1</b>	Olgunlaşmamış siyez buğdayı başakları .....	51
<b>Şekil 3.2</b>	Yarısı olgunlaşmamış halde iken hasat edilmiş siyez tarlası .....	52
<b>Şekil 3.3</b>	Olgunlaşmamış siyez unu farinograf grafiği.....	64
<b>Şekil 3.4</b>	Olgunlaşmış siyez unu farinograf grafiği .....	64
<b>Şekil 3.5</b>	Siyez unlarının viskoelastik özellikleri .....	66
<b>Şekil 3.6</b>	Olgunlaşmamış siyez unlarının SEM görüntüsü.....	69
<b>Şekil 3.7</b>	Olgunlaşmış siyez unlarının SEM görüntüsü .....	69
<b>Şekil 3.8</b>	Siyez unlarının Raman spektrumları.....	70
<b>Şekil 3.9</b>	Siyez unlarının FTIR spektrumları .....	71
<b>Şekil 3.10</b>	Siyez unlarının termal özellikleri.....	72
<b>Şekil 3.11</b>	Yoğurt örneklerinin pH değerlerinin 4,6'ya düşme süreleri .....	74
<b>Şekil 3.12</b>	Yoğurt örneklerinde depolama boyunca mikrobiyolojik değişim .....	86
<b>Şekil 3.13</b>	Ticari maya kullanılarak üretilen ekmek örnekleri .....	88
<b>Şekil 3.14</b>	Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek örnekleri.....	88
<b>Şekil 3.15</b>	Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek örnekleri .....	89

## TABLO LİSTESİ

---

<b>Tablo 2.1</b>	Mikrodalga çözümlendirme programına ait sıcaklık programı .....	35
<b>Tablo 2.2</b>	Deneme yoğurt üretimi ve kullanılan suşlar .....	43
<b>Tablo 2.3</b>	Mikrobiyolojik analiz koşulları.....	45
<b>Tablo 2.4</b>	Duyusal analiz formu .....	46
<b>Tablo 3.1</b>	Siyez buğdayları ve unlarının fizikokimyasal özellikleri .....	58
<b>Tablo 3.2</b>	Siyez unlarının mineral madde içeriği. ....	59
<b>Tablo 3.3</b>	Siyez unlarının nişasta ve diyet lifi içeriği.....	62
<b>Tablo 3.4</b>	Siyez unlarının empirik reolojik özellikleri .....	65
<b>Tablo 3.5</b>	Siyez unlarının biyoaktif özellikleri.....	67
<b>Tablo 3.6</b>	Yoğurt üretiminde kullanılan çiğ sütün fizikokimyasal sonuçları.....	73
<b>Tablo 3.7</b>	Yoğurt üretiminde kullanılan bakterilerin inokülasyon sayıları .....	73
<b>Tablo 3.8</b>	Yoğurt örneklerinin depolama boyunca fizikokimyasal özellikleri....	76
<b>Tablo 3.9</b>	Yoğurt örneklerinin depolama boyunca tekstürel özellikleri.....	80
<b>Tablo 3.10</b>	Yoğurt örneklerinin depolama boyunca duyuşal özellikleri.....	83
<b>Tablo 3.11</b>	Yoğurt örneklerinin depolama boyunca mikrobiyolojik özellikleri ...	85
<b>Tablo 3.12</b>	Üretilen ekmek örneklerinin tekstürel profil analizi .....	90
<b>Tablo 3.13</b>	Üretilen ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri.....	92
<b>Tablo 3.14</b>	Üretilen ekmek örneklerinin renk değerleri .....	95
<b>Tablo 3.15</b>	Üretilen ekmek örneklerinin duyuşal özellikleri.....	100

## **Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Fizikokimyasal, Besinsel ve Prebiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi**

Mehmet Fatih ERKÖLENCİK

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Muhammet ARICI

Son yıllarda tüketiciler, daha doğal, kolay sindirilebilir ve düşük kalorili ürünlere yönelmiştir. Bu durum tahıl yetiştiriciliğinde, ürün çeşitliliğini, kalitesini artırmaya ancak kalori değerini düşürmeye yönelik yeni yaklaşımlar oluşmuştur. Olgunlaşmamış siyez buğdayı doğal, yüksek lif içeriğine sahip kıymetli bir tahıl çeşididir. Olgunlaşmamış tahıllar genel olarak yüksek oligosakkarit içeriğine sahip, doğal lif içeriği yüksek sindirimi kolay ve sindirim sistemi için faydalı gıda ürünleridir.

Bu çalışmada, siyez buğdayının tam olgunlaşma evresine geçmeden önce hasat edilerek daha yüksek lif içeriğine sahip katma değeri yüksek, insan gıdası olarak tüketilebilen ürünlere dönüştürülmesi araştırılmıştır. Olgunlaşmamış siyez buğdayı eldesinde sarı olum evresini tamamlamamış siyez buğday başakları hasat edilerek kurutulmuştur. Kurutulan daneler kavuzlarından çıkarılmış hem dane özellikleri incelenmiş hem de öğütülerek tam siyez buğday unu haline getirilerek un özellikleri fizikokimyasal, besinsel, biyokimyasal açıdan araştırılmıştır. Probiyotik bakteriler

için uygun besiyeri olup olmadığı hususu araştırılmış ve prebiyotik özellikleri tespit edilmiştir.

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday danelerinin bin dane ve hektolitre ağırlığı sırasıyla  $23,25 \pm 1,06$ - $32,29 \pm 1,58$  ve  $72,32 \pm 3,08$ - $79,11 \pm 4,09$  kg/hL olarak tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarının kül ve protein miktarları kuru madde bazında sırasıyla %2,53-%2,04 ve %10,04 $\pm$ 0,18-%11,31 $\pm$ 0,35 olarak belirlenmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Olgunlaşmamış tam siyez ununun toplam nişasta, dirençli nişasta ve dirençli olmayan nişasta miktarları ile K, Fe ve Mg miktarları olgunlaşmış tam siyez ununa kıyasla daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Olgunlaşmamış siyez ununun toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan özelliği olgunlaşmış siyez ununa göre daha yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. Yoğurt üretiminde %1 düzeyinde olgunlaşmamış tam siyez unu ilavesinin probiyotik *Lactobacillus acidophilus* gelişimini teşvik ettiği dolayısıyla prebiyotik etkisinin olabileceği belirlenmiştir. Ayrıca ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılabilmesini ve ekmekçilik teknolojisi açısından yeni bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

Sonuç olarak, bu araştırma ile olgunlaşmamış siyez buğdayının teknolojik özellikleri düşük olsa da üstün biyoaktif, besinsel ve prebiyotik özellikleri olduğu tespit edilmiştir ve yapılacak yeni çalışmalarla olgunlaşmamış siyezden katma değeri yüksek ürünlerin üretilebileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Siyez buğdayı, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları, fizikokimyasal özellikler, prebiyotik özellikler, biyoaktif özellikler

# **Determination of Physicochemical, Nutritional and Prebiotic Properties of Immature Einkorn Wheat**

Mehmet Fatih ERKÖLENCİK

Department of Food Engineering

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Muhammet ARICI

In response to a contemporary shift towards natural, easily digestible, and low-calorie products, this study explores a novel approach in grain cultivation, focusing on immature einkorn wheat—a valuable grain type renowned for its natural high fiber content. The investigation posits that harvesting einkorn wheat before full ripening can yield products with elevated fiber content, increased added value, and suitability for human consumption.

The study involves harvesting einkorn wheat ears before the completion of yellow maturation, followed by drying and examination of the resulting properties. The dried grains are ground into whole einkorn wheat flour, and an in-depth analysis ensues, covering physicochemical, nutritional, and biochemical aspects. Notably, the study explores the potential of immature einkorn as a medium for probiotic bacteria, determining its prebiotic properties.

The thousand grain and hectoliter weight of immature and mature einkorn wheat grains were determined as  $23.25 \pm 1.06$ - $32.29 \pm 1.58$  and  $72.32 \pm 3.08$ - $79.11 \pm 4.09$  kg/hL, respectively ( $P \leq 0.05$ ). The ash and protein amounts of immature and mature whole einkorn wheat flours were determined as 2.53%-2.04% and  $10.04\% \pm 0.18$ -

11.31%±0.35 on dry matter basis, respectively( $P\leq 0.05$ ). Total starch, resistant starch and non-resistant starch amounts, as well as K, Fe and Mg amounts of immature whole einkorn flour were determined higher than mature one( $P\leq 0.05$ ). The total phenolic content and antioxidant properties of immature einkorn flour were found higher than mature one. Practical applications of immature einkorn include its use in yogurt production, where a 1% addition fosters the development of probiotic *Lactobacillus acidophilus*, suggesting a prebiotic effect. The study also suggests the incorporation of immature einkorn flour in bread production as a novel alternative in bread-making technology.

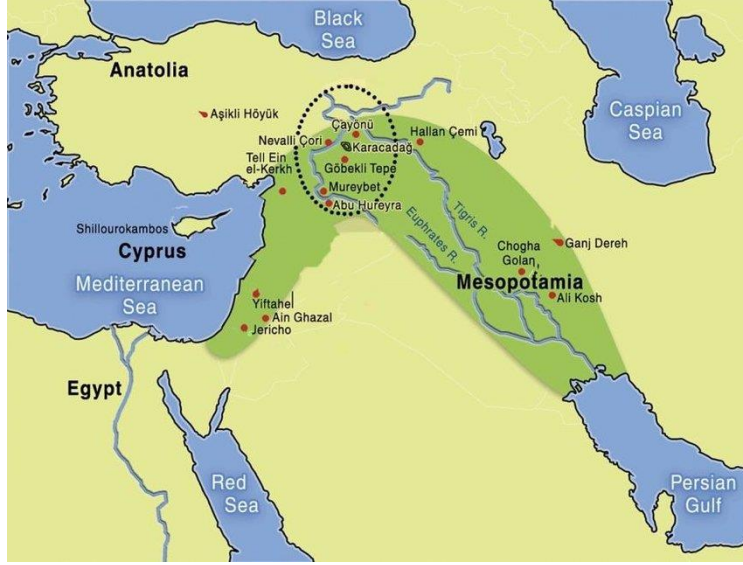
In conclusion, despite lower technological properties, immature einkorn wheat emerges as a source with superior bioactive, nutritional, and prebiotic characteristics. This research envisions the production of high value-added products from immature einkorn, paving the way for further exploration in future studies.

**Keywords:** Einkorn wheat, immature and mature whole einkorn flours, physicochemical properties, prebiotic properties, bioactive properties

## 1.1 Siyez Buğdayının Tarihçesi ve Önemi

Tahıllar, ekonomik ve agronomik açıdan bitkisel üretimdeki en önemli ürün grubunu temsil etmektedir. Tahıllar yaygın olarak tüketilmektedir ve biyolojik aktiviteye sahip bileşenlerin insanlara ulaştırılmasında en önemli kaynaklar arasında yer almaktadır. Tahıllar, protein ve enerji kaynağı açısından oldukça zengindir ve dünyanın birçok ülkesinde temel enerji kaynağı olarak tahıllardan üretilen ekmek tüketilmektedir. Emmer (kavılca buğdayı), siyez ve kavuzlu buğdaylar, dünyada yetiştirilen en eski *Triticeae* türleri arasındadır ve uzun süredir temel bir gıda maddesini temsil etmektedir. Bununla birlikte, son yıllarda doğal gıdalara ve sürdürülebilir tarıma olan eğilimin artması ve eski gıdaların ve tatların keşfedilmesi, bu tip eski türlere olan ilginin yeniden artmasına neden olmuştur [1].

Siyez buğdayı (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) makarnalık (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) ve ekmeklik (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) buğdayların yakın akrabasıdır ve diploid ( $2n = 2x = 14$ ) hücre yapısında kabuklu bir buğdaydır [2]. Siyez buğdayı, yaklaşık 10.000 yıl önce Bereketli Hilal'de (Şekil 1), büyük olasılıkla Karacadağ (Türkiye) yöresinde ilk defa kültüre alınmıştır [3] ve Tarım Devrimi sırasında Avrupa ülkelerine yayılmıştır. Arkeolojik kanıtlar ve Similaun Iceman kolonu, birkaç bin yıl boyunca siyezin Avrupalı çiftçilerin temel gıda maddesi olduğunu göstermektedir [4]. Tunç Çağı boyunca ulaşılabilir yeni ve daha yüksek verimli tetraploid ve hekzaploid buğdayların kullanılması, siyez buğdayının temel gıda maddesi olarak kullanımını azaltmıştır, sınırlı alanlarda yetiştirilmiştir ve giderek hayvan yemi olarak kullanımı yaygınlaşmıştır [2]. Günümüzde siyez buğdayı Kastamonu, Bolu ve Bilecik gibi Türkiye'nin sınırlı bölgelerinde yetiştirilmektedir [5].



**Şekil 1.1** Bereketli Hilal: Dünyanın en eski tarım topluluklarından bazılarının ortaya çıktığı bölge [6].

### 1.1.1 Siyez Buğdayının Besinsel Bileşimi

Tahıl tanesinin büyüklüğü büyük ve ağır tahıl taneleri daha yüksek endosperm oranına ve daha az miktarda dış perikarp ve aleuron tabakasına sahip olduğu için, tahılın bileşimsel ve niteliksel özellikler üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir [2]. Siyez buğdayının embriyo oranı (%3,1) ekmeklik buğdaya (%2,9) kıyasla marjinal olarak büyüktür, ancak kepek (%22,9'a karşı %16) ve endosperm (%74,0'a karşı %81) oranlarında ise daha büyük farklılıklar mevcuttur [7]. Siyez buğdayının kepek oranının yüksek olması 1000 dane ağırlığının 25-28 g aralığında olan daha küçük dane yapısıyla ilişkilidir; bununla birlikte ekmeklik buğday için 1000 dane ağırlığının ortama olarak 34,9 g'a kadar ulaştığı belirtilmektedir [2].

#### 1.1.1.1 Siyez Buğdayının Nişasta, Diyet lifi ve Şeker İçeriği

Nişasta tahıl endosperminin temel bileşenidir ve tahılların gelişim süreci boyunca endospermde birikmektedir. Unun ve türevi gıdaların kalitesi, tekstürü ve besinsel özellikleri nişasta yapısı, içeriği ve bileşiminden etkilenmektedir [2]. Nişasta doğrusal bir yapıya sahip amiloz ve dallanmış bir yapıya sahip amilopektin birimlerinden meydana gelmektedir. Amiloz birimleri glikoz moleküllerinin yapıya  $\alpha(1-4)$  glikozidik bağlar ile doğrusal olarak bağlanmasıyla oluşmuştur. Buna karşılık amilopektin birimleri ise glikoz birimlerinin omurga yapısına  $\alpha(1-4)$  glikozidik bağlar ile doğrusal olarak bağlanması ve ana her 24-30 glikoz

monomerinden birinde  $\alpha(1-6)$  bağlarıyla bağlanarak dallanmış yapıdan oluşmaktadır. Sindirim sırasında, nişasta  $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz vasıtasıyla parçalanmaktadır ve amiloz birimleri tamamen maltoza hidroliz edilirken amilopektin birimleri ise maltoz (% 60) ve dekstrin (% 40) ünitelerine dönüşmektedir [8].

Siyez buğdayı (*T. monococcum*) ortalama olarak 655 g/kg düzeyinde nişasta içeriğine sahiptir ve nişasta içeriği yaklaşık 581-714 g/kg arasında değişmektedir. Ekmeklik buğdayda (*T. aestivum*) ise ortalama nişasta içeriği siyez buğdayına kıyasla daha yüksek olup 685 g/kg düzeyindedir ve genel olarak ekmeklik buğdayın nişasta içeriği 630-750 g/kg arasında değişmektedir [2].

Diyet lifleri ince bağırsakta sindirime ve emilime dirençli, kalın bağırsakta ise tamamen veya kısmen fermente edilebilen bitkilerin yenilebilir kısımlarıdır ve bu bakımdan buğday taneleri iyi bir diyet lifi kaynağıdır. Diyet lifi, tüm sindirilmeyen karbonhidratları, yani nişasta olmayan polisakkaritleri, dirençli nişastayı, üç veya daha fazla monomerik üniteye sahip dirençli oligosakkaritleri ve diyet lifi polisakkaritleri, özellikle de lignin ile ilişkili diğer sindirilmeyen ancak niceliksel olarak küçük bileşenleri içermektedir [2]. Diyet lifleri gıdaların bağırsaktan geçişini kolaylaştırmak, bağırsak mikrobiyotasının sayısının artması, şekerler gibi besin maddelerinin emilimini düzenlemek, plazma kolesterolünü ve glisemik yanıtı düşürmek, kanser, kalp hastalığı, hipertansiyon ve obezite riskini azaltmak gibi pozitif etkileri mevcuttur [9-12]. Genel olarak siyez buğdayının toplam diyet lifi içeriği düşüktür [2]. Abdel-Aal vd. [13] siyez buğdayının diyet lifi miktarını 100 g/kg'dan daha düşük düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Loje vd. [14] ve Gebruers vd. [9] siyez buğdayının diyet lifi içeriği ortalama olarak 110 g/kg düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Diğer kabuklu buğdayların (emmer ve spelt) diyet lifi içeriği siyez buğdayı ile benzerdir [2].

Olgun siyez tanelerindeki şeker seviyeleri hakkında çok az şey bilinmektedir [2]. Bununla birlikte Abdel-Aal vd. [13] bir siyez örneğinde çözünebilir şeker içeriğinin 26,7 g/kg olduğunu, *T. aestivum* örneklerinde ise 16,9–32,9 g/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Hidalgo ve Brandolini [15], üç siyezden oluşan rafine unlardaki indirgeyici şekerler fruktoz, glukoz ve maltozun 1,2 g/kg olduğunu, sakkarozun ise daha bol olduğunu (5,6 g/kg) bildirmişlerdir.

### **1.1.1.2 Siyez Buğdayının Protein İçeriği**

Protein içeriği ve bileşimi, tahılların besinsel ve teknolojik değerlerinin temel unsurlarıdır. Proteinler suda çözünebilen metabolik proteinler (toplam proteinlerin %15-25'i) ve suda çözünmeyen glüten formundaki depolama proteinleri (toplam proteinlerin %75-85) olarak ikiye ayrılmaktadır. Siyez taneleri yüksek protein içeriğine sahiptir [2]. Brandolini vd. [16] 65 farklı siyez üzerine yaptıkları çalışmada protein miktarını ortalama 182 g/kg olarak rapor etmişlerdir ve bazı siyezlerde protein içeriğinin 200 g/kg'dan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Grausgruber vd. [17] 25 farklı siyez buğdayının protein içeriğinin 181 g/kg düzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde siyez buğday tanelerindeki yüksek protein içeriği literatürde birçok çalışmada bildirilmiştir [13, 18, 19]. Siyez buğdayının protein içeriği genel olarak ekmeklik buğday, durum buğdayı, emmer ve kılçıksız buğdaydan daha fazladır [2]. Bu durum siyez tanelerinin boyutunun küçültülmesiyle ilişkilendirilmiş olsa da aynı zamanda endosperm, başta depolama proteinleri olmak üzere, iyi bir protein kaynağıdır. Bununla birlikte siyez depo proteinleri zayıf ekmek üretim özelliklerine sahiptir, ancak yüksek ekmek yapma kalitesine sahip siyez türleri de tespit edilmiştir [2]. Yine de siyez ununun kurabiye hazırlamak için ideal olduğu ve kaliteli makarna üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir [2].

Beslenme açısından bakıldığında, protein kalitesi amino asit içeriğine, esansiyel amino asitlerin oranına, sindirim sırasında hidrolize duyarlılığa ve emilim sonrasında fizyolojik kullanım oranına bağlıdır. Gıdanın işlenmesi ve diyetin diğer bileşenleriyle etkileşimi aminoasitlerin kullanılabilirliğini etkilemektedir. Buğdayın depo proteinleri, insan beslenmesi için gerekli olan lizin gibi bazı amino asitler açısından fakir, glutamik asit ve prolin açısından ise zengindir. Bu durum siyez buğdayı içinde geçerlidir. Genel olarak siyez buğdayının aminoasit bileşimi poliploid buğdaylarınkine oldukça benzerdir [2].

### **1.1.1.3 Siyez Buğdayının Lipit İçeriği**

Siyez ve ekmeklik buğday embriyolarının göreceli oranları benzer olmasına rağmen siyez, ekmeklik buğdaydan %50 daha yüksek bir lipit içeriğine sahiptir [19]. Yağ asidi kompozisyon analizi siyez buğdayının 14 farklı yağ asidine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Linoleik asit, oleik asit ve palmitik asit siyez buğdayında en bol

bulunan yağ asitleridir. Ekmeklik buğdayda da linoleik asit yaygın yağ asididir, ancak palmitik asit oleik asitten daha fazla bulunurken diğer yağ asitleri buğday türleri arasında benzer oranlarda bulunmaktadır. Sonuç olarak, siyez lipitleri ekmeklik buğdaya göre daha yüksek tekli doymamış yağ asitlerine (MUFA), daha düşük çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) ve daha düşük doymuş yağ asitlerine (SFA) sahiptir [19]. Beslenme açısından bakıldığında, gıdalardaki yüksek MUFA ve PUFA konsantrasyonları, düşük SFA içeriği, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesine katkıda bulunur, çünkü MUFA ve PUFA, lipit ve kolesterol sentezini etkileyerek tromboz ve ateroskleroz risklerini azaltır; Teknolojik açıdan bakıldığında, yüksek MUFA ve düşük PUFA içerikleri, oksidasyona karşı daha iyi stabilite ve daha uzun ürün raf ömrü sağlar [19].

#### **1.1.1.4 Siyez Buğdayının Vitamin ve Fenolik Bileşik İçerikleri**

Vitaminler organizmaların sınırlı miktarlarda ihtiyaç duyduğu organik bileşiklerdir; suda çözümlü veya yağda çözümlü olarak sınıflandırılmaktadırlar. Folat (folik asit), sağlıklı kırmızı kan hücrelerinin üretimi ve aneminin önlenmesinin yanı sıra fetüsteki nöral tüp defektlerinin önlenmesi de dahil olmak üzere çok sayıda fonksiyon için önemli olan B9 vitamininin suda çözümlü bir formudur [2]. Yapılan bir çalışmada beş farklı siyezin folat içeriğinin 429–678 µg/kg arasında, 150 farklı ekmeklik buğday çeşidi içinse folat içeriğinin 323–774 µg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir [20].

Karotenoidler yağda çözümlü antioksidanlardır. α-karoten ve β-karoten gibi bazı karotenoidler birçok biyolojik fonksiyon için gerekli olan A vitamininin biosentezinde yer almaktadır [2]. Rafine siyez unu, poliploid buğdaylardan daha yüksek düzeylerde karotenoid içeriğine sahiptir [2]. *Triticum* türleri için karotenoidlerin çoğunlukla luteinden (>%90) oluştuğu bildirilmiştir [21].

Tokoller (E vitamini), iki sınıfta (tokoferoller ve tokotrienoller) gruplandırılmış ve dört türevi (α, β, γ ve δ) içeren, yağda çözümlü antioksidanlardır [2]. Tokoller serbest radikalleri söndürme yeteneğine sahiptir, böylece hücre zarlarının PUFA'sını hasardan korumaktadır. Siyez kepekli ununun toplam tokol içeriği ortalama olarak 77,96 mg/kg, maksimum değerinin ise 115,85 mg/kg düzeyde olduğu ve ekmeklik ve makarnalık buğdaylardan daha yüksektir düzeyde olduğu bildirilmiştir [22]. Siyez buğdayında β-tokotrienol en bol bulunan bileşiktir

(toplamın %61,9'u), bunu  $\alpha$ -tokotrienol (%16,4),  $\alpha$ -tokoferol (%15,6) ve  $\beta$ -tokoferol (%6,1) takip etmektedir [22].

Polifenoller (fenolik asitler, flavonoidler ve lignanlar), bitki büyümesi ve üremesi için gerekli olan bitki metabolitleridir ve bitki patojenlerine karşı bir tepki olarak üretilmektedirler. İnsanlarda koroner kalp hastalığı, felç ve kanser gibi oksidatif hasara neden olan hastalıklara karşı potansiyel olarak koruyucu bir rol oynarlar [2]. Polifenoller çoğunlukla buğday çekirdeğinin dış katmanlarında lokalize olup, çözünür serbest, çözünür bağlı ve çözünmez bağlı formlarda bulunurlar. Selüloz, lignin ve proteinler gibi hücre duvarı yapısal bileşenlerine bağlı çözünmeyen bağlı fenoller, çözünür formlardan daha fazladır; ancak çözünür formlar insan bağırsağı tarafından daha kolay emilir [23]. Hem çözünür hem de çözünmeyen fraksiyonların ana fenolik bileşeni ferulik asittir [24]. Siyez buğdayı ve ekmeklik buğday benzer serbest toplam polifenol ve toplam fenolik asit içeriklerine sahiptir [2].

#### **1.1.1.5 Siyez Buğdayının Mineral Madde İçeriği**

Tahıllar ve tahıl bazlı gıdalar, insanın günlük kalori alımının çoğuna katkıda bulunmanın yanı sıra, önemli miktarda mineral de sağlamaktadır. Bazı mikro ve makro besinlerin (örneğin demir ve çinko) birincil kaynağı oldukları için özellikle bazı gelişmekte olan ülkelerde rolleri son derece önemlidir. Tahıllar ve özellikle bunların rafine edilmiş unları, bu bileşiklerden bazılarının konsantrasyonu ve biyoyararlanımı açısından zayıftır ve bu nedenle çeşitli bir diyetle tüketilmediğinde insanın günlük ihtiyaçlarını karşılamada başarısız olabilir; bunun sonucunda dünya nüfusunun yaklaşık yarısı mikro besin eksikliğinden mustarıdır [2]. Siyez buğdayı iyi bir mikro besin kaynağı olarak kabul edilmektedir. Yapılan bir çalışmada siyez buğdayının Zn, Fe, Cu, Mn, Ca, Mg, K ve P açısından ekmeklik buğdaydan daha zengin olduğu bildirilmiştir [25].

#### **1.1.2 Siyez Buğdayı ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Emeksizoglu [26] yaptığı çalışmada, Kastamonu civarında otuz farklı köyden siyez buğdayı toplanarak fizikokimyasal ve antioksidan özelliklerini araştırmıştır. Siyez buğdaylarının protein içeriğinin %11,19-17,70 arasında değiştiği belirtilmiştir. Gluten miktarlarının ise %19,30 ile %46,30 arasında geniş bir salınım gösterdiği bildirilmiştir. Siyez buğdayının sarı pigment, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitesi diğer buğday çeşitlerine göre daha yüksek bulunduğu

belirtilmiştir. Siyez buğdaylarından erişte ve bazlama yapılmış olup eriştelerin duyuusal açıdan daha çok tercih edildiği bildirilmiştir.

Şaban ve Şentop [27] yaptıkları çalışmada Kastamonu iline ait 20 farklı bölgeden siyez buğdayları temin ederek kimyasal ve fiziksel özellikleri ile mineral madde içeriklerini belirlemişlerdir. Siyez buğdaylarında ortalama %2,35 kül, %2,88 yağ, %14,22 protein ve %71,63 karbonhidrat içeriği tespit edilmiştir. Siyez buğdaylarının mineral madde içeriklerinin durum buğdayı ve ekmeklik buğdaydan daha zengin olduğu bildirilmiştir. Ayrıca siyez buğdayının sahip olduğu zengin besin bileşimleri nedeniyle fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarında alternatif olabileceği vurgulanmıştır.

Brandolini vd. [16] yaptıkları çalışmada İtalya'da yetiştirilen 65 siyez çeşidinin bileşimini ve reolojik (pasting) özelliklerini belirlemişlerdir ve elde edilen sonuçları sekiz farklı *Triticum turgidum* ve yedi farklı *Triticum aestivum* çeşidi ile kıyaslamışlardır. Siyez buğdaylarının ortalama olarak yüksek protein içeriği (%18,2), yüksek kül içeriği (%2,35), düşük SDS sedimantasyon hacmi (25,6 ml), yüksek karotenoid miktarı (8,36 µg/g) ve yüksek sarı pigmentler (8,46 µg/g) özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir. Amiloz ve nişasta içeriğinin sırasıyla %25,7 ve %65,5 olduğu belirtilmiştir. Analiz edilen tüm özellikler için siyez buğdaylarının kontroller buğday çeşitlerine göre önemli farklılıklara sahip olduğu belirtilmiştir. Siyez buğdayının yüksek protein ve karotenoid içeriği ile iyi yapıştırma özellikleri nedeniyle özellikle bebek ve özel gıdaların üretimi için uygun olduğu vurgulanmıştır.

Loje vd. [14] on farklı siyez çeşidinin (22 örnek) kimyasal bileşimini ve fonksiyonel özelliklerini değerlendirmişlerdir ve iki emmer, üç kıvıllı buğday ve bir ekmeklik buğday çeşidi ile karşılaştırmışlardır. Kabuğu soyulmuş siyez numuneleri genellikle küçük danelere, çok yumuşak endosperm dokusuna, yüksek kül içeriğine, değişken protein içeriğine (%10,3–19,5 km) ve düşük (1→3;1→4)-β-glukan içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir. Siyez buğdaylarının toplam diyet lifi içeriğinin ekmeklik buğdaya kıyasla daha düşük olduğu bildirilmiştir. Siyez örneklerinin çoğunun yüksek düşme sayısına (ortalama 362 saniye) ve yüksek amilograf viskozitelerine (ortalama 1185 BU) sahip olduğu bildirilmiştir.

Hidalgo ve Brandolini [7] yaptıkları çalışmada iki siyez ve bir ekmeklik buğdayın tanelerinde protein, kül, lutein, tokoferoller ve tokotrienollerin embriyo, kepek ve endosperm kısımlarındaki dağılımını incelenmişlerdir. Siyez buğday çeşitlerinin belirtilen bileşikleri daha yüksek düzeyde içerdiği bildirilmiştir. Tanelerin protein, lutein,  $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -tokoferol ve toplam tokol konsantrasyonunun yüksek olduğu belirtilmiştir. Buğdayların kül,  $\alpha$ -tokotrienol ve  $\beta$ -tokotrienol seviyelerinin kepek fraksiyonunda en yüksek düzeyde olduğu, ancak aynı zamanda tanede ve tokotrienoller için unda da önemli miktarlar tespit edildiği bildirilmiştir. Son olarak buğdaylardan elde edilmiş unların çekirdeğin besin değerini yüksek oranda koruduğu vurgulanmıştır.

Piasecka vd. [28] yaptıkları çalışmada, Polonya pazarında mevcut olan siyezden üretilen organik ununun fizikokimyasal özelliklerini (protein içeriği, gluten verimi ve kalitesi) ve siyez unundan elde edilen hamurun reolojik özelliklerini belirlemişlerdir. Siyez ununun test partisindeki protein kalitesinin çok düşük olduğu, yaş gluten miktarının ekmek unu için gereken minimum seviyeden (%25) önemli ölçüde düşük olduğu tespit edilmiştir. Siyez hamurunun reolojik (farinograf) özelliklerinin zayıf olduğu belirtilmiştir. Siyez ekmeğinin kalitesini arttırmak için ekşi hamur teknolojisinin starter kültürle birlikte uygulanmasının daha iyi olacağı belirtilmiştir. Son olarak siyez ununun, fenolik bileşik içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin yüksek olması nedeniyle ekmek üretiminde fonksiyonellik kazandıracığı vurgulanmıştır.

Izambaeva vd. [29] yaptıkları çalışmada kepekli siyez buğday ununun kül içeriğini (23 g/kg), amilaz aktivitesini (374 s) ve yaş gluten verimini (10 g/kg) belirlemişlerdir. Kepekli siyez ununun gliadin ve glutenin fraksiyonlarının sırasıyla 3,0 g/kg ve 2,4 g/kg olduğunu bildirmişlerdir. Diyet lifi miktarının ise 1,163 g/kg olduğu, ancak 23,1 g/kg'ın çözünebilir lif ve 93,2 g/kg'ın ise çözünmez lif olduğu bildirilmiştir. Siyez buğdayı ununun dengeli bir amino asit bileşimine sahip olduğu belirtilmiştir. Siyez tam buğday unu ve siyez tam buğday ekmeğinin linoleik ve oleik asitçe zengin olduğu belirtilmiştir. Ayrıca siyez tam buğday ununun yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir.

Belcar vd. [30] siyez, emmer ve kavuzlu buğday çeşitlerinin dane ve unlarının teknolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Siyez ve emmer tanelerinin birbirine yakın değerler gösterdiği, ancak kavuzlu buğdaydan daha düşük değerlere sahip

olduğu belirtilmiştir. Tahılların una öğütülmesiyle elde edilen unlar arasında da benzer bulguların olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte hamur yoğurma ve fermantasyon sürecinde yeterli modifikasyonlar yapılarak eski buğday tanelerinden yüksek kaliteli unlu mamuller üretmenin mümkün olacağı belirtilmiştir.

Turhan ve Kurnaz [31] yaptıkları çalışmada Kastamonu'nun farklı ekim alanlarından toplanan yirmi bir siyez örneğinin makromineral (Na, Mg, Ca ve K) ve mikromineral (Cr, Cu, Fe, Mn ve Zn) içeriklerini belirlemiştir. Siyez numunelerinin ortalama K (3712, mg/kg), Ca (1303, mg/kg), Mg (656, mg/kg), Na (53, mg/kg), Fe (167, mg/kg), Zn (34, mg/kg), Mn (29, mg/kg), Cr (0,7, mg/kg) ve Cu (0,6, mg/kg) konsantrasyonlarına sahip olduğu belirtilmiştir. Literatür karşılaştırması, incelenen siyez örneklerinin ülkemizde ve farklı ülkelerde yetiştirilen siyez, emmer, kılçıksız buğday, karabuğday ve makarnalık buğday örneklerine göre Ca ve Fe içerikleri açısından daha zengin olduğunu ortaya koymuştur.

Ekmeğin fonksiyonel ve besinsel özelliklerini geliştirmek amacıyla çimlendirilmiş ve işlenmemiş eski buğdaylar (siyez ve emmer) ile modern (Esperia) buğday unları (%0, 5, 10, 15 ve 20) kullanılmıştır [32]. Buğday çeşitlerinin çimlendirilmiş formda kullanılması ekmeğin kül, toplam diyet lifi, toplam sarı pigment, toplam fenolik içerik, antioksidan aktivite, Ca, Fe ve Mg içeriğini arttırmıştır. Antik buğday ununun (siyez ve emmer) kullanımı, modern ekmeklik buğday ununa kıyasla daha düşük ekmek hacmi sağlamıştır. Çimlendirilmiş buğday unu kullanımı ekmeklerin kabuk ve kırıntı L\* değerlerini düşürürken, a\* ve b\* değerlerini arttırmıştır. Sonuç olarak çimlendirilmiş antik buğday ununun artan oranları ekmeğin fonksiyonel bileşenini ve besin değerini artırmış, aynı zamanda düşük oranda kullanılması ekmeğin teknolojik kalitesine olumlu katkı sağlamıştır.

Biel vd. [33] yaptıkları çalışmada dört buğday türünün (siyez (*Triticum monococcum*), emmer (*Triticum dicoccon*), kızıl buğday (*Triticum spelta*) ve ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*)) kimyasal bileşimini analiz etmişlerdir. Emmer ve siyez buğdaylarının ortalama verimlerinin, ekmeklik buğdayından önemli ölçüde düşük çıktığı belirlenmiştir. Test edilen eski buğdayların protein, lipitler, ham lif ve ham kül açısından ekmeklik buğdaylardan daha zengin olduğu bulunmuştur. Siyez buğdayının önemli ölçüde en yüksek ham protein ve ham kül seviyelerine sahip olduğu belirtilmiştir. Ekmeklik buğday ve kavuzlu buğday

unundan yapılan hamurun, ekmek üretiminde kullanılacak şekilde sınıflandırıldığında daha iyi performans kalitesi gösterdiği belirtilmiştir. Buna karşılık, emmer ve siyez buğdayından elde edilen unlar, kısa hamur geliştirme süresi ve düşük kıvamının yanı sıra yüksek yumuşama nedeniyle pastacılık ürünlerinde kullanılabilceği bildirilmiştir.

Keçeli vd. [5] yaptıkları çalışmada siyez buğdayının ekmek yapımına uygunluğunu belirlemişlerdir. Siyez rafine un ilavesi ekmeğin parlaklık değerini artırırken, tam buğday ununun artan miktarı daha koyu ekmek ile sonuçlanmıştır. Tam buğday unu, içerdiği kepek miktarının fazla olması nedeniyle ekmek hacim değerinde ciddi bir azalmaya yol açtığı belirtilmiştir. Siyez unu ve kepekli un miktarı arttıkça sedimentasyon değerlerinde önemli düşüşler olduğu belirtilmiştir. Siyez, ekmeklik buğday unu ve tam buğday unuyla belirli oranlarda karıştırılarak tüketici talebine uygun ekmek üretiminde kullanılabilceği belirtilmiştir.

Serpen vd. [34] yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilen 18 antik buğday (12 emmer, 6 siyez) ve 2 ekmeklik buğday çeşidi örneklerinin toplam fenolik ve flavonoidleri, fenolik asitleri, lutein, toplam sarı pigmenti ve toplam radikal temizleme kapasitelerini incelemişlerdir. Sağlığa yararlı fitokimyasalların ve toplam antioksidan kapasitelerin emmer ve siyez buğday gruplarında genel olarak önemli ölçüde farklı olduğu belirtilmiştir. Emmer buğday çeşitlerinin toplam antioksidan aktivite, toplam fenolikler, ferulik asit ve flavonoidler açısından daha zengin olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, siyez buğday çeşitlerinin yüksek miktarlarda lutein içeriğine sahip olduğu ve dolayısıyla diyetle siyez bulunmasının karotenoid alımını önemli ölçüde arttıracığı belirtilmiştir. Antik buğday çeşitlerine yönelik bu bulguların, sağlığa faydalı fitokimyasalların daha yüksek konsantrasyona ve daha iyi bileşime sahip olması için buğday çeşitlerinin seçilmesi ve yetiştirilmesine yönelik ıslah programlarının yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Karakaş vd. [35] yaptıkları çalışmada siyez buğdayı, emmer buğdayı, makarnalık buğday ve ekmeklik buğdayının fenolik asit bileşimini (p-kumarik asit, kafeik asit, trans-ferulik asit ve sinapik asit) ve antioksidan potansiyelleri (toplam fenol ve flavonoid içeriği ve serbest radikal temizleme aktivitesi) değerlendirmişlerdir. P-kumarik asit, test edilen tüm buğday çeşitlerinin çimlerinde en bol bulunan bileşik iken trans-ferulik asit, test edilen tüm tahıl tanelerinde en bol bulunan bileşiktir. En yüksek toplam fenolik içerik makarnalık buğdayda tespit edilmiştir. En yüksek

toplam flavonoid içeriği ise siyez buğdayında tespit edilmiştir. Siyez buğdayının, durum buğdayı ve ekmeklik buğday gibi modern buğday türlerine göre daha yüksek fenolik moleküllere, toplam flavonoid içeriğine ve antioksidan potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Siyez buğday çiminin yüksek miktardaki fenolik molekülleri ve güçlü doğal bağışıklık güçlendirici antioksidan aktivitesi ile gelecekte fonksiyonel bir yiyecek/içecek üretim potansiyeline sahip olabileceği belirtilmiştir. Pekirişci vd. [36] yaptıkları çalışmada piyasada satılan siyez bulguru ve firik (olgunlaşmamış buğdaydan üretilen bulgur) örneklerinin fiziksel ve besinsel özelliklerini değerlendirmişlerdir. Firik örneklerinin kül, yağ, serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğinin, antioksidan aktivitenin siyez bulgurundan daha yüksek, protein içeriğinin siyez bulguruna göre daha az olduğunu bildirmişlerdir. Olgunlaşmamış buğdaydan elde edilen firikteki önemli düzeyde fitik asit tespit edildiği belirtilmiştir. Firik örneklerinde toplam sarı pigment, Ca ve Mg içerikleri siyez bulguruna göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki bulgur türünün de besin değeri ve fonksiyonel özellikler açısından üstün özellikler gösterdiği, antik buğday ve olgunlaşmamış durum buğdayının kullanım alanının genişletilmesi ve yeni ürünlere dönüştürülebileceği belirtilmiştir.

Brandolini vd. [37] dört farklı ortamda yetiştirilen iki seçkin siyez (Monlis ve ID331) ve bir ekmeklik buğdayın (Blasco) un ve ekmeklerinin bileşimi ve teknolojik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Siyez buğdayı, proteinler ve sarı pigment açısından ekmeklik buğdaya göre daha zengindir. Siyez buğdayının ve ekmeklik buğdayın teknolojik olarak daha iyi SDS sedimantasyon değerlerine, farinografta daha düşük su absorpsiyonu ile benzer gelişim süresine, stabiliteye ve yumuşama derecesine sahip olduğu belirtilmiştir. Son olarak, 52 saatlik bir raf ömrü denemesi, siyez ekmeğinin daha yumuşak bir dokuya sahip olduğunu, daha uzun süre korunduğunu ve kontrole göre daha yavaş bir retrogradasyona sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle uygun çeşitlerin seçimi ve süreç optimizasyonu, üstün besin değeri ve daha uzun raf ömrüne sahip mükemmel siyez ekmeklerinin üretilmesine olanak tanıyabileceği belirtilmiştir.

Çakır vd. [38] yaptıkları çalışmada, yeni bir ekşi hamur kaynağı olarak siyez unundan üretilen spontan ekşi hamurlarda laktik asit bakterisi (LAB) suşlarının karakterizasyonunu araştırmışlar ve ekşi hamurlu ekmeğin bazı kalite özelliklerini belirlemişlerdir. Laboratuvar koşullarında kendiliğinden fermente edilen siyez ekşi

hamurundan 32 farklı LAB izole edildiği belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular %25 ve %50 siyez unu içeren ekşi hamurlu ekmeğin, %75 ve %100 siyez unu içeren ekmeğe göre daha iyi hacim, özgül hacim ve tekstürel özelliklere sahip olduğunu göstermiştir. Son olarak siyez ekşi hamurunun faydalı bir besin kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

### **1.1.3 Olgunlaşmamış Buğday ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Kim ve Kim [39] yaptıkları çalışmada olgunlaşmamış buğdaydaki antioksidan içerikleri ve antiproliferatif aktiviteler gibi sağlığa faydalı parametreleri olgun buğdayla karşılaştırmışlardır. Olgunlaşmamış buğday başak verdikten 35 gün sonra, olgun buğdaylar ise başak verdikten 45 gün sonra hasat edilmiştir. Olgunlaşmamış buğdayın, olgun buğdaya göre daha yüksek fenolik ve flavonoid içeriğine buna karşılık daha düşük E vitamini içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAC) ile ölçülen antioksidan kapasite değerlerine göre, olgunlaşmamış buğdayın antioksidan kapasitesi olgun buğdaya göre daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Antiproliferasyon analizleriyle olgunlaşmamış buğdayın daha güçlü antiproliferatif aktiviteye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Demirci vd. [40] yaptıkları çalışmada olgunlaşmamış buğday tanesinin, *Lactobacillus acidophilus* NCFM (LNCFM), *Lactocaseibacillus casei* 431 (L431) ve *Lactobacillus acidophilus* 20079 (L20079)'nun soğukta depolanması süresince yoğurtlarda canlılığı üzerine etkisini araştırmışlardır. Ayrıca olgunlaşmamış buğdayın yoğurtların fizikokimyasal, tekstürel ve antioksidan özellikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Yoğurdun olgunlaşmamış buğday ile zenginleştirilmesi, soğukta depolama sırasında LNCFM ve L20079 canlılığını olumlu yönde etkilerken, L431'in canlılığında istatistiksel bir iyileşme gözlenmemiştir. Olgunlaşmamış buğdayın eklenmesi yoğurttaki antioksidan aktiviteyi ve toplam fenolik içeriğini açık bir şekilde arttırmıştır. Olgunlaşmamış buğday ile zenginleştirme probiyotik yoğurtların sertliğini arttırmasına rağmen aynı zamanda yapışkanlık ve viskozite indeksini azaltmıştır. Son olarak olgunlaşmamış buğdayın probiyotik canlılığına katkıda bulunabileceği ve yoğurdun fonksiyonel özelliklerini arttırmak için bir gıda yardımcı maddesi olarak ilave edilebileceği belirtilmiştir.

## 1.2 Tezin Amacı

Siyez buğdayı Türkiye'de sadece Kastamonu yöresinde, özellikle de Taşköprü, İhsangazi, Seydiler ve Devrekani ilçeleri civarında yetiştirilmektedir ve bulgura işlenerek tüketilmektedir. Siyez bulguru, başakları tek daneli olan ve kavuzlu bir yapıya sahip olan siyez buğdayının, kaynatıldıktan sonra kurutulması ve tamamen geleneksel yöntemlerle taş değirmenlerde yarılmaması (kırılma değil) sureti ile elde edilen bir üründür.

Bu çalışma kapsamında, Kastamonu Devrekani'den temin edilen siyez buğdayı tohumları yerel çiftçiler tarafından yine Devrekani'de kışlık olarak ekilecek ve olgunlaşmadan hasat edilecektir. Elde edilecek ürünler fizyokimyasal, besinsel ve prebiyotik özellikleri bakımından incelenecektir. Bu kapsamda olgunlaşmamış siyez buğdayının;

- Fenolik madde tayini
- Antioksidan madde miktarı tayini
- Buğday danelerinin fiziksel özelliklerinin tayini
- Prebiyotik etkisinin belirlenmesi gibi analizler gerçekleştirilecektir.

Siyez buğdayının prebiyotik özellikleri içeriğinde bulunan oligosakkaritlerden kaynaklanmaktadır. Siyez buğdayı olgunlaşmadan hasat edilip, kurutulup un haline getirildiğinden prebiyotik özellikleri korunmakta ve içinde kullanıldığı gıdalara fonksiyonel özellik katmaktadır.

Elde edilecek olgunlaşmamış tam siyez buğday ununun ekmek üretimindeki potansiyel etkilerinin belirlenmesi ve böylece, unlu mamuller, bisküvi, kek, bar, kahvaltılık gevrek, şekerleme, pastacılık, gıda takviyesi hatta et ve süt sanayinde bile yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilen, kaliteli ve uygun fiyatlı doğal bir fonksiyonel gıda yardımcı maddesi eldesi bu tezin konusu ve hedefidir.

## 1.3 Hipotez

Olgunlaşmamış tahıl ürünleri besleyici özelliklerinin yanında fonksiyonel özellikleriyle de ön planda olan yüksek katma değerli gıdalardır. Olgunlaşmamış tahıl ürünleri üzerinde yapılan araştırmaların literatür taraması neticesinde, buğday,

pirinç, yulaf üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak olgunlaşmamış siyez buğdayı ile ilgili herhangi bir literatür çalışmasına rastlanmamıştır. Bundan dolayı, bu tezde olgunlaşmamış siyez buğdayı araştırılacaktır.

Olgunlaşmamış siyez buğdayı, içerisinde bağırsak rahatsızlıkları, sindirim, mide hastalıkları da olmak üzere birçok hastalığın önlenmesi amacıyla tedaviye yardımcı gıda takviyesi olarak kullanılması öngörülmektedir. Siyez buğdayı yerli bir tahıl çeşidimiz olup hem ülke ve millet menfaatleri açısından önemli hem de besin değeri açısından vazgeçilmezdir. Dünya literatüründe olgunlaşmamış siyez buğdayı ile ilgili direkt bir araştırma olmaması da özgünlük açısından oldukça önemlidir.

Olgunlaşmamış siyez buğdayı “firik buğdayı” dışında pek bilinen bir gıda olmadığından tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Ancak olgunlaşmamış siyez buğdayının prebiyotik özellikleri ön plana çıkartılarak insan tüketimine uygun hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Ekmek, yoğurt gibi ürünlerde kullanımıyla bu ürünlerin yüksek prebiyotik özelliğe sahip olacağı öngörülmektedir. Bu kullanımının diğer gıdalarda kullanımına örnek oluşturması beklenmektedir. Türkiye’de Kastamonu yöresine ait siyez buğdaylarının fizikokimyasal, biyoaktif, teknolojik ve prebiyotik profilinin tespitine katkı sağlanacaktır. Bu tez kapsamında olgunlaşmamış siyez buğdayının fizikokimyasal, besinsel ve prebiyotik özellikleri belirlenmiştir.

## 2 MATERYAL VE YÖNTEMLER

### 2.1 Siyez Buğdayının Ekimi ve Bakımı

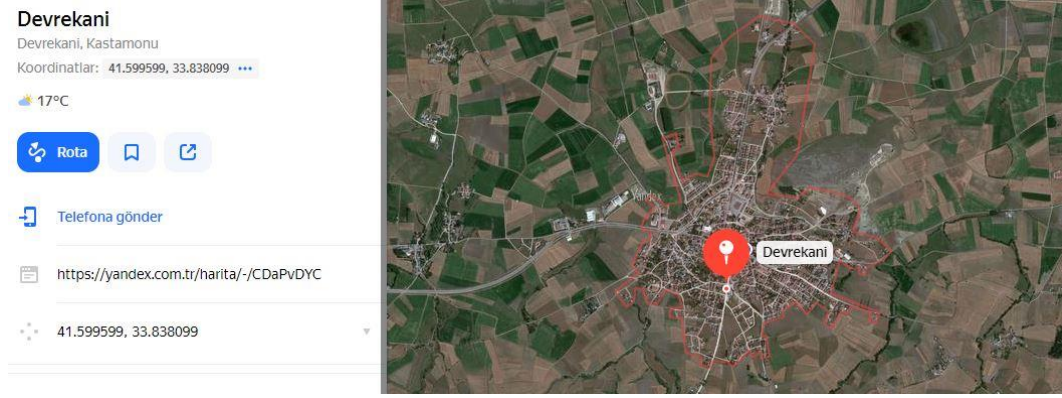
Tohumluk Siyez buğdayı Kastamonu’da faaliyet gösteren çiftçilerden, teze destek veren Reis Tarımsal Ürünler Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından tedarik edilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Tohumluk siyez buğdayı

Temin edilen tohum yabancı ot tohumlarından temizlendikten sonra, Konya Akören ilçesinde, Selçuk Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Eray Tulukçu tarafından, kiralanan 2 x 1.000 m<sup>2</sup> tarlada ekimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.3). Tohumlar çimlendikten ve vejetatif aksam görüldükten sonra, uygun zamanda gübrenmesi ve gerekiyorsa ilaçlama vb. tarımsal faaliyetler yine Prof. Dr. Tulukçu tarafından gerçekleştirilmiştir. Ekimi gerçekleştirilen siyez buğdaylarından uygunsuz iklim şartlarından dolayı 2 yıl üst üste verimli ürün alınamamıştır. Konya Akören’de verim alınamaması ihtimali üzerine aynı tohumlu siyez buğdayından Kastamonu, Devrekani’de ekimi yaptırılmış ve başarılı bir şekilde hasadı gerçekleştirilmiştir

(Şekil 2.4). Çalışmalar Kastamonu Devrekani’de yerli çiftçilere ektirilen 4.000 m<sup>2</sup>’lik tarladan elde edilen hem olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış siyez buğdayları ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.2 Siyez ekimi yapılan yerin (Devrekani) lokasyonu



Şekil 2.3 Başak vermiş siyez buğdayları

## 2.2 Siyez Buğdayının Hasadı, Temizlenmesi ve Kurutulması

Siyezler başak olumuna geçince, sarı olum evresini tamamladığı esnada parselin bir kısmı hasat edildikten (Şekil 2.4) sonra başaklarıyla birlikte güneşte kurutulmuştur. Kurutulan başaklardan danelerin ayrılması Kastamonu’da yerel işletme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kalan diğer siyezlerin olgunlaşması beklenmiş, tarlada kuruduktan sonra hasat edilip daneler başaktan ayrılmıştır. Elde edilen olgunlaşmamış ve olgunlaşmış başaklardan daneler ayrılarak dane ve tam siyez

buğdayı unu olarak analiz edilmek üzere bez torbalar içerisinde serin ve kuru bir yerde muhafaza altına alınmıştır.



**Şekil 2.4** Yarısı olgunlaşmamış halde iken hasat edilmiş siyez tarlası

## **2.3 Siyezin Fizikokimyasal ve Besinsel Özelliklerinin Belirlenmesi**

### **2.3.1 Siyez Buğdayının 1000 Dane Ağırlığının Belirlenmesi**

Bin (1000) dane ağırlığı, buğdayın bin tanesinin gram cinsinden ağırlığı olup kuru madde olarak belirtilmektedir. Bu ağırlığı yoğunluk ve büyüklük etkilemektedir. Büyük ve yoğun tanelerin endospermelerinin, endosperm olmayan kısımlarına oranı, küçük tanelere göre daha yüksektir. Aynı çeşitte genellikle bin dane ağırlığı nişasta miktarıyla doğru, protein miktarıyla ters orantılıdır. Tanenin irilik, dolgunluk, cılızlık durumu ve un verimi hakkında fikir vermesi bakımından önemlidir. Dane olgunlaşması sırasında hava gidişi, tanedeki nişasta birikimini önleyeceğinden, cılız kalan tanelerin ağırlığı azalmaktadır. Genelde sert buğdaylarda daha yüksek çıkar. Olgunlaşmış ve olgunlaşmamış siyezin bin dane ağırlığı tayini 20 g örnekteki dane sayımı yapılarak belirlenmiş ve sonuçlar kuru madde üzerinden gram olarak verilmiştir [41].

### **2.3.2 Siyez Buğdayının Hektolitre Ağırlığının Belirlenmesi**

Hektolitre ağırlığı, 100 L buğdayın kg cinsinden ifadesidir. Buğday kalitesini belirtmede kullanılan basit bir ölçüdür. Buğday alımında ve sınıflandırmada esas alınan değerlendirmelerinden biri de hektolitre ağırlığıdır. Hektolitre ağırlığı arttıkça kuru madde miktarı ve un verimi artmaktadır. Hektolitre ağırlığı tür, çeşit, ekim mevsimi, yetiştirme periyodu ve ekolojik şartlara bağlı olarak değişmektedir. Buğdaylarda danenin şekli, büyüklüğü, kabuğun ince veya kalın olması, karın kısmının derin veya düz olması, kabuğun cilalı olup olmaması hektolitre ağırlığını etkilemektedir. Genellikle uzun taneli buğdaylar kısıllara, küçük taneler büyüklere, kalın kabuklular ince kabuklulara, karın çukuru derin olanlar düz olanlara ve yumuşak buğdaylar sert olanlara göre daha az hektolitre ağırlığı verirler. Yabancı madde miktarı da hektolitre ağırlıkları üzerine etki etmektedir. Haşerelerden zarar görmüş, kırık ve çimlenmiş taneler hektolitre ağırlığını azaltmaktadır. Çeşit özelliği de hektolitre ağırlığına etki ettiği için standart buğdaylarda her çeşit için ve bunların sınıfları için standart hektolitre ağırlığı alt sınırları tespit edilmiştir. Siyez buğdayının hektolitre ağırlığı belirlenerek sonuçlar kg/hl cinsinden verilmiştir [41].

### **2.3.3 Siyez Unlarında Rutubet Tayini**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının rutubet miktarı AACCC [41]'e göre belirlenmiştir. Darası alınmış kaplara tartılan siyez unu (~2g) 130°C±1°C sıcaklıkta 1 saat ısıtılması ve ağırlıktaki kaybın nem içeriği olarak alınması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

### **2.3.4 Siyez Unlarında Kül Oranlarının Tayini**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının kül oranları AACCI [41]'e göre belirlenmiştir. Kuru (yakma) kül tayini yönteminin ilkesi: özel bir kül yakma kabına (porselen kroze) tartılan belli bir miktar örneğin kurutulmasının ardından bir kül fırınında 550°C'de karbon içermeyen üniform bir kül rengi elde edilinceye kadar (beyaz veya gri, nadiren de yeşil veya kırmızımsı) yaklaşık 6-8 saat yakılmış, yanma sonunda geride kalan kül tartılarak miktarı tespit edilmiştir.

### 2.3.5 Siyez Unlarında Mineral Madde Tayini

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının mineral içerikleri, (kalsiyum, potasyum, magnezyum, demir, çinko) atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanılarak belirlenmiştir. Örneklerin hazırlanması asit ile yakma metodu olan EPA Metot 3051A'ya (Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils) göre gerçekleştirilmiştir. Yöntem, örneklerdeki organik kısmın (karbonhidrat, protein, yağ) yaş yakma yönteminde asit yardımı ile tamamen yakılıp, geride kalan inorganik kısımdaki minerallerin belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Bu amaçla mikrodalga ile yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 2.1) belirtilen element tayinleri ICP-OES (Perkin Elmer Optima 2100 DV Atomic Emission Spectrometer, ABD) cihazı ile yapılmıştır. Numune Hazırlama Prosedürü: Yaklaşık 0,5 g tartılan numuneler üzerine 10 mL HNO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3:1) karışımından eklenerek örnekler PTFE kaplarda mikrodalga sisteminde (Milestone Ethos Easy, Avusturya) çözümlendirilmiştir. Uygulanan sıcaklık programı aşağıda verilmiştir. Mikrodalga çözümlendirme metoduna ait sıcaklık programı aşağıdaki gibidir (Tablo 2.1):

**Tablo 2.1** Mikrodalga çözümlendirme programına ait sıcaklık programı

Süre (dak)	Sıcaklık (°C)	Güç (Watt)
0-5	100	1.200
5-15	100	1.200
15-20	150	1.200
20-30	150	1.200
30-35	200	1.200
35-40	200	1.200

### 2.3.6 Siyez Unlarında Protein Miktarı Tayini

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının protein miktarı AACCI [41]'e göre tespit edilmiştir. Bu analizde 1,5 g örnek üzerine 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 2

adet Kjeldahl tablet ilave edilerek infrared yakma ünitesinde 4 saat yakılmıştır. Daha sonra elde edilen çözelti destilasyon cihazında NaOH ve borik asitle muamele edilmiştir. Destilasyon işlemi tamamlandıktan sonra çözelti, 0,1 M HCl ile indikatör eşliğinde pH 4,6'ya ulaşana kadar titre edilmiştir.

$$\% \text{ Azot Miktarı (g/100g)} = \frac{\text{Ö}}{\text{V}_1} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\% \text{ Protein Miktarı} = \% \text{ Azot miktarı} \times 6,25 \quad (2.2)$$

$V_1$  = Esas deneme için titrasyonda harcanan 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarı (mL)

$V_2$  = Şahit deneme için titrasyonda harcanan 0,1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> miktarı (mL)

N = Titrasyonda kullanılan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> çözeltisinin kesin normalitesi

Ö = Örnek miktarı (g)

### 2.3.7 Siyez Unlarında Yaş Gluten ve Gluten İndeksinin Belirlenmesi

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarında gluten tayini, gluten indeks cihazı ile yapılmıştır [42]. Alternatif olarak aşağıdaki protokol de uygulanmıştır. Porselen havan içerisine 10 g un veya kırma örneğinden tartılmış, üzerine yaklaşık 5,5 mL yıkama çözeltisi yavaşça ilave edilerek karışım yoğrulmuştur. Elde edilen hamur üç parmak arasında tutulmaya çalışılarak, yassı şekil verilip sonra tekrar yuvarlanarak nişasta tamamıyla uzaklaştırılıncaya kadar yıkanmıştır. Nişastanın tamamen uzaklaştırılabilmesi için yaş gluten 2 dak musluk suyu altında yıkanmıştır. Yıkamanın tamamlanıp tamamlanmadığını kontrol etmek için glutenden damlayan suda nişasta kalıp kalmadığı iyot çözeltisi ile kontrol edilmiştir. Fazla suyun giderilebilmesi için elde edilen yaş gluten parmaklar veya iki cam levha arasında sıkıştırılıp tartılmış, tartım sonucu bulunan değer 10 ile çarpılarak % yaş gluten miktarı tespit edilmiştir.

Gluten indeksi tayini ise gluten indeks cihazı (Bastak 2100, Türkiye) ile gerçekleştirilmiştir.

### 2.3.8 Siyez Unlarında Sedimentasyon ve Gecikmeli Sedimentasyon Değeri Tespiti

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının sedimentasyon değeri belirlenecek olan undan 3,2 g tartılarak sedimentasyon silindirine konulmuş,

üzerine 50 mL bromfenol mavisi çözeltisi eklenerek silindir çalkalama aletinde 5 dak çalkalanmıştır. Silindir aletten alınarak 25 mL sedimantasyon test çözeltisi eklenmiş ve 5 dak daha çalkalanmıştır. Bu sürecin sonunda silindir düz bir zemin üzerine konulup 5 dak sonunda çökelti hacmi okunmuştur. Okunan değer mL cinsinden sedimantasyon değeri olarak ifade edilmiştir.

Gecikmeli sedimantasyon için de yapılan işlemler başlangıçta normal sedimantasyon testi ile aynıdır. Bromfenol mavisi çözeltisi ilavesinden sonra silindir çalkalama aletinden alınmış, normal oda sıcaklığında 2 saat düz bir zemin üzerinde bekletilmiştir. Bu süre sonunda üzerine 25 mL sedimantasyon test çözeltisi ilave edilmiş, 5 dak daha çalkalama aletinde çalkalanmıştır. Bu süre sonunda silindir aletten alınıp düz bir zemin üzerine konulup 5 dak beklendikten sonra çöken kısmın hacmi okunmuştur. Bu değer mL olarak gecikmeli sedimantasyon değeridir [43].

### **2.3.9 Siyez Unlarında Düşme Sayısı (Falling Number - FN) Tayini**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının düşme sayısı (falling number) değeri AACCI [41]'e göre yapılmıştır. Bu yöntem unda bulunan  $\alpha$ -amilaz enziminin aktivitesinin belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır.  $\alpha$ -Amilaz aktivitesinin ortaya çıkarılması ekmek üretim teknolojisi bakımından oldukça önem taşımaktadır. Amilaz aktivitesinin düşük olması, maya hücreleri tarafından kullanılabilir şeker miktarının yetersiz olmasına, bu da ekmek hacminin az olmasına sebep olmaktadır.

## **2.4 Siyez Unlarında Toplam, Dirençli ve Dirençli Olmayan Nişasta İçeriğinin Belirlenmesi**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının dirençli, dirençli olmayan ve toplam nişasta içeriği, AOAC 2002.02 (AOAC, 2002) Metodu ile AACC 32-40 Metodu esas alınarak geliştirilen analiz kiti kullanılarak tespit edilmiştir [44]. Bu amaçla dirençli nişasta analiz kiti (Megazyme International Ireland Ltd, Bray, İrlanda) kullanılmıştır. Bu yönteme göre nişasta numunesi başlangıçta, amiloglukosidaz (AMG) (3U/mL) içeren pankreatik  $\alpha$ -amilaz eşliğinde sürekli çalkalama ile 37°C'ye ayarlanmış su banyosunda 16 saat inkübe edilmiştir. İlk aşamada dirençli olmayan nişasta çözünerek glikoza parçalanmıştır. Dirençli

nişasta ise santrifüj işleminden sonra çöküntü kısmından elde edilmiştir. Dirençli nişasta etanolla yıkama işlemlerinden sonra 2M KOH ile buzlu su banyosu içinde çözdürülmüş ve sonra AMG (3.300 U/mL) enzimi ile glikoza hidroliz edilmiştir. Dirençli, dirençli olmayan nişasta miktarları 510 nm'de spektrofotometrede absorbanların okunmasıyla belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıda (2.3 ve 2.4) verilen denklemlere göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Dirençli nişasta} = \Delta E1 \times F / W \times 90 \quad (2.3)$$

$$\% \text{ Dirençli olmayan nişasta} = \Delta E2 \times F / W \times 90 \quad (2.4)$$

Toplam Nişasta = Dirençli Nişasta + Dirençli Olmayan Nişasta

$\Delta E1$  = Dirençli nişasta için kör numuneye karşı okunan absorban değeri

$\Delta E2$  = Dirençli olmayan nişasta için kör numuneye karşı okunan absorban değeri

F = 100 /d-glukoz GOPOD absorbanı

W = Tartılan numune miktarı (mg)

## 2.5 Siyez Unlarında Toplam Diyet Lif Analizi

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının toplam diyet lif miktarı, Megazyme Toplam Diyet Lif Analiz Prosedürüne göre, alfa amilaz, amiloglikozidaz ve proteaz enzim kitleri kullanılarak, AACCI Metot No: 32-05'e göre tespit edilmiştir [41].

## 2.6 Siyez Unlarında *in vitro* Glisemik İndeks Belirlenmesi

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının *in vitro* glisemik indeks tayini için Englyst vd. [45] yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Prosedüre göre; 1 g numune 5 mL saf su ile karıştırılmıştır. Numune üzerine 10 mL pepsin-guar gum çözeltisi ilave edilerek 37 °C'de 30 dak inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası 5 mL sodyum asetat ilave edilerek numunelerin üzerine enzim solüsyonu (pankreatin ve amiloglukozidaz) ilave edilmiştir. Elde edilen süspansiyona saf su ilave edilerek 50 mL'ye tamamlanmıştır ve 37°C'de inkübe edilmiştir. İnkübasyon aşamaları çalkalamalı su banyosunda gerçekleştirilmiştir. 30, 60, 90 ve 120. dak'larda 0,5 mL örnek alınarak 4,5 mL %66'luk alkolle denatüre edilerek 0,1 mL

alınarak 3 mL GOPOD ilavesi ile 50 °C de 15 dak bekletilip 510 nm dalga boyunda spektrofotometrik yöntem kullanılarak sonuçlar hesaplanmıştır.

## **2.7 Siyez Unlarının Reolojik Özelliklerin Belirlenmesi**

### **2.7.1 Farinograf Analizi**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının farinogram özellikleri (su absorpsiyonu, gelişme süresi, yumuşama derecesi ve stabilite değerleri) AACC Metot No:54-21'e göre Brabender farinografında (Brabender, Almanya) tespit edilmiştir [41].

### **2.7.2 Ekstensograf Analizi**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının uzayabilirdik, uzamaya karşı direnç, enerji vb. özellikleri AACC Metod 54-10'a göre Brabender ekstensografi (Brabender, Almanya)'ı kullanılarak tespit edilmiştir [41].

### **2.7.3 Dinamik Reolojik Ölçümler**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğday unlarının dinamik reolojik ölçümleri için basınç ve sıcaklık kontrollü reometre cihazı (Antonpaar MCR 302, Avusturya) kullanılmıştır.

## **2.8 Siyez Unlarının Biyoaktif Özelliklerinin Belirlenmesi**

### **2.8.1 Toplam Fenolik Analizi**

Toplam fenolik madde içeriği, Folin-Ciocalteu Metodu kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmiştir. Tüm örnekler %80'lik metanol içerisinde 18 saat süre ile bir çalkalamalı su banyosunda (24±1 °C) çalkalanarak ekstrakte edilmiştir. Daha sonra bu karışım, 3000 rpm'de 10 dak süre ile santrifüjlenmiş ve sonrasında elde edilen supernatant kullanılarak toplam fenolik madde içeriği tespit edilmiştir. Bu amaçla ilk olarak, 0,5 mL ekstrakt, 2,5 mL 10 kat seyreltilmiş Folin-Ciocalteu'nun fenol reaktifi ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışıma 2 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi (%7 w/v) ilave edildi ve çalkalanmıştır. Oda sıcaklığında 30 dak'lık reaksiyondan sonra absorbans, 765 nm'de spektrofotometre (Optizen Pop Bio Uv/Vis, G. Kore) ile

okunmuştur. Ölçüm, hazırlanan gallik asit (GA) çözeltisinin standart bir eğrisi ile karşılaştırılmıştır. Toplam fenolik içerik, kilogram kuru madde (mg GAE/kg) başına miligram gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir [46].

### **2.8.2 DPPH Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini**

Antioksidan aktivite tayininde, fenolik madde içeriğinde elde edilen ekstraktlar kullanılmıştır. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) serbest radikali metodu üzerinden tayin edilmiş olup, % olarak belirlenmiştir [47, 48]. 0,1 mL örnek, 4,9 mL DPPH (0,025 g/L metanol) çözeltisi ile karıştırıldıktan sonra 27°C'de 20 dak karanlıkta inkübasyona bırakılmış, inkübasyon sonunda örneklerin, 517 nm'de UV-spektrofotometrede absorbens değerleri okunmuştur.

### **2.8.3 CUPRAC Yöntemi ile Antioksidan Aktivite Tayini**

Örneklerin antioksidan kapasitesi, CUPRAC yöntemi ile de belirlenmiştir [49]. Elde edilen ekstraktlara, 4 mL (1 mL Bakır (II) Klorür ( $Cu_2Cl$ ), 1 mL Amonyum Asetat ( $NH_4Ac$ ), 1 mL Neocuproine (Nc), 1 mL  $H_2O$  içeriğinde) eklenmiş, çözelti eklenen tüpler karanlık ortamda 30 dak boyunca inkübe edilmiştir. Bekleme süresi sonunda; köre karşı 450 nm'deki absorbens değerleri spektrofotometre cihazında okunmuştur.

## **2.9 Siyezin Mikroyapısal Özelliklerinin Belirlenmesi**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğdayının mikroyapısal özellikleri taramalı elektron mikroskop (SEM, Zeiss EVO LS 10, Almanya) ile belirlenmiştir.

## **2.10 FT-IR ve RAMAN Spektroskopisi ile Siyez Unlarının Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi**

### **2.10.1 FTIR (Fourier Dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi**

FTIR analizleri öncesi tüm numuneler karıştırılarak homojenize edilmiştir. Spektrumların toplanması için tek kanallı ATR (azaltılmış tam içsel yansıma) aksesuarı kullanılmıştır. Numunelerden bir spatül yardımı ile az miktarda alınarak kristal üzerine yerleştirilmiştir. Cihaz ölçüm parametreleri olarak  $4\text{ cm}^{-1}$

çözünürlükte 16 tarama alınarak gerçekleştirilmiştir. Her bir numune için üç ölçüm alınarak ortalamaları alınmıştır. Cihaz kontrolü ve veri toplamak için OPUS program Versiyon 7.2 (Bruker GmbH, Almanya) yazılımı kullanılmıştır. Her taramadan önce havaya karşı zemin spektrumu alınmıştır. Kristal %90 etil alkol-su ile her ölçüm öncesi temizlenmiştir.

### **2.10.2 Raman ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi**

Raman analizleri öncesi numuneler cam Raman analiz viallerine aktarılmıştır. Raman ölçümleri için portable bir Raman spektrometre kullanılmıştır (Progeny, Rigaku Analytical Devices, Wilmington, ABD). Tüm Raman spektrumları 2000–200  $\text{cm}^{-1}$  spektral aralığında toplanmıştır. Lazer gücü ve maruziyet süresi 0,25 watt ve 0,851 s olarak tercih edilmiştir. 1064 nm dalga boyuna sahip lazer ile çalışılmıştır. Tüm analizler aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir.

### **2.11 Siyez Ununun Termal Özelliklerinin Belirlenmesi**

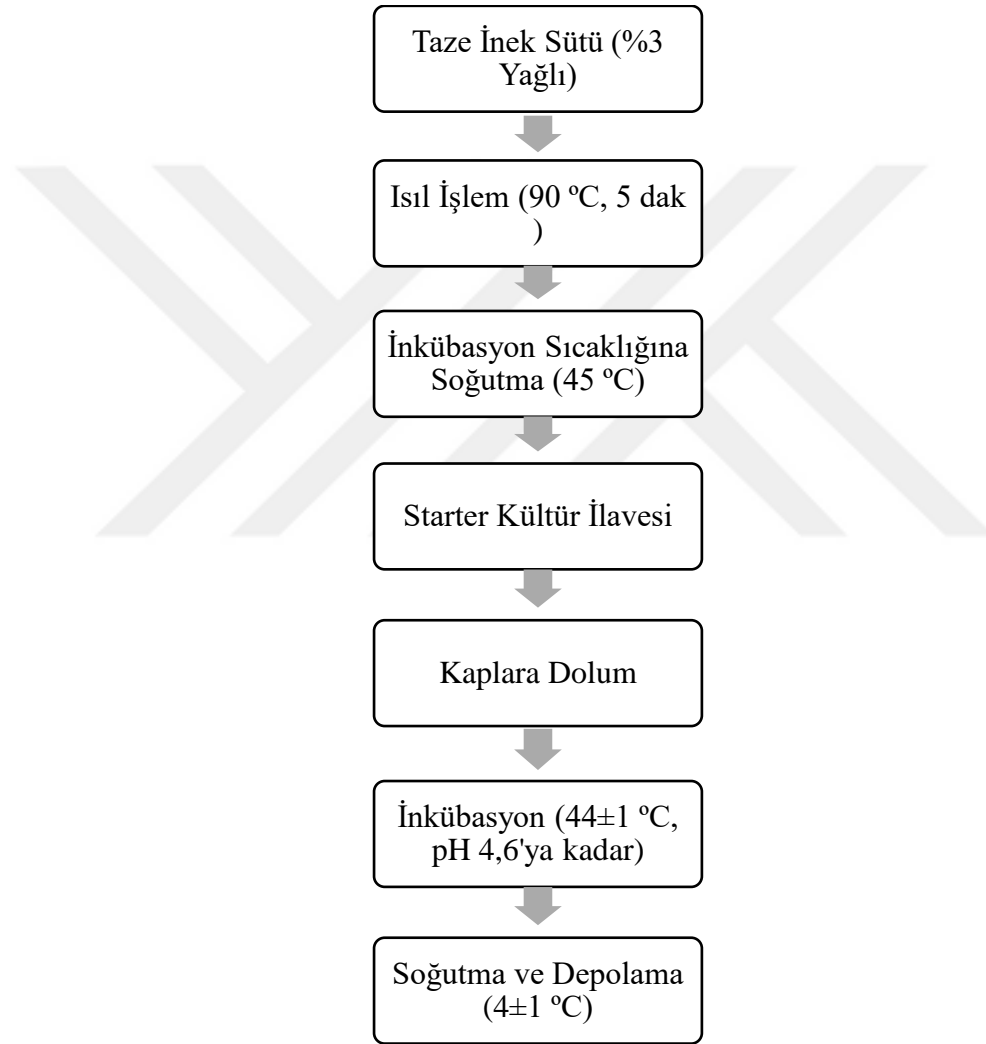
Un örneklerinin retrogradasyon davranışlarını belirlemek üzere DSC (Diferansiyal Taramalı Kalorimetre, TA Q200, ABD) kullanılmıştır [50]. Buna göre örnekler 10°C/dak ısıtma hızıyla 20°C'den 200°C'ye ısıtılarak termogramları elde edilmiş; başlangıç ( $T_0$ ), pik ( $T_p$ ) ve son ( $T_s$ ) sıcaklıkları ile pikin altında kalan alandan entalpi değerleri ( $\Delta H$ ) hesaplanarak termogramlar değerlendirilmiştir.

### **2.12 Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Prebiyotik Potansiyelinin Belirlenmesi**

Olgunlaşmamış siyez ununun probiyotik bakteriler üzerine muhtemel prebiyotik etkisi, probiyotik bir bakteri ile yoğurt üretimi ile belirlenmiştir. Yoğurt yapılacak süt içerisine %1 oranında tam siyez unu (olgunlaşmamış) ilave edilerek normal yoğurt bakterileri, *Streptococcus thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* yerine probiyotik bakteri (*Lactobacillus acidophilus*) kullanımı ile yoğurt üretilmiş ve 14 gün boyunca (1., 7. ve 14. günler) üretilen yoğurdun mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir. *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* kültürleri Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Kültür Koleksiyonundan, *Lactobacillus acidophilus* Maysa Gıda A.Ş.'den temin edilmiştir.

### 2.12.1 Yoğurt Üretimi

Yoğurt üretimi Şekil 2.5’de verilen üretim akış şemasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Yoğurtlar üretildikten sonra 4°C’de 20 gün depolanmak üzere buzdolabına kaldırılmıştır. Depolamanın 1., 5., 10., 15 ve 20. gününde sineresis indeksi analizi, su tutma kapasitesi analizi, pH tayini, kuru madde tayini, protein tayini, kül tayini, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* ve *S. thermophilus* sayımı, tekstür (TPA) analizi ve duyusal analiz gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5 Yoğurt üretim akış şeması

Yoğurt üretiminde kullanılacak suşlar kendileri için uygun olan besiyerlerinde iki kez aktifleştirildikten sonra hücreler 24°C’de 5000 rpm’de 10 dak santrifüjlenmiştir. Hücreler fizyolojik tuzlu su ile iki kez yıkanarak uygun miktarda fizyolojik tuzlu suda çözündürülerek homojen bakteri solüsyonu elde edilmiştir.

Elde edilen bu kültür solüsyonları yoğurt üretiminde kullanılmıştır. Yoğurt üretiminde 1:1 oranında *S. thermophilus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Lactobacillus acidophilus* suşları kullanılmıştır (Tablo 2.2).

**Tablo 2.2** Deneme yoğurt üretimi ve kullanılan suşlar

Yoğurt Kodu	Açıklama
<b>K1</b>	<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
	<i>S. thermophilus</i>
<b>K2</b>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
	<i>S. thermophilus</i>
<b>S1</b>	<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>
	<i>S. thermophilus</i>
	Olgunlaşmamış Siyez Unu (%1)
<b>S2</b>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
	<i>S. thermophilus</i>
	Olgunlaşmamış Siyez Unu (%1)

### 2.12.2 Sütte Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Sütte kurumadde miktarı, belli miktardaki sütün  $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulması ile (gravimetrik yöntem), yağ oranı süt bütirometresi kullanılarak (Gerber metodu), protein miktarı azot miktarının belirlenmesinden sonra sonucun 6,38 faktörü ile çarpılmasıyla (mikrokjeldahl metodu), titrasyon asitliği (%laktik asitlik cinsinden) 0,1 N NaOH ile titrasyonla Kurt [51] tarafından belirtildiği gibi; pH değeri dijital pH metre (Mettler Toledo, Seven Compact TM S220, İsviçre) kullanılarak tespit edilmiştir.

### 2.12.3 Üretilen Yoğurt Örneklerinin Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

**Kurumadde Miktarı:** Kurumadde oranı Kurt [51] göre gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Bunun için temiz, kurutulmuş kurumadde kaplarının darası alınmış 4-5 g kadar tartıldıktan sonra etüve konulmuş ve  $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Hemen desikatöre alınan örnekler, soğutulduktan sonra elde edilen tartım sonuçlarından % kurumadde miktarı hesapla bulunmuştur.

**Protein Miktarı:** Kjeldahl yöntemi ile yoğurt örneklerinde azot analizi yapılmıştır. Bulunan azot oranı 6,25 faktörü ile çarpılarak protein miktarı bulunmuştur [51].

**Kül Oranı:** Yoğurt örneklerinde kül oranları [51]'un belirttiği gibi gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Bunun için temiz porselen kül krozeleri etüvde kurutulup desikatörde soğutulduktan sonra darası alınmıştır. Bunun için yaklaşık 3-5 g yoğurt örneği tartılarak krozeler, kademeli olarak  $550^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ve hiçbir siyahlık kalmayınca kadar yakılmıştır. Desikatöre alınan krozeler soğuduktan sonra tartılmış ve tartımlar arasındaki farkla kül oranı hesaplanmıştır.

**Yağ Oranı:** Deneme yoğurt örneklerinden analize yetecek kadar tartılmış ve 1:1 oranında sulandırılmıştır. Bu karışımdan Gerber yöntemi ile sütte yapıldığı gibi yağ tayini yapılmış, bulunan değer 2 ile çarpılarak yoğurtların % yağ oranı belirlenmiştir [51].

**Sineresis İndeksi:** Yoğurtların sineresis indeksi bir huni içine "Whatman 1" filtre kâğıdı yerleştirilerek içerisine 25 g örnek tartılmış,  $4^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saatlik drenajın ardından toplanan serum hacmi ölçülerek sineresis indeksi aşağıda verilen formül (2.5) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Sineresis İndeksi (\%)} = V_1/V_2 \times 100 \quad (2.5)$$

$V_1$ : Drenaj sonrası toplanan serum hacmi (mL)

$V_2$ : Yoğurt miktarı (g)

**Su Tutma Kapasitesi:** Yoğurtların su tutma kapasitesinin belirlenmesi için 5 g örnek tartılarak  $10^{\circ}\text{C}$ 'de 4500 rpm'de 30 dak santrifüj edilmiştir. Daha sonra elde edilen süpernatant tartılmıştır. Yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi aşağıda verilen formül (2.6) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Su Tutma Kapasitesi (\%)} = (1 - W_1/W_2) \times 100 \quad (2.6)$$

W<sub>1</sub>: Serum miktarı (g)

W<sub>2</sub>: Yoğurt miktarı (g)

**pH Tayini:** Üretilen yoğurtların pH tayini dijital pH-metre (Hanna HI 2211, Almanya) kullanılarak yapılmıştır.

**Tekstür Analizi:** Yoğurtların tekstür analizi (sertlik, kıvam, yapışkanlık, viskozite indeksi) tekstür cihazı (Micro Stable Systems TA.XTplus Texture Analyzer, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir.

#### 2.12.4 Üretilen Yoğurt Örneklerinin Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Üretilen yoğurtlarda depolama süresi boyunca canlı kalan kültür miktarlarının belirlenmesi için uygun dilüsyonlar hazırlanarak mikrobiyolojik ekim yapılmıştır. Ekimlerde kullanılan besiyeri bileşimleri ve inkübasyon şartları Tablo 2.3'te verilmiştir.

**Tablo 2.3** Mikrobiyolojik analiz koşulları

Mikroorganizma	Besiyeri	İnkübasyon Sıcaklığı	İnkübasyon Koşulları	Ekim Yöntemi
<i>S. thermophilus</i>	M17 (% Laktöz agar)	45 °C	Aerobik	Spot
<i>Lb. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	Modifiye MRS agar	45 °C	Anaerobik	Spot
<i>Lb. acidophilus</i>	MRS agar	37 °C	Aerobik	Spot

#### 2.12.5 Üretilen Yoğurt Örneklerinin Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi

Yoğurtların duyusal analizi için 10 kişilik panelist grubu oluşturulmuştur. Duyusal değerlendirme TSE'nin TS1330 sayılı yoğurt standardında önerilen hususlar dikkate alınarak 25 tam puan üzerinden yapılmıştır. Panelistler için kullanılan duyusal analiz formu Tablo 2.4'te verilmiştir.

**Tablo 2.4** Duyusal analiz formu

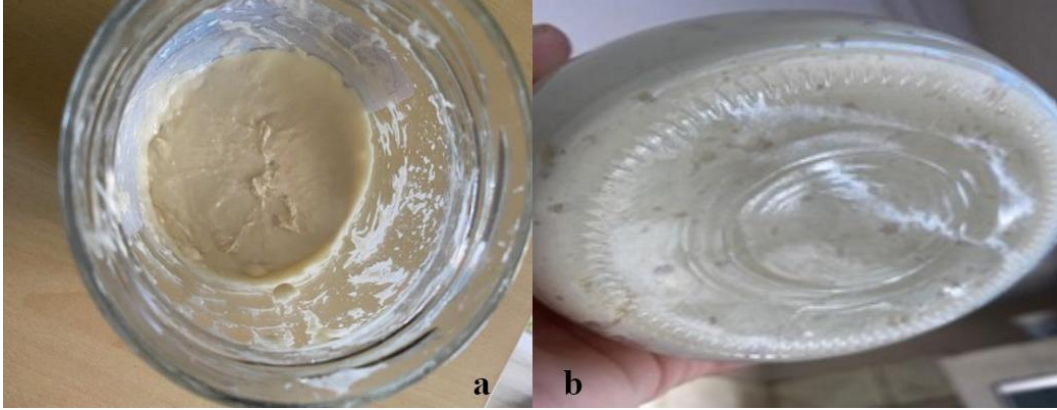
	<b>DIŞ GÖRÜNÜŞ</b>	<b>Puan</b>
	Parlak, süt renginde, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı olmayan, temiz ve homojen.	5
	Süt renginde, serum ayrılması olmamış, çatlak ve gaz kabarcığı bulunmayan.	4
	Mat, az sayıda çatlak bulunan, çok az serum ayrılması olmuş, temiz	3
	Süt renginden farklı, çok sayıda çatlak ve gaz kabarcığı bulunan, serum ayrılmış, kirlî	1-2
<b>KIVAM (KAŞIKLA)</b>		
	Kaşıkla alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılığı bulunan, serumu hemen ayrılmayan	5
	Alınan kesitte dolgun kıvamda, düzgün yapıda, homojen, karıştırıldıktan sonra koyu bir akıcılığı bulunan, serumu az ayrılan	4
	Alınan kesitte akıcılığı az, hafif pütürlü yapıda, karıştırıldıktan sonra akıcı, serumu hemen ayrılan	3
	Alınan kesitte çok akıcı, homojen olmayan ve pütürlü, karıştırıldıktan sonra çok akıcı, hemen ve fazla miktarda serumu ayrılan, dipte tortu bulunduran	1-2
<b>KIVAM (AĞIZLA)</b>		
	Dille damak arasında kolay dağılmayan dolgun yapıda, homojen	5
	Dille damak arasında az dağılan, homojen dolgun yapıda	4
	Ağza alındığında dağılan, hafif pütürlü	3
	Dille damak arasında tutulamayan, akıcı, homojen olmayan, pütürlü yapıda	1-2
<b>KOKU</b>		
	Kendine has hoş kokuda.	5-4
	Kendine has olmayan veya yabancı koku ihtiva eden	3
	Kendine has olmayan, alkolümsü, yanık veya yabancı koku ihtiva eden	1-2
<b>TAT</b>		
	Kendine has hafif ekşimsi tatta olan	5
	Hafif ekşimsi veya hafif tatlımsı	4
	Ekşimsi, hafif acımsı, küfümsü, sabunumsu, yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren	3
	Aşırı derecede ekşimsi, acımsı, küfümsü, sabunumsu, yanık tatta olan ve benzeri yabancı tat içeren.	1-2

## 2.13 Olgunlaşmış ve Olgunlaşmamış Siyez Unu Kullanılarak Ekmek Üretimi ve Analizleri

### 2.13.1 Ekşi Hamur Hazırlanması

**Tip 1 ekşi hamur eldesi;** 187,5 g un (eşit miktarlarda; olgunlaşmış tam siyez unu + olgunlaşmamış tam siyez unu + ekmeklik tam buğday unu) ve 112,5 mL içme suyu ile hazırlanan hamurun 25°C’de 24 saat ve 30°C’de 24 saat fermente edilmesi ile başlayıp, bu hamurun 3 kez un ve su ile beslenerek fermentasyon sürecinin devam etmesi ile elde edilmiştir (Her besleme; 30 g ekşi hamur, 168,75g un ve 101,25 g içme suyu ile hazırlanan hamuru tarif etmektedir) (Şekil 2.6a).

**Tip 2 ekşi hamur eldesi;** Yıldız Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği kültür koleksiyonunda bulunan *Levilactobacillus brevis*, *Lacticaseibacillus plantarum* ve *Saccharomyces cerevisiae* saf kültürleri aktif hale getirilerek, eşit miktarda olacak şekilde toplam 30 mL kültür karışımı, 187,5 g un (ekmeklik buğday unu ve tam buğday unu) ve 82,5 mL içme suyu ile hazırlanan hamurun fermentasyonu için 25°C’de 24 saat ve 30°C’de 24 saat şartları kullanılmıştır (Şekil 2.6b).



Şekil 2.6 Tip 1 (a) ve Tip 2 (b) ekşi hamur örnekleri

### 2.13.2 Ekmek Üretimi

Ekmek üretimi için AACCI, 10-10.03 ekmek üretim metodu modifiye edilerek kullanılmıştır [52]. Ekşi hamurlara siyez unu, olgunlaşmamış siyez unu, tam buğday unu, su ve tuz (%1) ilavesi yapılarak ekmek hamuru elde edilmiştir. Ekmek hamuru hazırlanırken ekşi hamur %30 oranında ilave edilmiştir. Ticari maya olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae* kullanılarak hazırlanacak hamur ise kontrol

ekmeği üretiminde kullanılmıştır. Elde edilen hamurlar; üst sıcaklığı 215°C, alt sıcaklığı 190°C olan fırında 35 dak pişirilmiştir. Ekmek üretimi üç tekerrürlü olarak gerçekteştirilmiştir.

### **2.13.3 Ekmekte Yapılan Analizler**

#### **2.13.3.1 Ekmek Örneklerinin Tekstürel Özelliklerinin Belirlenmesi**

Ekmek örneklerinin tekstürel özelliklerini belirlemek için TPA (Texture profile analiz) testi uygulanmıştır. Analiz esnasında örneklere iki kez sıkıştırma uygulanmıştır. Analiz, 5 kg yük hücresi ve 36 mm çapında silindirik sıkıştırma probu ile donatılmış tekstür cihazı (Micro Stable Systems TA.XDplus Texture Analyzer, UK) ile yapılmıştır. Analiz sırasında numuneler iki kez sıkıştırılmıştır. 2×2×2 cm küp şeklinde ekmek dilimleri kullanılmıştır. TPA grafiğinden ekmek örneklerinin sertlik (N), çığnenebilirlik ve esneklik değerleri hesaplanmıştır. Ölçümler her ekmek türü için ikişer kez yapılmıştır.

#### **2.13.3.2 Ekmek Örneklerinin Spesifik Hacimlerinin Belirlenmesi**

Ekşi hamurdan hazırlanan ekmeklerin spesifik hacimlerinin kolza tohumu yer değiştirme metoduna göre hesaplanan hacmin ekmeğin ağırlığına oranlanması ile hesaplanmamıştır [41].

#### **2.13.3.3 Ekmek Örneklerinin Renk Parametrelerinin Belirlenmesi**

Ekmeklerde renk ölçümü kabuk kısmı ve iç kısmın 3 farklı noktasından renk ölçer kullanılarak yapılmıştır. Örneklerin renk analizi için Chroma Meter CR-400 (Konica-Minolta CR-400, Japonya) cihazı kullanılmıştır. Kromatik koordinatlar (L\*, a\*, b\*) her numunede altı ölçümün ortalaması olarak verilmiştir.

#### **2.13.3.4 Ekmek Örneklerinin Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi**

Duyusal değerlendirme Rizzello vd. [53] tarif ettikleri yöntemin modifiye edilmesi ile 10 panelist tarafından yapılmıştır [53]. Ekmek örnekleri pişirme sonrası 3-4 saat soğuduktan sonra yaklaşık 1,5 cm<sup>3</sup> boyutlarında kesilerek her bir paneliste aynı kodlu ekmek örneğinden 2 parça servis edilmiştir. Kabuk rengi, iç renk, gözenek yapısı, tat, koku, çığnenebilirlik ve genel beğeni olmak üzere belirlenen parametreler 0-10 (en düşük puan 0; en yüksek puan 10) değerleri arası puanlamaya sunulmuştur. Nihai değerlendirme panelistler tarafından verilen puanların ortalaması olarak ifade edilmiştir.

## 2.14 İstatistiksel Analiz

Elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde, JMP 6.0 paket programı kullanılmış ve tek yönlü varyans analizi (one way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkı ortaya koymak için ‘Student’ t testi 0,05 önem düzeyinde uygulanmıştır.



### 3.1 Siyez Buğdayının Ekimi ve Bakımı

Tohumluk Siyez buğdayı, çalışmaya destek veren Reis Tarımsal Ürünler Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından, Kastamonu'da faaliyet gösteren yerel çiftçiden, tedarik edilmiş ve hem Konya Akören hem de Kastamonu Devrakani bölgelerinde kışlık olarak ekimi gerçekleştirilmiştir. Temin edilen tohum yabancı ot tohumlarından temizlendikten sonra, Konya Akören ilçesinde, kiralanan 2 x 1.000 m<sup>2</sup> tarlada ekimi gerçekleştirilmiştir. Tohumlar çimlendikten ve vejetatif aksam görüldükten sonra, uygun zamanda gübrenmesi ve gerekiyorsa ilaçlama vb. tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmiştir. Ekimi gerçekleştirilen siyez buğdaylarından uygunsuz iklim şartlarından dolayı 2 yıl üst üste verimli ürün alınamamıştır. Konya Akören'de verim alınamaması ihtimali üzerine aynı tohumlu siyez buğdayından Kastamonu, Devrekani'de ekimi yaptırılmış ve başarılı bir şekilde hasadı gerçekleştirilmiştir. Çalışmalar Kastamonu Devrekani'de yerli çiftçilere ektirilen 4.000 m<sup>2</sup>'lik tarladan elde edilen hem olgunlaşmamış (Şekil 3.1) hem de olgunlaşmış siyez buğdayları ile gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.1** Olgunlaşmamış siyez buğdayı başakları

### **3.2 Siyez Buğdayının Hasadı, Temizlenmesi ve Kurutulması**

Siyez buğdayları başak olumuna geçince, sarı olum evresini tamamladığı esnada parselin yarısı hasat edildikten sonra başaklarıyla birlikte geleneksel yöntem olan güneşte kurutma yöntemi ile kurutulmuştur (Şekil 3.2). Kurutulan başaklardan danelerin ayrılması Kastamonu’da yerel işletme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Kalan diğer siyezlerin olgunlaşması beklenmiş, tarlada güneş altında kuruduktan sonra hasat edilip daneler başaktan ayrılmıştır. Elde edilen olgunlaşmamış ve olgunlaşmış başaklardan daneler ayrılarak dane ve tam siyez buğdayı unu olarak Devrekani’de yerel taş değirmende tam buğday unu olarak öğütülmüş ve analiz edilmek üzere bez torbalar içerisinde serin ve kuru bir yerde muhafaza edilmiştir.



**Şekil 3.2** Yarısı olgunlaşmamış halde iken hasat edilmiş siyez tarlası

### **3.3 Siyez Buğdaylarının Fizikokimyasal ve Besinsel Özellikleri**

#### **3.3.1 Siyez Buğdaylarının Bin Dane Ağırlığı**

Bin dane ağırlığı buğday öğütme değerinin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir [54]. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez bin dane ağırlığı tayini 20 g örnekteki dane sayımı yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bin dane ağırlığı tahıllarda un verimini etkileyen önemli parametrelerden birisidir ve bu değer olgunlaşmamış kavuzsuz siyez buğdayı için ortalama  $23,25 \pm 1,06$  adet olgunlaşmış kavuzsuz siyez buğdayı için ise ortalama  $32,29 \pm 1,58$  adet olarak belirlenmiştir (Tablo 3.1). Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğdaylarının bin dane ağırlığı arasındaki istatistiksel farklılık önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Emeksizoğlu [26] yaptığı çalışmada Kastamonu yöresinde yetiştirilen 30 farklı siyez buğdayının bin dane ağırlığını kavuzlu ve kavuzsuz buğdaylar için sırasıyla 37,21 ve 33,72 g olarak bulmuştur. Benzer şekilde Şaban ve Ertop [27] 20 farklı siyez buğdayı için ortalama bin dane ağırlığını 30,93 g ve Kulathunga vd. [55] ise 29,2 g olarak belirtmiştir. Bizim çalışmamızda olgunlaşmış siyez buğdayı için elde edilen bin dane ağırlığı literatürde belirtilen

değerlerle benzerlik göstermektedir. Ancak, olgunlaşmamış siyez buğdayı için elde edilen bin dane ağırlığı değeri daha düşük bulunmuştur. Olgunlaşma sırasında nişasta, protein ve diğer besin öğeleri yüksek oranda buğday tanesinde birikmektedir [56] ve olgunlaşmamış siyez buğdayı ile olgunlaşmış siyez buğdaylarının bin dane ağırlığındaki farklılıklar olgunlaşma periyodu boyunca meydana gelen değişikliklerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

### **3.3.2 Siyez Buğdaylarının Hektolitre Ağırlığı**

Hektolitre ağırlığı, dane kalitesinin bir göstergesidir ve dane kütle yoğunluğunun bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır ve buğdayın fiyatını belirlemek için kullanılmaktadır [55]. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğdaylarının hektolitre ağırlıkları sırasıyla  $72,32 \pm 3,08$  ve  $79,11 \pm 4,09$  kg/hL olarak bulunmuştur ve istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir ( $P > 0,05$ ). Ancak, beklenildiği gibi olgunlaşmış siyez buğdayının hektolitre ağırlığı olgunlaşmamış siyez buğdayına kıyasla daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Kulathunga vd. [55] 3 farklı genotipteki siyez buğdaylarının ortalama hektolitre ağırlığını  $73,2$  kg/hL olarak belirtmişlerdir. Olgun vd. [57] ise yaptığı çalışmada siyez buğdayının hektolitre ağırlığının  $76,45$  kg/hL olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen hektolitre ağırlığı değerleri literatür verileri ile benzerlik göstermektedir ve bin dane ağırlığı için belirtilen şartlar buğdayların hektolitre ağırlığını da etkilemektedir.

### **3.3.3 Siyez Unlarının Rutubet Oranı**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unları için nem miktarı  $\%13,0 \pm 0,1$  olarak bulunmuştur. Siyez unlarının nem miktarı Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğine (Kuru maddede en çok  $\%14,5$ ) uygundur. Emeksizoglu [26] Olgunlaşmış tam siyez buğday unu için nem miktarını  $\%12,13$  olarak belirtmiştir. Belirtilen değer bizim çalışmamızdaki değerlerden düşük bulunmuştur. Ancak elde edilen sonuçlar yukarıda belirtilen tebliğ ile uyumludur.

### **3.3.4 Siyez Unlarının Kül Oranları**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarının kül oranları kuru madde bazında sırasıyla  $\%2,53$  ve  $\%2,04$  olarak belirlenmiştir ve değerler

arasındaki istatistiksel farklılık önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Brandolini ve Hidalgo [58] siyez kepekli buğdayının toplam kül içeriğinin %2,1 ile %2,8 arasında değiştiğini bildirmiştir. Başka bir çalışmada ise Olgun vd. [57] tarafından siyez buğdayının kül içeriğinin % 1,84 olduğu bildirilmiştir. Brandolini vd. [16] ise 65 farklı siyez ununun kül oranlarının %2,06 ile %2,8 arasında değiştiğini ve ortalama kül oranı değerinin %2,35 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Loje vd. [14] tarafından 22 farklı siyez için toplam kül oranlarının %2,3 ile %2,8 arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen kül oranları literatür verileri ile uyumludur ancak farklılıklar siyez buğdayının türü, öğütme ve gübreleme durumu gibi etkenlerden kaynaklanabilmektedir. Ayrıca Kim ve Kim [39] olgunlaşmamış ve olgunlaşmış buğday örnekleri için toplam kül oranını %1,46 ve %1,39 olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da olgunlaşmamış siyez buğdayı daha yüksek oranda kül içeriğine sahip olduğu için literatür ile uyumludur.

### **3.3.5 Siyez Unlarının Protein Oranı**

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarının protein oranı kuru madde bazında sırasıyla  $10,04 \pm 0,18$  ve  $11,31 \pm 0,35$  olarak bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Bu çalışmayla uyumlu olacak şekilde Kim ve Kim [39] olgunlaşmış buğdayın protein içeriğinin olgunlaşmamış buğdaya kıyasla daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmiştir. Brandolini vd. [16] 65 farklı kepekli siyez ununun ortalama protein oranını %18,2 olarak belirtmişlerdir. Emeksizoglu [26] Kastamonu yöresinde yetiştirilen 30 farklı siyez ununun ortalama protein oranını %14,83, Loje vd. [14] 22 farklı siyez ununun protein oranının %10,3 ile %19,5 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Olgun vd. [57] ise siyez ununun protein oranını %11,84 olarak belirtmişlerdir. Hidalgo ve Brandolini [7] iki farklı siyez buğdayı için protein oranını %15,8 ve %24,2 olarak bildirmiştir ve bu değerlerin ekmeklik buğdayının protein oranından (%11,1) daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir. Siyez buğdayının protein içeriğinin daha yüksek olması tohum dane yapısının daha küçük olması veya endosperminin iyi bir protein kaynağı olması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir [58]. Bu çalışmada elde edilen bulgular literatür verileri ile farklılık gösterse de Olgun vd. [57] tarafından belirtilen değerler ile uyumludur. Elde edilen verilerin literatür ile farklı olması gelişme koşulları, tarımsal uygulamalar ve

genotiptik varyasyon [59] veya öğütme işlemi, uygulanan metodoloji ve çevresel koşullar ile açıklanabilir.

### **3.3.6 Siyez Unlarının Gluten Oranı (Yaş gluten ve gluten indeksi)**

Yaş gluten ve gluten indeks değerleri unun ekmek üretim potansiyelini gösterdiği için bu değerlerin belirlenmesi önem arz etmektedir [59]. Yüksek gluten değeri gösteren buğdaylarda bu değer %35'ten yukarı, iyi özellik gösteren buğdaylarda %28-35 arasında, orta derece olan buğdaylarda %20-27 arasında, düşük derece gluten bulunduran buğdaylarda ise %20'den az olduğu belirtilmektedir [43, 60]. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unlarında yaş gluten ve gluten indeks cihazında gluten indeksi analizleri gerçekleştirilmiştir. Olgunlaşmamış tam siyez buğdayında yaş gluten ve gluten indeksi analizleri çok defa denenmesine rağmen sonuç elde edilememiştir. Olgunlaşmamış tam siyez buğday ununda yaş gluten ve gluten indeks değerlerinin tespit edilememesi düşük viskoelastik özellikleriyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Olgunlaşmış tam siyez buğdayı ununda ise yaş gluten miktarı  $21,3 \pm 0,28$ , gluten indeksi ise  $52 \pm 2,82$  olarak tespit edilmiştir. Gluten indeks değerinin ekmeklik unlarda 60-90 arasında olması gerektiği, gluten indeksi 40'tan düşük olan unlardan ekmek yapılamadığı bildirilmiştir [61]. Piasecka vd. [28] ekmek üretimi için yaş gluten miktarının minimum %25 olması gerektiğini bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan olgunlaşmış siyez buğdayı ununun yaş gluten miktarı ve gluten indeksi değerleri göz önünde bulundurulduğunda literatürde belirtilen değerlerden biraz düşük olduğu görülmektedir ve bununla birlikte olgunlaşmış siyez buğday unu gluten indeksi değeri açısından orta derece özellik gösteren buğday kategorisinde yer aldığı belirlenmiştir. Ayvaz vd. [59] siyez ununun yaş gluten miktarının %23 olduğunu, Piasecka vd. [28] 4 farklı siyez ununun yaş gluten miktarının %9,6 ile %18 arasında değiştiğini bildirmiştir. Emeksizoğlu [26] ise siyez unlarında yaş gluten miktarlarının %19,30 ile %46,30 arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu çalışmada olgunlaşmış siyez unu için elde edilen yaş gluten miktarı literatürde bildirilen değerler ile uyumludur.

### **3.3.7 Siyez Unlarının Sedimentasyon ve Gecikmeli Sedimentasyon Değeri**

Ekmek yapım kalitesinin bir diğer göstergesi, tahıl unlarının sedimentasyon değeridir ve yüksek gluten proteini içeriği, daha yüksek sedimentasyon değeriyle

ilişkilendirilmektedir [30]. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unu için sedimantasyon değerleri sırasıyla 18,07 mL ve 15,02 mL olarak tespit edilmiştir. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarının sedimantasyon değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Sedimantasyon değerlerinin 15-20 mL olması zayıf, 20-25 mL orta, 25-30 mL arasında değişmesi ise unun ekmek yapımı için iyi kalitede olduğu bildirilmiştir (Ünal, 2003). Piasecka vd. [28] ise ekmeklik buğday için arzu edilen sedimantasyon değerinin minimum 25 mL olması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğday unları için elde edilen sedimantasyon değerleri ekmek üretimi için gerekli olan değerlerden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Brandolini vd. [16] 65 farklı siyez buğdayı için sedimantasyon değerini 25,6 mL olarak bildirmişlerdir. Yine başka bir çalışmada Brandolini vd. [62] siyez buğdayı için sedimantasyon değerini 25,6 mL olarak bildirmiştir. Izambaeva vd. [29] siyez unu için sedimantasyon değerini 14,0 ml, Ayvaz vd. [59] 9,5 mL ve Belcar vd. [30] 28,0 mL olarak bildirmişlerdir. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unu için elde edilen sedimantasyon değerleri literatürde bildirilen bazı değerlerden düşük bazı değerlerden yüksek çıkmıştır.

Gerek olgunlaşmamış gerekse de olgunlaşmış tam siyez buğdayı ununun gecikmeli sedimentasyon değeri  $21,0 \pm 1,41$  mL, olarak tespit edilmiştir. Emeksizoğlu [26] 30 farklı siyez buğdayı için gecikmeli sedimentasyon değerini ortalama olarak 9 mL bildirmiştir ve bu çalışmada elde edilen gecikmeli sedimentasyon değerleri Emeksizoğlu [26] tarafından bildirilen değerlerden yüksektir.

Ayrıca, gecikmeli sedimentasyon analiz sonucunun bir unda süne hasarı olup olmadığının tespiti amacıyla yapıldığı göz önünde bulundurularak, çalışmamızda gecikmeli sedimentasyon değerlerinin ilk okunan değerden yüksek çıkması nedeniyle analizi yapılan olgunlaşmış ve olgunlaşmamış siyez unlarımızda hasarının bulunmadığı anlaşılmaktadır.

### **3.3.8 Siyez Unlarının Düşme Sayısı (Falling Number - FN)**

Düşme sayısı (FN),  $\alpha$ -amilaz etkinliğini göstermektedir ve dolaylı olarak pişirme özelliğiyle ilişkilidir [59]. Düşme sayısı değerinin belirlenmesi hem olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış tam siyez buğdayı unu için yapılmış olup, olgunlaşmamış tam

siyez unu için  $312 \pm 12$  sn olarak, olgunlaşmış tam siyez unu için  $341 \pm 13$  sn olarak tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Ayvaz vd. [59] siyez unu için düşme sayısını 340 sn, Belcar vd. [30] 352 sn ve Izambaeva vd. [29] ise 374 sn olarak bildirmişlerdir. Ayrıca Piasecka vd. [28] 4 farklı siyez unununun düşme sayısı değerlerinin 319 ile 386 sn arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Belcar vd. [30] ideal düşme sayısı aralığının 200-350 sn arasında olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca daha iyi  $\alpha$ -amilaz aktivitesi için düşme sayısının yüksek olmaması gerektiği bildirilmiştir [59]. Bu çalışmada olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unları için elde edilen düşme sayısı değerleri Belcar vd. [30] tarafından bildirilen ideal düşme sayısı değerleri arasında yer almaktadır, ancak olgunlaşmış tam siyez buğday unu için elde edilen değer üst sınıra yakın olması düşük  $\alpha$ -amilaz aktivitesine neden olabilir. Bu durumda ise uygun ekmek hacmi ve tekstürü için amilaz ilavesi gerekebilir. Bu çalışmada olgunlaşmış tam siyez buğday unu için elde edilen düşme sayısı değerleri literatürde bildirilen değerler ile benzerlik göstermektedir, olgunlaşmamış tam siyez buğdayı unu için elde edilen düşme sayısı değerleri ise literatürde bildirilen değerlere kıyasla biraz düşük bulunmuştur.

**Tablo 3.1** Siyez buğdayları ve unlarının fiziksel, kimyasal ve fizikokimyasal özellikleri

<b>Fizikokimyasal Özellikler</b>	<b>Olgunlaşmamış Siyez Buğdayı</b>	<b>Olgunlaşmış Siyez Buğdayı</b>
Bin Dane Ağırlığı (g)	23.25±1.06 <sup>b</sup>	32.29±1.58 <sup>a</sup>
Hektolitre Ağırlığı (kg/hL)	72.32±3.08 <sup>a</sup>	79.11±4.09 <sup>a</sup>
Nem İçeriği (%)	13.0±0.1 <sup>a</sup>	13.0±0.1 <sup>a</sup>
Kül Oranları (k.m'de %)	2.53±0.08 <sup>a</sup>	2.04±0.02 <sup>b</sup>
Protein Miktarı (k.m'de %)	10.04±0.18 <sup>b</sup>	11.31±0.35 <sup>a</sup>
Yaş Gluten (%)	TE	21.3±0.28
Gluten İndeks (%)	TE	52.0±2.8
Sedimentasyon (mL)	15.02 <sup>b</sup>	18.07 <sup>a</sup>
Gecikmeli Sedimentasyon (mL)	21.0±1.41 <sup>a</sup>	21.0±1.41 <sup>a</sup>
Düşme Sayısı (sn)	312±12 <sup>b</sup>	341±13 <sup>a</sup>

TE: Tespit edilemedi.

### 3.3.9 Siyez Unlarının Mineral Madde Miktarı

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarının mineral madde (çinko, potasyum, demir, kalsiyum ve magnezyum) içeriği hizmet alımıyla gerçekleştirilmiş olup mineral madde miktarları tablo Tablo 3.2'de gösterilmiştir. Hem olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış siyez buğdayı unlarının Zn değeri 5 mg/kg'dan daha az düzeyde tespit edilmiştir. Olgunlaşmamış siyez buğdayı ununun K, Fe ve Mg miktarları olgunlaşmış siyez buğdayı ununa kıyasla daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Buna karşılık olgunlaşmış siyez buğdayı ununun Ca miktarı olgunlaşmamış siyez buğdayı unundan daha yüksek miktarda tespit edilmiştir. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez buğdayı unlarının mineral madde miktarları arasındaki istatistiksel farklılık anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Hem

olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış siyez buğdayı unları için en yüksek miktarda tespit edilen mineral madde K olmuştur. Turhan ve Kurnaz [31] 21 farklı siyez buğdayının mineral madde içeriğini ortalama olarak Zn için 35,38, K için 3712,3, Fe için 167,10, Ca için 1302,5 ve Mg için 655,8 mg/kg olarak ifade etmişlerdir.

**Tablo 3.2** Siyez unlarının mineral madde içeriği (mg/kg)

Siyez Unları	Zn	K	Fe	Ca	Mg
Olgunlaşmamış Siyez Unu	<5	4.152±78 <sup>a</sup>	58,21±2,65 <sup>a</sup>	1,376±46 <sup>a</sup>	1.600±51 <sup>a</sup>
Olgunlaşmış Siyez Unu	<5	2.956±63 <sup>b</sup>	31,6±1,5 <sup>b</sup>	361,1±9,8 <sup>b</sup>	774,7±14,3 <sup>b</sup>

### 3.3.10 Siyez Unlarının Karbonhidrat Fraksiyonları: Toplam, Dirençli ve Dirençli Olmayan Nişasta

Depolama bileşenlerinin birikmesiyle üretilen tahıl endospermi esas olarak nişastadan oluşmaktadır. Un ve türev gıdaların kalite, doku ve beslenme özellikleri nişasta yapısı, içeriği ve bileşiminden etkilenir [2]. Sindirim sırasında nişasta esas olarak iki enzim ( $\alpha$ -amilaz ve  $\beta$ -amilaz) tarafından parçalanır; amiloz tamamen maltoza hidrolize olurken, amilopektin maltoz (~%60) ve dekstrinlere (~%40) parçalanır [8]. Literatürde, Siyez ununda toplam nişasta içeriğinin 58,1 ila 71,4 (g /100g) kuru ağırlık arasında değiştiği ortalama toplam nişasta içeriğinin 65,6 g/100g olduğu, ekmeleklik unda ise ortalama toplam nişasta değerinin daha yüksek olduğu (68,5 g /100g) kuru ağırlık ve 63,0 ile 75,0 (g /100g) arasında değiştiği bildirilmiştir [2].

Bu çalışmada olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları için toplam nişasta miktarları sırasıyla 53,41±0,87 (g/100g) ve 49,05±1,52 (g/100g) olarak bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ) (Tablo 3.3). Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları için dirençli nişasta ve dirençli olmayan nişasta miktarları (Tablo 3.3) ise sırasıyla 0,38±0,01-53,04±0,87 ve 0,13±0,02-48,93±1,54 (g/100g) olarak tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Hidalgo ve Brandolini [2] 72 farklı siyez ununun toplam nişasta miktarının 50,5 ile 71,4 g/100g arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu değerler bizim çalışmamızda elde edilen toplam nişasta miktarıyla uyumludur. Olgunlaşma

döneminde serbest şekerler nişastaya dönüştüğü için olgunlaşmamış tahılların nişasta içeriği olgun tahıllara göre daha azdır [63]. Ancak bu çalışmada olgunlaşmamış siyez unu için elde edilen nişasta değeri olgun siyez ununa göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Nişastanın tamamı sindirim sırasında hızla hidrolize olmaz; insan ince bağırsağında sindirime ve emilime direnen kısım 'dirençli nişasta' olarak tanımlanır ve diyet lifininkine benzer fizyolojik fonksiyonlara sahiptir [2]. Yüksek konsantrasyonda dirençli nişasta ve amiloz içeren gıdalar, diğer gıdalara göre daha düşük postprandiyal glisemik ve insülinemik seviyeleri belirler [64]. Bununla birlikte, literatürde siyez ununun (2,56 g/100g) ekmeklik buğday ununa (3-8,8 g/100g) kıyasla daha düşük dirençli nişasta içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir [2]. Bu çalışmada hem olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış tam siyez unlarının dirençli nişasta miktarları literatürde bildirilen değerlerden daha düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, olgunlaşmamış tam siyez ununun dirençli nişasta miktarı olgunlaşmış tam siyez ununun dirençli nişasta miktarı göre daha fazla bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

### **3.3.11 Siyez Unlarının Toplam Diyet Lif Miktarı**

Diyet lifler, fonksiyonel ve teknolojik özellikleri nedeniyle düşük kalorili gıda formülasyonlarının temel bileşenlerindedir. Sindirim enzimlerine karşı dirençli olan diyet liflerin, kalın bağırsak fonksiyonlarını düzenlemesi, mineral absorpsiyonu, glikoz ve insülin metabolizmasını düzenleyerek diyabetin kontrol edilmesi gibi sağlık üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır [65]. Buğday taneleri, iyi bir diyet lifi kaynağıdır, ince bağırsakta sindirime ve absorpsiyona dirençli, ancak kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente edilmiş bitkilerin yenilebilir kısmıdır. Diyet lifi, sindirilemeyen tüm karbonhidratları, yani nişasta olmayan oligosakkaritler, dirençli nişasta, üç veya daha fazla monomerik üniteye sahip dirençli oligosakkaritler, diyet lifi polisakaritler, özellikle lignin ile ilişkili sindirilemeyen ancak nicel olarak küçük bileşenler içerir [2]. Diyet lifi, insan organizmasının farklı fizyolojik fonksiyonlarının düzenlenmesi üzerinde faydalı etkiler gösterir [2]. Diyet liflerinin kolesterol düzeyini düşürmek, glisemik indeksi düşürmek, kanser, kalp hastalığı, hipertansiyon ve obezite riskini azaltmak gibi sağlık üzerine yararlı etkileri de vardır [9, 12, 66]. Bununla birlikte siyez

buğdayının diyet lifi oranı düşüktür [2]. Bu çalışmada olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları için diyet lifi miktarları sırasıyla,  $10,18 \pm 0,30$  ve  $8,31 \pm 0,02$  g/100g ( $P \leq 0,05$ ) olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.3). Abdel-Aal vd. [13]'nin çalışmasına göre siyez buğdayının lif oranı kuru maddede 10 g/100 gramdan daha düşüktür. Gebruers vd. ve Loje vd. [9, 14] ise siyez buğdayının lif oranının kuru maddede ortalama olarak 11 g/100 g olduğunu ve ayrıca 9,3-12,8 g/100g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise siyez buğdayının lif oranının kuru maddede 10,4 g/100g olduğu bildirilmiştir [67]. Ekmeklik buğday için diyet lifi miktarının kuru maddede 13,4 g/100g olduğu Andersson vd. [68] ve 14,7-15,2 g/100 g arasında değiştiği bildirilmiştir [9]. Başka bir çalışmada ise ekmeklik buğday için diyet lifi miktarının %11,5 ile %18,3 arasında değiştiği bildirilmiştir [58]. Bu çalışmada olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları için elde edilen diyet lifi miktarları literatürde belirtilen sonuçlardan düşüktür. Literatür verileri ile farklılık gözlemlenmesi yetiştirilen siyez buğdayının türü, mevsim koşulları ve yetiştirilme koşulları ile ilişkili olabilir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre olgunlaşmamış siyez ununun daha yüksek lif içeriğine sahip olması prebiyotik aktivitesini olumlu yönde etkileyebilecek özelliklerden biridir.

### 3.3.12 Siyez Unlarının *In vitro* Glisemik İndeks Değerleri

Jenkins vd. [69] tarafından karbonhidratlı besinlerin kan şekerini yükseltme potansiyeli olarak tanımlanan glisemik indeks, aynı birey tarafından tüketilen 50 g karbonhidrat içeren bir test besininin iki saat içerisinde oluşturduğu kan glikoz artış alanının, aynı miktarda karbonhidrat içeren referans bir besinin oluşturduğu kan glikoz alanına göre yüzde olarak ifadesidir. Glisemik indeksi yüksek olan besinler kan şekerini daha kısa sürede yükseltir ve daha kısa sürede düşürür. Düşük glisemik indeksli besinler ise tam tersine kan şekerini yavaş yükseltir ve daha yavaş düşürür. Düşük glisemik indeksli besinler bu sebeple kan şekeri seviyesinin sağlıklı bir aralıkta korunmasında etkilidir. Bu çalışmada da olgunlaşmış ve olgunlaşmamış tam siyez buğday unlarının glisemik indeksleri belirlenmiştir. Olgunlaşmamış tam siyez buğdayı ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı için elde edilen değerler sırasıyla;  $74,04 \pm 2,31$  ve  $82,48 \pm 2,18$  olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.3). Glisemik indeks

değerinin düşük olması sayesinde siyez buğdayı, besinlerle alınan kan şekerinin düşürülmesine de yardımcı olmaktadır.

**Tablo 3.3** Siyez unlarının nişasta ve diyet lifi içerikleri (g/100g) ve glisemiks indeksleri

<b>Siyez Unları</b>	<b>Dirençli Nişasta</b>	<b>Dirençli Olmayan Nişasta</b>	<b>Toplam Nişasta</b>	<b>Diyet Lifi</b>	<b>GI (%)</b>
Olgunlaşmamış Siyez Unu	0,38±0,01 <sup>a</sup>	53,04±0,87 <sup>a</sup>	53,41±0,87 <sup>a</sup>	10,18±0,30 <sup>a</sup>	74,04±2,31
Olgunlaşmış Siyez Unu	0,13±0,02 <sup>b</sup>	48,93±1,54 <sup>b</sup>	49,05±1,52 <sup>b</sup>	8,31±0,02 <sup>b</sup>	82,48±2,18

### 3.4 Siyez Unlarının Reolojik Özellikleri

#### 3.4.1 Farinograf Özellikleri

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez buğdayı unlarına ait farinograf grafikleri sırasıyla Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te sunulmuştur. Bu çalışmada incelenen tüm farinograf parametreleri, olgunlaşmamış siyez tam unları ve olgun siyez tam unları arasında önemli farklılıklar göstermiştir (Tablo 3.4) ( $P \leq 0,05$ ). Olgunlaşmamış siyez ununun su emilimi 60,9 FU iken, olgunlaşmış siyez ununun su emilimi 57,7 FU olarak tespit edilmiştir ve olgunlaşmamış tam siyez ununun su emilimi olgunlaşmış siyez ununa kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Optimum kıvamda ekmek hamuru elde etmek için istenilen su emilimi 65 FU civarında olmalıdır, bu değer altına inildikçe karıştırma süresi uzamaktadır [33]. Su emilimi ile protein miktarı [33] ve/veya nişasta içeriği [36, 70] arasında yakın bir ilişki vardır ve protein miktarı arttıkça unun emmiş olduğu su miktarı artmaktadır [33]. Bu çalışmada olgunlaşmamış siyez tam unu için elde edilen toplam nişasta miktarı olgunlaşmış siyez tam ununa kıyasla daha yüksektir ve olgunlaşmamış tam siyez ununun su emiliminin daha yüksek olması toplam nişasta içeriğiyle ve/veya protein içeriğiyle ilişkili olabilir.

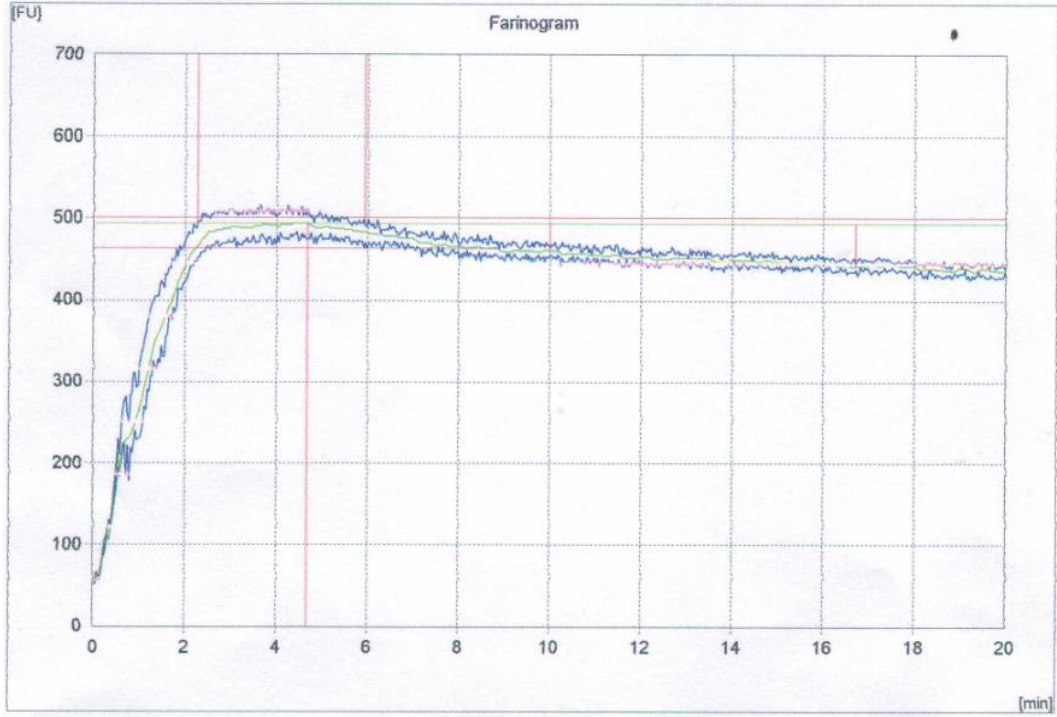
Gelişme süresi hamurun maksimum kıvama ulaşması için gereken karıştırma ihtiyaçları hakkında bilgi vermektedir [70]. Olgunlaşmamış siyez tam unu için elde edilen gelişme süresi olgunlaşmış siyez tam ununun gelişme süresine kıyasla yaklaşık iki kat daha uzundur ve her iki un çeşidi için sırasıyla 4,75 dak ve 2,60 dak olarak tespit edilmiştir. Literatürde siyez unlarına ait farklı hamur gelişme süreleri bildirilmiş olup Wieser vd. [71] 1,8-4,5 dak, Kulathunga ve Şimşek [70] 1,8-2,0 dak ve Biel vd. [33] ise 2,1 dak olarak bildirmişlerdir.

Yumuşama derecesi, belirli yoğurma zamanlarında hamur koloidal sistemlerinin viskozite kaybı olarak tanımlanmaktadır [5]. Yumuşama düzeyi yüksek olan hamurlar uzun mekanik işlemlere daha az dayanıklıdır [33]. Olgunlaşmamış siyez tam ununun yumuşama derecesi (35,5, FU), olgunlaşmış siyez tam unundan (75,5, FU) daha düşük olarak tespit edilmiştir. Biel vd. [33] siyez unu için yumuşama derecesini 10 dak için 182,5 FU, 12 dak içinse 192,7 FU olarak bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Keçeli vd. [5] siyez unu ve siyez kepekli unu için yumuşama derecesini 150 BU'nun üzerinde olarak bildirmişlerdir.

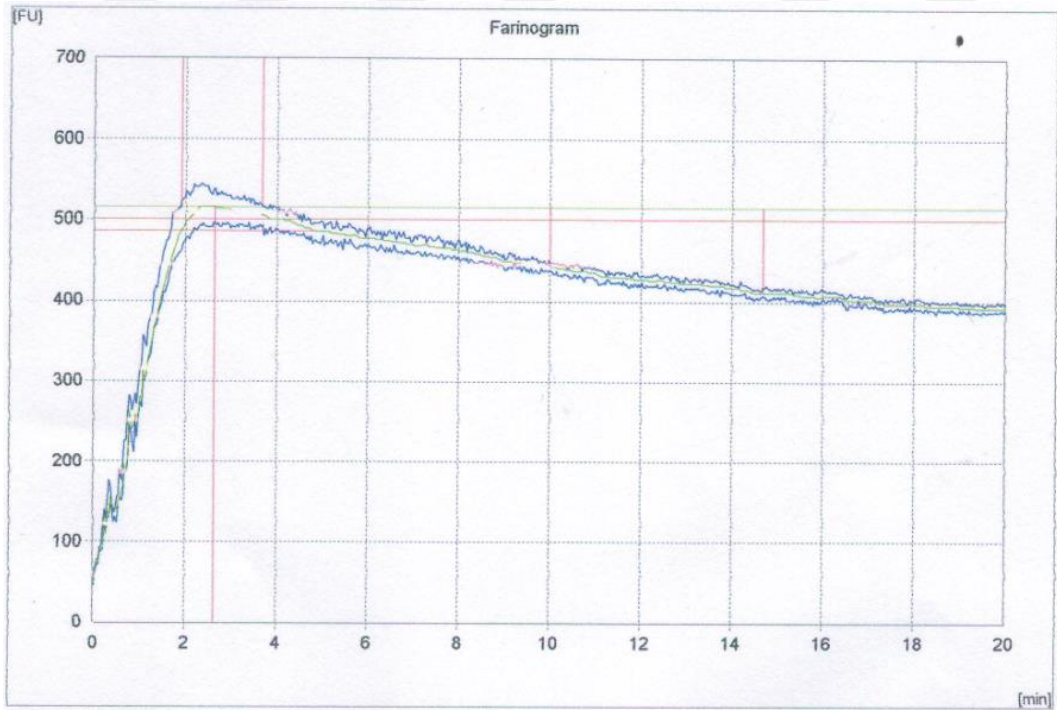
Stabilite, unun karıştırmaya karşı toleransının bir göstergesidir ve yüksek stabilite değerleri daha güçlü bir hamur anlamına gelmektedir. Diğer bir ifadeyle tolerans arttıkça hamurun karıştırılma süresi artmaktadır [33]. Bu çalışmada olgunlaşmamış siyez tam unu için stabilite değeri 3,65 dak, olgunlaşmış siyez tam unu içinse stabilite değeri 1,80 dak olarak tespit edilmiştir. Bu durum olgunlaşmamış siyez tam un hamurunun yoğrulmaya karşı daha dayanıklı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Kulathunga ve Şimşek [70] üç farklı siyez ununun stabilite değerlerini 0,8, 0,7 ve 0,7 dak olarak bildirmiştir ve bu değerlerin emmer ve kılçıksız buğday unlarından önemli ölçüde düşük olduğunu vurgulamıştır. Başka bir çalışmada ise Biel vd. [33] siyez, emmer, kılçıksız buğday ve günümüz ekmeklik buğday unlarının stabilite değerlerinin sırasıyla 1,2, 1,43, 4,15 ve 4,50 dak olarak belirtmiştir.

Hamurun farinograf özellikleri dikkate alınarak yapılan bir sınıflandırmaya göre güçlü un %59'dan fazla su absorpsiyonu kapasitesi, 3 dak'dan uzun hamur gelişme süresi, 4 dak'dan fazla hamur stabilitesi ve 40 FU'dan az yumuşama derecesi ile karakterize edilmiştir. Zayıf un ise, %51'in altındaki su emme kapasitesi, 2 dak'dan az hamur gelişme süresi, 1 dak'dan az hamur stabilitesi ve 150 FU'un üzerindeki yumuşama derecesi ile karakterize edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler

özellikle olgunlaşmamış siyez tam ununun yukarıda belirtilen sınıflandırmaya göre güçlü un kategorisinde yer alabileceğini göstermiştir.



Şekil 3.3 Olgunlaşmamış siyez unu farinograf grafiği



Şekil 3.4 Olgunlaşmış siyez unu farinograf grafiği

**Tablo 3.4** Siyez unlarının empirik reolojik özellikleri

Siyez Unları	Su Absorsiyonu (FU)	Gelişme Süresi (dak)	Yumuşama Derecesi (FU)	Stabilite (dak)
Olgunlaşmamış Siyez Unu	60,9±0,14 <sup>a</sup>	4,75±0,07 <sup>a</sup>	35,5±3,53 <sup>b</sup>	3,65±0,07 <sup>a</sup>
Olgunlaşmış Siyez Unu	57,7±0,28 <sup>b</sup>	2,6±0,14 <sup>b</sup>	75,7±2,12 <sup>a</sup>	1,80±0,00 <sup>b</sup>

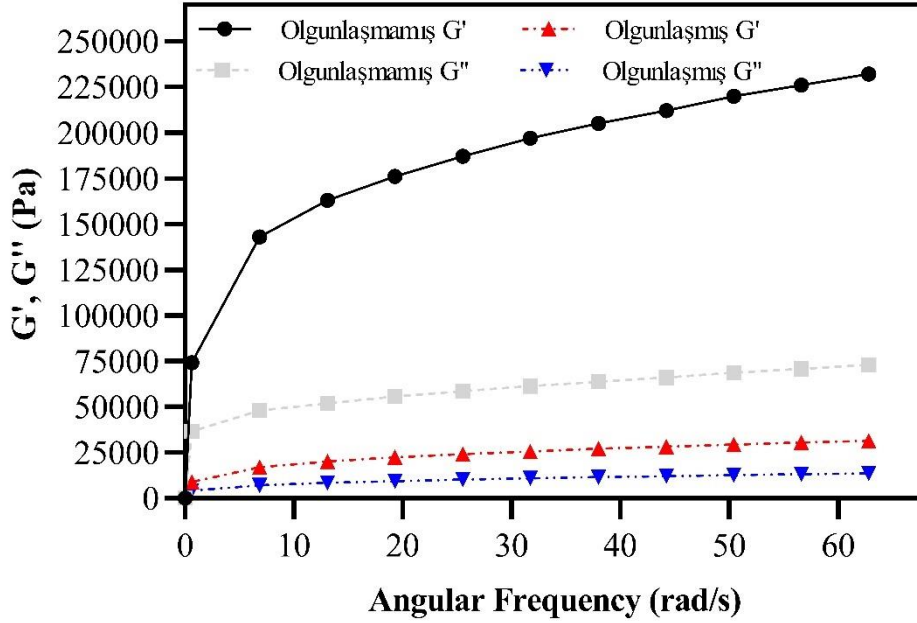
### 3.4.2 Ekstensograf Özellikleri

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez tam unlarının uzayabilirlik, uzamaya karşı direnç, enerji vb. özellikleri AACC Metod 54-10'a göre Brabender ekstensografi (Brabender, Almanya)'ı kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır ancak farinograftan çıkan her iki örneğimize ait hamurun da vizkozitesi çok düşük (akışkan) olduğundan ekstensograf analizi yapılamamıştır.

### 3.4.3 Dinamik Reolojik Özellikler

Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez unlarının viskoelastik özelliklerini belirlemek amacıyla örneklere önce stres sweep testi ardından da frequency sweep testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar kullanılarak örneklerin elastik modülü ( $G'$ ), viskoz modülü ( $G''$ ), kompleks modülü ( $G^*$ ) belirlenmiştir.  $G'$  ve  $G''$  hamurun dinamik özelliklerini tanımlamaktadır ve eğer  $G'$  değeri  $G''$  den yüksekse hamur elastik davranış sergilemektedir. Bu çalışmada elde edilen verilere göre olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez tam unlarının  $G'$  değeri her zaman  $G''$  değerlerinden daha yüksek olarak tespit edilmiştir ve her iki hamurda elastik davranış sergilemiştir (Şekil 3.5). Dane boyutu, nişasta fraksiyonu gibi nişastanın fizikokimyasal özellikleri, buğday bazlı ve/veya buğday bazlı olmayan hamurun reolojik özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada da olgunlaşmamış siyez ununun farklı fizikokimyasal yapısı örneklerin elastik ve viskoz modüllerini büyük ölçüde etkilemiş ve olgunlaşmamış siyez ununda elastik ve viskoz modüller olgunlaşmış siyez ununa göre daha yüksek bulunmuştur. Olgunlaşma, siyez unlarının  $G'$  ve  $G''$  değerlerini, özellikle de  $G''$ 'yi önemli ölçüde etkilemiştir.

Brandolini vd. [37] siyez hamurunun çalışmamızda olduğu gibi elastik davranış sergilediğini belirtmişlerdir. Olgunlaşma, siyez unu hamurlarının dinamik reolojik özelliklerini etkilemiştir.



Şekil 3.5 Siyez unlarının viskoelastik özellikleri

### 3.5 Siyez Unlarının Biyoaktif Özellikleri

#### 3.5.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Buğday ve buğday esaslı gıdalar doğal antioksidan içerikleriyle fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde kaynak olarak kullanılabilirler. Siyez buğdayı karotenoidler, tokoller, konjuge polifenoller, alkilresorsinoller ve fitosteroller gibi antioksidan bileşikler açısından oldukça zengindir ve bu özellikler diğer unlara kıyasla daha yüksek düzeyde yer almaktadır [2]. Bu durumun tersine, siyez nispeten düşük miktarda bağlı polifenol içeriğine ve yüksek düzeyde polifenol oksidaz aktivitesine sahiptir [2]. Bu çalışmada olgunlaşmamış ve olgun siyez unlarının toplam fenolik içerikleri sırasıyla  $1.165,24 \pm 13,24$  ve  $947,86 \pm 11,63$  mg gallik asit eşdeğeri/kg kurumadde olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.5). Serpen vd. [34] altı farklı siyez buğdayının toplam fenolik içeriğinin 2,55 ile 4,73  $\mu\text{mol/g}$  arasında değiştiğini ortalama değer ise 3,37  $\mu\text{mol/g}$  olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Karakaş vd. [35] siyez buğday tanesinin toplam fenolik

içeriğini  $72,08 \pm 0,86$  mg gallik asit eşdeğeri/kuru madde olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi, Kim ve Kim [39] olgunlaşmamış buğday tanelerinin toplam fenolik içeriğinin olgun buğday tanelerine göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ancak Saa vd. [72] olgun buğday ununun toplam fenolik içeriğinin olgunlaşmamış buğdaya göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Literatür verilerindeki bu farklılıklar, bağlı veya serbest formdaki fenolik bileşiklerin varlığına Kim ve Kim [39] ve ayrıca buğday çeşidine bağlı olabilir.

**Tablo 3.5** Siyez unlarının biyoaktif özellikleri

Siyez Unları	TFİ (mg GAE/kg KM)	DPPH ( $\mu$ mol TE/g KM)	CUPRAC ( $\mu$ mol TE/g KM)
Olgunlaşmamış Siyez Unu	$1165,24 \pm 13,24^a$	$10,11 \pm 0,11^a$	$28,32 \pm 1,30^a$
Olgunlaşmış Siyez Unu	$947,86 \pm 11,63^b$	$4,80 \pm 0,33^b$	$22,38 \pm 0,99^b$

### 3.5.2 Siyez Unlarının Antioksidan Kapasitesi

#### 3.5.2.1 DPPH Yöntemi

Tam buğday unu önemli miktarda antioksidan bileşikler içermektedir. Ancak bu bileşikler taneye homojen dağılmamışlardır [73]. Antioksidan bileşiklerin büyük bir kısmı aleuron tabakasında yer almaktadır [74]. Son çalışmalar; kepek, un ve ara ürünlerin farklı antioksidan aktivite gösterdiklerini ve kepeğin en yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır [75].

Toplam fenolik analiz sonuçlarında olduğu gibi, antioksidan analizinde de olgunlaşmamış tam siyez ununun antioksidan aktivitesinin olgun tam siyez ununa göre daha yüksek bulunmuştur. Bu değerler olgunlaşmamış tam siyez unu için,  $10,11 \pm 0,11$  iken olgunlaşmış tam siyez ununda  $4,40 \pm 0,33$   $\mu$ mol Troloks eşdeğeri/g kurumadde (Tablo 3.5).

#### 3.5.2.2 CUPRAC Yöntemi

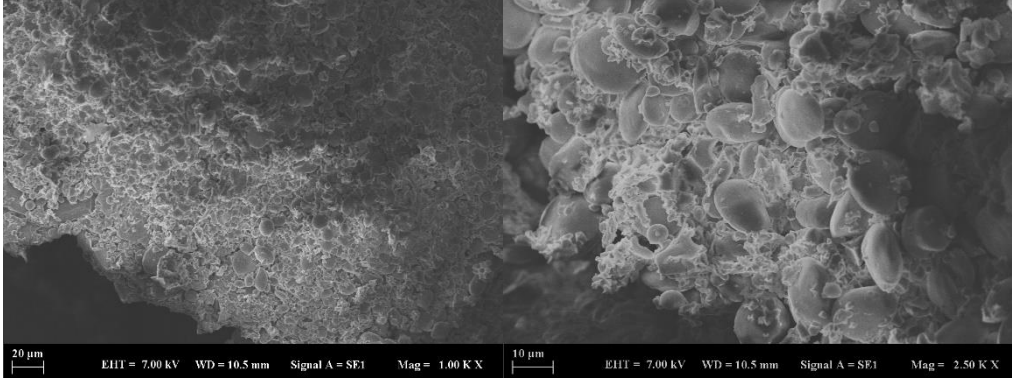
Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unlarının CUPRAC yöntemi ile antioksidan kapasite test değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir. Tablodan da görüleceği

gibi olgunlaşmamış siyez ununun antioksidan kapasitesi daha yüksek çıkmıştır. Bu değerler olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez unları için sırasıyla;  $28,32 \pm 1,30$  ve  $22,38 \pm 0,99$   $\mu\text{mol}$  Troloks eşdeğeri/g kurumadde olarak karşımıza çıkmaktadır.

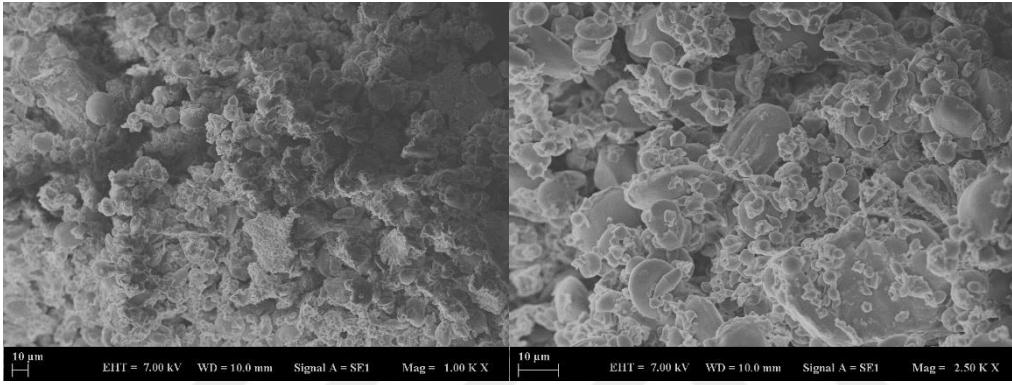
Hem DPPH hem de CUPRAC sonuçları, olgunlaşmamış tam siyez ununun antioksidan özelliğinin olgunlaşmış tam siyez ununa göre daha yüksek olduğunu ortaya çıkartmıştır ( $P \leq 0,05$ ), ayrıca CUPRAC sonuçlarının DPPH sonuçlarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Izambaeva vd. [29] kepekli siyez ununun CUPRAC için antioksidan aktivitesinin  $201,12$  mMTE/100g olduğunu ancak DPPH için antioksidan aktivitenin belirlenemediğini bildirmiştir. Pekkerişi vd. [36] siyez bulguru için DPPH ve CUPRAC değerlerini sırasıyla  $335,68$  mg TE/kg ve  $4,48$   $\mu\text{mol}$  TE/g olarak bildirmiştir. Ayrıca bu tez çalışmasında olduğu gibi Kim ve Kim [39] olgunlaşmamış buğday tanelerinin olgun buğday tanelerine göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir.

### **3.6 Siyez Unlarının Mikroyapısal Özellikleri**

Olgunlaşmış ve olgunlaşmamış siyez buğdayının mikroyapısal özellikleri taramalı elektron mikroskopta (SEM) görüntülenerek belirlenmiştir. Olgunlaşmamış tam siyez buğday endospermine ait görüntüler Şekil 3.6; olgunlaşmış tam siyez buğdayının endospermine ait görüntüler ise Şekil 3.7’de gösterilmiştir.  $2.500\times$  SEM görüntüleri birlikte değerlendirildiğinde, Şekil 3.6’daki  $2.500\times$  SEM görüntüsünde olgunlaşmamış tam siyez buğdayında nişasta granülleri (oval büyük şekiller) ve protein cisimciklerinin (nişasta etrafındaki küçük yuvarlaklar) oluşmaya başladığı ve protein yapılarının endospermde bir ağ oluşturduğu görülmektedir. Şekil 3.7’deki  $2.500\times$  SEM görüntüsünde ise nişasta granülleri ve protein ağının olgunlaştığı ve nişastanın protein ağı içerisine gömüldüğü görülmektedir.



Şekil 3.6 Olgunlaşmamış siyez unlarının 1.000x ve 2.500x SEM görüntüsü



Şekil 3.7 Olgunlaşmış siyez unlarının 1.000x ve 2.500x SEM görüntüsü

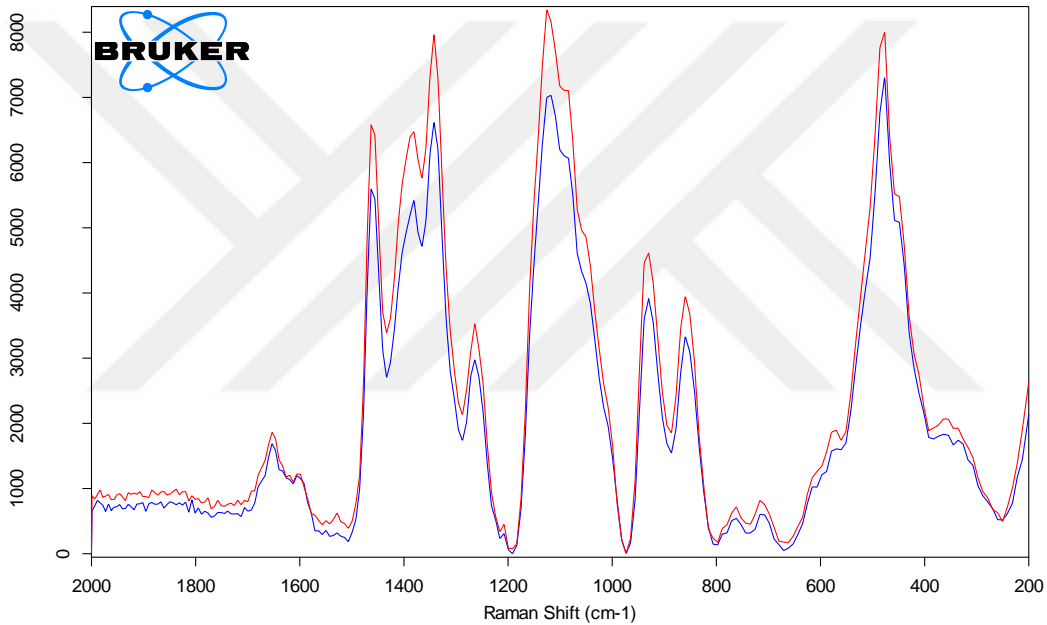
Yapılan bir çalışmada ekmeklik buğday endosperminde büyük (10-35 µm) A-tipi ve küçük (1-10 µm) B-tipi olmak üzere 2 tip nişasta granülünün olduğu bildirilmiştir [55]. Aynı çalışmada olgunlaşmış siyez buğdayında da benzer şekilde 2 tip nişasta granülü gözlenmiştir. Şekil 3.7’de de benzer sonuçlar görülmektedir. Ertop ve Atasoy [76] siyez buğdayı ile durum buğdayını kıyasladıkları bir çalışmada, siyez buğdayının daha opak olduğunu buna karşılık durum buğdayının ise camsı olduğunu bildirmişlerdir.

### 3.7 Olgunlaşmamış Siyez Buğdayında RAMAN ve FT-IR Spektroskopisi ile Siyez Ununun Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi

#### 3.7.1 Raman ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi

Raman spektroskopisi tekniği, araştırılan moleküllerin kimyasal bileşimi hakkında parmak izi niteliğinde bilgi sağlar [77]. Özellikle bir gıdaya ait Raman spektrumu o gıdanın kompozisyonel bileşimindeki yağlar, proteinler, karbonhidratlar ve diğer

minör bileşenler hakkında parmak izi niteliğinde spektral bilgi sağlamaktadır [78]. Olgunlaşmamış (kırmızı spektrum) ve olgunlaşmış (mavi spektrum) siyez tam unlarına ait Raman spektrumları Şekil 3.8’de sunulmuş olup birbirinden farklı özellik göstermektedir. Spektrum karakteristiği bakımından bir farklılık görülmemekle birlikte, numunelerin absorbands şiddetlerinde belirgin farklılık söz konusudur. Olgunlaşmamış siyez ununa ait Raman spektrumunda, 200-2000  $\text{cm}^{-1}$  aralığında daha yüksek şiddette pik yoğunluğu gözlenmiştir, bu durum iki farklı olgunlaşmamış siyez unu ile olgunlaşmış siyez unu numunesi arasında kompozisyonel farklılık olmadığı ancak kantitatif olarak farklılık olduğu ile ilişkilendirilebilir.



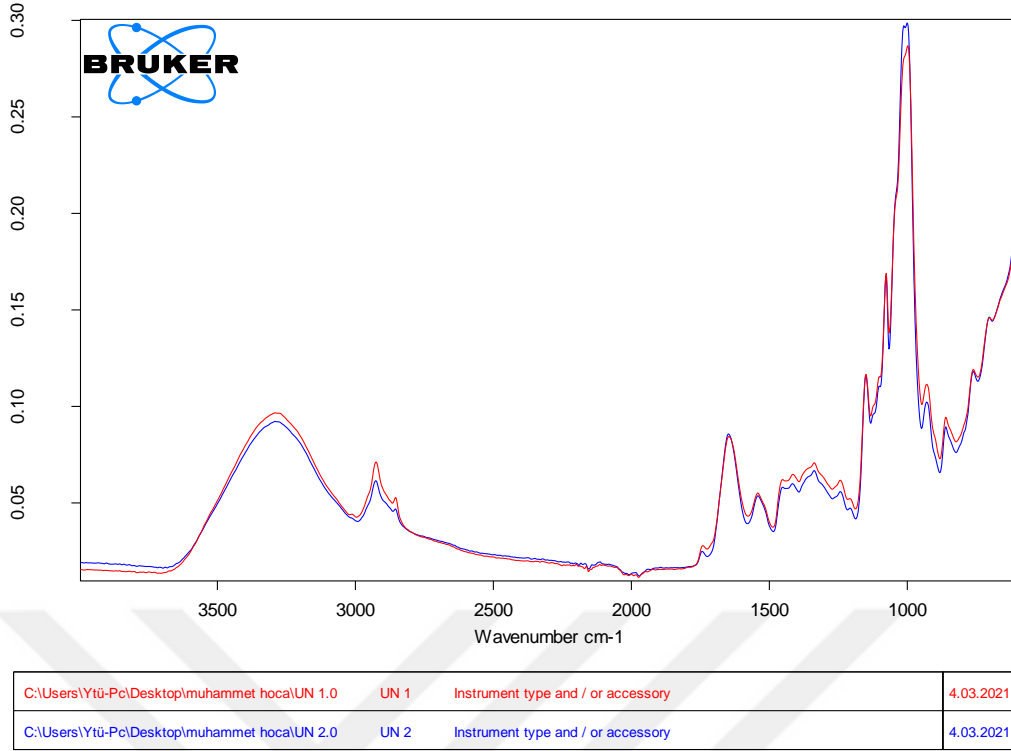
C:\Users\Ytü-Pc\Desktop\muhammet hocalun.1.spc	User_ID=Admin,SN=X1513152,Tint=10000000,Avg=3.1f,Baseline=1,Vialstate=0,Laserpow	1.01.2011
C:\Users\Ytü-Pc\Desktop\muhammet hocalun2.1.spc	User_ID=Admin,SN=X1513152,Tint=10000000,Avg=3.1f,Baseline=1,Vialstate=0,Laserpow	1.01.2011

Page 1/1

**Şekil 3.8** Siyez unlarının Raman Spektrumları

### 3.7.2 FTIR (Fourier Dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) ile Yapısal Özelliklerin Belirlenmesi

Olgunlaşmamış (kırmızı renkli spektrum) ve olgunlaşmış (mavi renkli spektrum) siyez tam unlarına ait FTIR spektrumları Şekil 3.9’da verilmiştir. Her iki siyez unu numunelerinin FTIR spektrumları birbirlerine oldukça benzerdir. Spektrum karakteristiği ve absorbands şiddetleri arasında belirgin bir fark görülememiştir.



Page 1/1

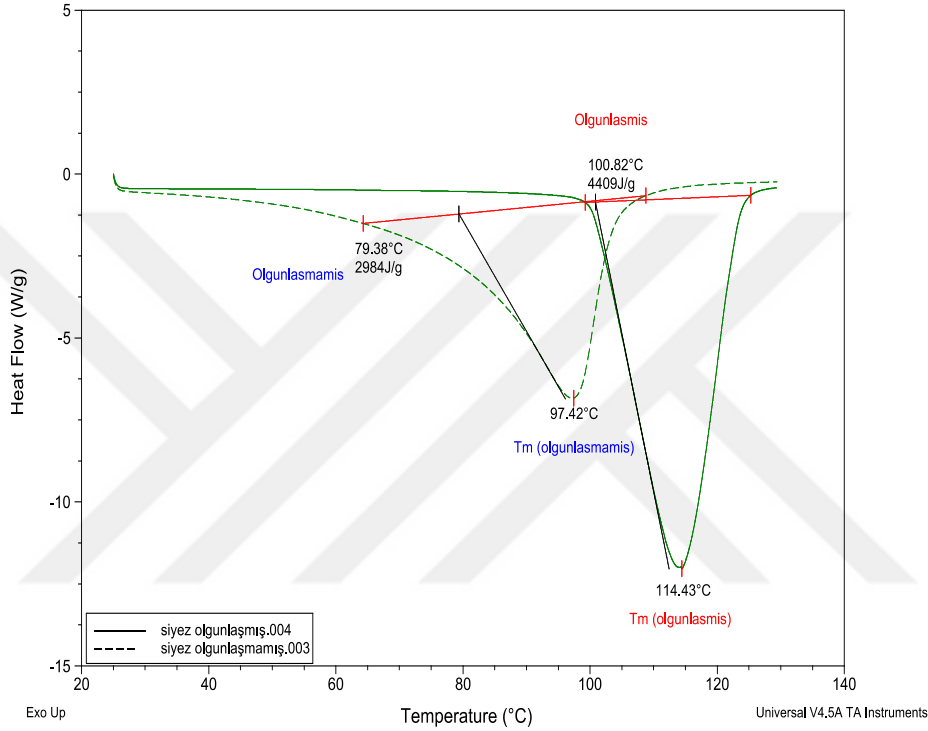
Şekil 3.9 Siyez unlarının FTIR Spektrumları

### 3.8 Siyez Unlarının Termal Özellikleri

Siyez unlarına ait termal özellikler Şekil 3.10'da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere, nişasta jelatinizasyonuna ait tipik endotermik pik elde edilmiştir. Endotermik pikin görülmeye başladığı sıcaklık olgunlaşmamış siyez unu için 79°C ( $T_0$ =jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı), olgunlaşmış siyez unu için 100°C ( $T_0$ ) olduğu görülmüştür. Endotermik pik, nişastanın çift sarmal yapısında bulunan H bağlarının kırılmasıyla açığa çıkan termal enerjinin absorplanmasıyla ilişkilendirilir. Nişasta granüllerinin ısıtılmış sulu dispersiyonlarda şişmesi genellikle bu endotermik geçişin başlangıç sıcaklığına ( $T_0$ ) karşılık gelen bir sıcaklıkta başlamaktadır. Nişasta da çoğunlukla amilopektinin çift sarmal yapılarının erimesi ise zirvede yani pik sıcaklığında ( $T_m$ ) görülmektedir. Endotermik pikin altında kalan alan ise görünür erime entalpisi ( $\Delta H_m$ ) olarak tanımlanmaktadır.  $\Delta H_m$ , ısıtılmış örnekte nişasta granüllerinin moleküler yapılarının bozulması için gerekli olan net enerji miktarıdır [79]. Bu entalpi değerleri, olgunlaşmamış siyez unu için 2984 J/g, olgunlaşmış siyez unu için ise 4409 J/g olarak tespit edilmiştir.

Sereti vd. [80] yaptıkları bir araştırmada, olgunlaşmış siyez unu için endotermik pikin görülmeye başladığı sıcaklık, jelatinizasyon başlangıç sıcaklığını 59°C olarak

bildirmişlerdir. Olgunlaşmış siyez buğdayı için literatürde belirtilen bu sonuç ile bu araştırmada elde edilen sonucun ( $T_0= 100^{\circ}\text{C}$ ) farklı olmasının sebebi, araştırmada tam siyez unu ile çalışılmış olmasından kaynaklanabilir. Ayrıca, termal özelliklerdeki bu farklılıkların, örneklerde bulunan amiloz ve amilopektin miktarında da etkilendiği bildirilmiştir.



Şekil 3.10 Siyez unlarının termal özellikleri

### 3.9 Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Prebiyotik Potansiyeli

Olgunlaşmamış siyez ununun probiyotik bakteriler üzerine muhtemel prebiyotik etkisi, probiyotik bir bakteri ile yoğurt üretimi ile belirlenmiştir. Yoğurt yapılacak süt içerisine %1 oranında tam siyez unu (olgunlaşmış ve olgunlaşmamış) ilave edilerek normal yoğurt bakterileri (*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*), *Streptococcus thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* yerine probiyotik bakteri (*Lactobacillus acidophilus*) kullanımı ile yoğurt üretilmiş ve 14 gün boyunca (1., 7. ve 14. günler) üretilen yoğurdun mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Yoğurt üretiminde bileşimi Tablo 3.6’da gösterilen inek sütü kullanılmıştır.

**Tablo 3.6** Yoğurt üretiminde kullanılan çiğ sütün fizikokimyasal özellikleri

pH	Protein (%)	Kurumadde (%)	Kül (%)	Yağ (%)
6,3	3,06±0,02	11,56±0,03	0,56±0,02	3,5±0,03

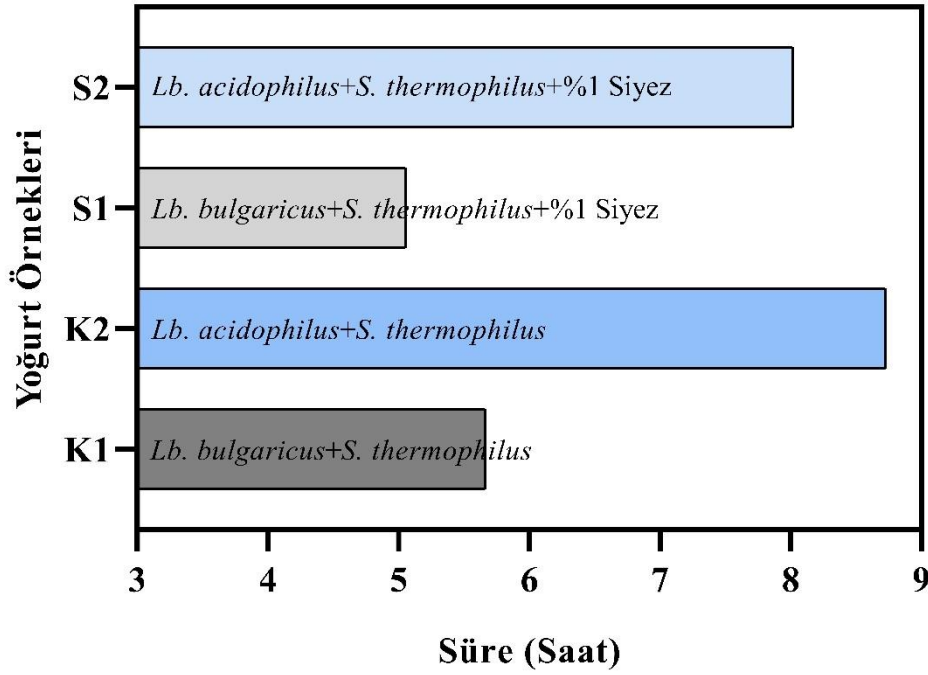
### 3.9.1 Yoğurt Örneklerinin Fizikokimyasal Özellikleri

Üretilen yoğurtların 1., 5., 10., 15. ve 20. gün analizleri yapılmıştır. Tablo 3.7’de bakterilerin başlangıç inokülasyon sayıları verilmiştir.

**Tablo 3.7** Yoğurt üretiminde kullanılan bakterilerin inokülasyon sayıları  
(log kob/g)

<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Lb. acidophilus</i>
8,21	8,05	8,15

Şekil 3.11’de üretilen yoğurtların pH 4,6’ya düşme süreleri verilmiştir. Yerli starter kültür inoküle edilen sütlerin pH’ları yaklaşık 5 saat sonra 4,6’ya düşerken *Lactobacillus acidophilus* inoküle edilen sütün pH’sı ancak 8 saat sonra aynı değere ulaşabilmiştir. Bunda inoküle edilen bakteri sayısının etkili olabileceği aynı zamanda *Lactobacillus acidophilus*’un optimum gelişme sıcaklığının 37 °C olması nedeniyle pH düşüşünün geç olduğu düşünülmektedir (Şekil 3.11).



**Şekil 3.11** Yoğurt örneklerinin pH değerlerinin 4,6'ya düşme süreleri

Üretilen yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca fizyokimyasal özelliklerindeki değişimler Tablo 3.8'de sunulmuştur. Depolamanın 1. gününden 14. gününe kadar her dört yoğurdun da pH değerinde düşüş tespit edilmiştir. 14 günlük depolama süresi sonunda en düşük pH değeri (4,14) yerli starter kültür kullanılarak üretilen yoğurt örneğinde tespit edilmiştir. Bununla birlikte 14 günlük depolama süresi sonunda en yüksek pH değeri (4,28) probiyotik *Lb. acidophilus* ile üretilen yoğurt örneğinde tespit edilmiş olup olgunlaşmamış siyez ununun kullanılması yoğurt örneğinin pH değerinin daha da düşmesiyle sonuçlanmıştır (4,19) ( $P \leq 0,05$ ). Yerli starter kültür kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinde ise olgunlaşmamış siyez unu kullanılması 14 günlük depolama sonunda pH değerinde bir artış ile sonuçlanmıştır ( $P \leq 0,05$ ).

Yoğurt örneklerinin protein içeriği % 3,72 ile % 4,90 arasında değişmiş olup tüm örnekler için depolama süresi boyunca protein içeriğinde artış tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Yoğurt örneklerinin su tutma kapasitelerinin 14 günlük depolama süresi sonunda 1. güne kıyasla daha yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Ancak yerli starter kültür kullanılarak üretilen yoğurt örneği (K1) için 7 günlük depolama sonunda 1 güne kıyasla daha düşük su tutma kapasitesi değeri tespit edilmiştir. Yerli

starter kültür (K1) ve probiyotik (K2) kullanılarak üretilen yoğurt örneklerinin sineresis değerlerinde depolama süresi boyunca bir azalma tespit edilmiş, ancak olgunlaşmamış siyez unu ilave edilen yoğurt örneklerinin (S1 ve S2) sineresis değerlerinde dikkate değer bir artış saptanamamıştır ( $P>0,05$ ). Yoğurt örneklerinin kuru madde düzeyleri birbirine yakın değerler olup olgunlaşmamış siyez unu kullanılması kuru madde düzeylerini etkilememiştir ( $P>0,05$ ). Yoğurt örneklerinin yağ oranları % 3,52 ile % 3,12 arasında değişmiş olup genel olarak olgunlaşmamış siyez unu kullanılması yoğurt örneklerinin yağ oranını önemli düzeyde etkilemiştir. Bununla birlikte sadece probiyotik kültür ve olgunlaşmamış siyez ununun birlikte kullanılarak üretildiği yoğurt örneğinin yağ oranında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir artış tespit edilmiştir ( $P\leq 0,05$ ).

Yapılan bir çalışmada [40] *Lb. acidophilus* NCFM, *Lb. casei* 431 ve *Lb. acidophilus* 20079 probiyotik kültürler olarak kullanılmış olup ayrıca olgunlaşmamış siyez buğdayı tanesinin yoğurt örneklerinin fizikokimyasal, duyusal ve tekstürel özellikleri ile prebiyotik etkisi araştırılmıştır. 14 günlük depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin pH değerlerinde değişiklikler kaydedilmiş olsa da özellikle olgunlaşmamış buğday tanesi kullanılmasının yoğurt örneklerinin pH değerini düşürdüğü belirtilmiştir. Buna karşılık probiyotik kültürlerin olgunlaşmamış buğday tanesiyle birlikte veya ayrıca kullanılmalarının yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir ( $P>0,05$ ). Bizim çalışmamızda ise probiyotik *Lb. acidophilus* ve olgunlaşmamış tam siyez unu içeren yoğurt örneklerinin su tutma kapasitesi değerleri kontrol örneğine kıyasla önemli düzeyde farklılıklar kaydedilmiştir. Aynı çalışmada probiyotik kültürlerin ve olgunlaşmamış tam buğday kullanılmasının yoğurt örneklerinin sinerezis ve kül içeriğini de önemli düzeyde etkilemediği bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise olgunlaşmamış tam siyez unu ilavesi yoğurt örneklerinin sinerezis değerlerinin düşmesine neden olmuşken, kül içeriği değerlerinde farklılıklar olsa da istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Literatür de bildirilen sonuçlar ile bu çalışmadan elde edilen bulgular arasındaki farklılıklar kullanılan buğday çeşidinin farklı olması, probiyotik kültürlerin suş bazında farklı olması veya buğday ve siyez besinsel özelliklerinin ve/veya olgunlaşma sırasında meydana gelebilecek farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

**Tablo 3.8** Yoğurt örneklerinin depolama boyunca fizikokimyasal özellikleri

Yoğurt örnekleri	Depolama Süresi	pH	Protein (%)	Su tutma kapasitesi (%)	Sineresis (%)	Kuru madde (%)	Kül oranı (%)	Yağ oranı (%)
K1	1. gün	4,25±0,01 <sup>e</sup>	4,00±0,37 <sup>cd</sup>	50,03±1,13 <sup>ab</sup>	47,00±0,62 <sup>a</sup>	12,21±0,58 <sup>a</sup>	0,82±0,01 <sup>a</sup>	3,52±0,01 <sup>a</sup>
	7. gün	4,16±0,01 <sup>h</sup>	4,22±0,02 <sup>abcd</sup>	41,39±0,96 <sup>e</sup>	47,03±0,36 <sup>a</sup>	11,55±0,09 <sup>a</sup>	0,57±0,16 <sup>ab</sup>	3,50±0,10 <sup>ab</sup>
	14. gün	4,14±0,01 <sup>h</sup>	4,90±0,01 <sup>a</sup>	52,51±3,98 <sup>a</sup>	43,88±0,04 <sup>b</sup>	12,06±0,15 <sup>a</sup>	0,60±0,06 <sup>ab</sup>	3,45±0,05 <sup>abc</sup>
K2	1. gün	4,38±0,01 <sup>a</sup>	3,72±0,04 <sup>d</sup>	42,96±0,21 <sup>e</sup>	46,50±0,94 <sup>a</sup>	11,89±0,78 <sup>a</sup>	0,77±0,03 <sup>ab</sup>	3,48±0,01 <sup>ab</sup>
	7. gün	4,29±0,01 <sup>c</sup>	4,47±0,02 <sup>abcd</sup>	44,25±1,04 <sup>de</sup>	46,77±0,86 <sup>a</sup>	11,80±0,00 <sup>a</sup>	0,45±0,46 <sup>ab</sup>	3,45±0,15 <sup>abc</sup>
	14. gün	4,28±0,01 <sup>cd</sup>	4,76±0,19 <sup>abc</sup>	49,96±1,08 <sup>abc</sup>	45,87±0,02 <sup>a</sup>	12,38±0,23 <sup>a</sup>	0,58±0,19 <sup>ab</sup>	3,50±0,10 <sup>ab</sup>

K1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus*, K2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus*

**Tablo 3.8** Üretilen yoğurtların depolama süresi boyunca fizikokimyasal özellikleri (devamı)

Yoğurt örnekleri	Depolama Süresi	pH	Protein (%)	Su tutma kapasitesi (%)	Sineresis (%)	Kuru madde (%)	Kül oranı (%)	Yağ oranı (%)
	1. gün	4,30±0,01 <sup>c</sup>	4,17±0,66 <sup>abcd</sup>	44,64±2,09 <sup>cde</sup>	37,92±0,39 <sup>e</sup>	13,02±0,62 <sup>a</sup>	0,29±0,29 <sup>ab</sup>	3,27±0,01 <sup>abcd</sup>
S1	7. gün	4,19±0,01 <sup>fg</sup>	4,87±0,07 <sup>ab</sup>	53,99±1,01 <sup>a</sup>	39,75±0,14 <sup>c</sup>	11,76±0,24 <sup>a</sup>	0,64±0,11 <sup>ab</sup>	3,25±0,05 <sup>bcd</sup>
	14. gün	4,20±0,01 <sup>f</sup>	4,54±0,41 <sup>abc</sup>	48,75±2,99 <sup>abcd</sup>	39,43±0,27 <sup>cd</sup>	11,92±0,63 <sup>a</sup>	0,64±0,08 <sup>ab</sup>	3,12±0,02 <sup>d</sup>
	1. gün	4,34±0,01 <sup>b</sup>	4,13±0,41 <sup>bcd</sup>	45,57±2,99 <sup>bcd</sup>	38,17±0,18 <sup>de</sup>	12,52±1,69 <sup>a</sup>	0,46±0,14 <sup>ab</sup>	3,21±0,01 <sup>cd</sup>
S2	7. gün	4,18±0,01 <sup>g</sup>	4,50±0,04 <sup>abc</sup>	53,61±0,95 <sup>a</sup>	40,24±0,24 <sup>c</sup>	12,60±0,17 <sup>a</sup>	0,18±0,18 <sup>b</sup>	3,25±0,15 <sup>bcd</sup>
	14. gün	4,19±0,01 <sup>g</sup>	4,90±0,01 <sup>a</sup>	53,35±0,28 <sup>a</sup>	39,04±0,64 <sup>cde</sup>	12,66±0,13 <sup>a</sup>	0,18±0,01 <sup>b</sup>	3,52±0,01 <sup>a</sup>

S1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus* + %1 Olgunlaşmamış siyez unu, S2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus* %1 Olgunlaşmamış siyez unu

### 3.9.2 Yoğurt Örneklerinin Tekstürel Özellikleri

Üretilen yoğurtların depolama sırasındaki tekstürel özellikleri Tablo 3.9’da verilmiştir. Üretilen dört yoğurt örneği arasında en sert yapıya sahip örneklerin prebiyotik olarak siyez ilave edilmemiş K2 ve K1 örnekleri olduğu belirlenmiştir. Yoğurt örneklerinin sertlik değerleri arasındaki istatistiksel farklılık önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Yoğurt örneklerine %1 oranında olgunlaşmamış siyez ilavesi örneklerin sertlik değerinin düşmesiyle sonuçlanmıştır. Bununla birlikte probiyotik *Lb. acidophilus* içeren K2 örneği en yüksek sertlik değerine sahip örnek olarak belirlenmişken, probiyotik *Lb. acidophilus* ve siyezin birlikte kullanılmasıyla üretilen S2 yoğurt örneğinin sertlik değerinin en az sertlik değerine sahip yoğurt örneği olduğu belirlenmiştir ve yoğurt üretiminde probiyotik ve siyezin birlikte kullanılması sertlik değerinin düşmesiyle sonuçlanmıştır. Depolama süresi boyunca tüm yoğurt örneklerinin sertlik değeri 1. gün elde edilen sertlik değerlerine kıyasla artış göstermiştir ( $P \leq 0,05$ ) ve siyez ve yoğurt starter kültürlerini içeren S1 yoğurt örneği en yüksek sertlik değerine sahip örnek olarak belirlenmiştir. Depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin sertlik değerindeki artış depolama sırasında protein içeriklerinin artmasıyla ilişkili olabileceği bildirilmiştir [81]. Ayrıca sertlik parametresi yoğurt örneklerinin yüzey sertliği ile ilgili de bilgi vermektedir.

Yoğurt örneklerinin kıvam değerleri sertlik parametreleriyle paralellik göstermiş olup kıvam değeri en yüksek yoğurt örnekleri K2 ve K1 olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte kıvam değeri en düşük yoğurt örneği ise siyez ve yoğurt starter kültürlerini birlikte içeren S1 olarak belirlenmiştir. Sertlik değerinde olduğu gibi yoğurt örneklerinin kıvam değerinde de siyez kullanılması bir düşüşe neden olmuştur. 14 günlük depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin kıvam değerlerinde artış belirlenmiş olup kıvam değeri en yüksek örnek olarak K2 örneği tespit edilmiştir. Bununla birlikte siyez ve yoğurt starter kültürlerinin birlikte kullanılmasıyla üretilen S1 örneği de depolama sonunda en yüksek ikinci kıvam değerine sahip yoğurt örneği olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak siyez içermeyen K1 ve K2 örneklerinin daha kıvamlı bir yapıya sahip olduğu ve siyez içeren S1 ve S2 örneklerinin kıvam değerlerinin ise K1 örneğine daha yakın değerler olduğu tespit edilmiştir.

Yoğurt örneklerinin yapışkanlık parametreleri için en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla K2 ve S2 örnekleri için tespit edilmiştir. Yoğurt üretiminde prebiyotik olarak siyezün yoğurt starter kültürleriyle birlikte kullanılması örneklerin yapışkanlık değerini arttırken, probiyotik *Lb. acidophilus* ile birlikte kullanılması ise yapışkanlık değerlerinin düşmesiyle sonuçlanmıştır. Tüm yoğurt örnekleri için depolama süresi boyunca yapışkanlık değerlerinde artış tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ).

Üretilen yoğurt örneklerinin viskozite değerleri içerisinde K2 örneğinin viskozite değeri en yüksek olarak tespiti edilmiştir. K1 ve S1 örneklerinin viskozite değerleri ise birbiriyle paralellik göstermiş olup yakın değerler elde edilmiştir. Ancak siyez ve probiyotik *Lb. acidophilus* içeren S2 örneğinin viskozite değeri en düşük değer olarak tespit edilmiştir. Bununla birlikte depolama süresi boyunca yoğurt örneklerinin viskozite değerlerinde artış tespit edilmiş olup 14 günlük depolama sonunda en yüksek viskozite değerine sahip yoğurt örneği S2 olarak belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada probiyotik yoğurt üretiminde *Lb. acidophilus* NCFM, *Lb. casei* 431 ve *Lb. acidophilus* 20079 probiyotik kültürler olarak kullanılmış olup ayrıca olgunlaşmamış buğday tanesinin yoğurt örneklerinin tekstürel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır [40]. Üretilen yoğurt örnekleri içerisinde en yüksek sertlik değerine sahip örneğin *Lb. casei* 431 ve olgunlaşmamış tam buğday içeren yoğurt örneğinin olduğu, probiyotik bakterilerin kullanılmasının yoğurt örneklerinin sertlik değerini azalttığı ancak probiyotik ve olgunlaşmamış buğday tanesi içeren yoğurt örneklerinin sertlik değerinin sadece probiyotik içeren örneklere kıyasla daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda da probiyotik kültür ve olgunlaşmamış tam siyez unu içeren yoğurt örnekleri için benzer eğilimde sertlik değerleri kaydedilmiştir.

Demirci vd. [40] yoğurt üretiminde probiyotik ve olgunlaşmamış tam buğday tanesi kullanılmasının yoğurt örneklerinin kıvam değerini kontrole göre azalttığını ancak probiyotik ve olgunlaşmamış tam buğday içeren yoğurt örneklerinin kıvam değerinin probiyotik içeren örneklere kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte aynı çalışmada olgunlaşmamış tam buğday tanesi kullanılmasının yoğurt örneklerinin yapışkanlık ve viskozite indeks değerlerini arttırdığı bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında ise probiyotik *Lb. acidophilus* içeren yoğurt örneğinin (K2) kıvam değeri kontrol örneğinden daha yüksektir, ancak Demirci vd. [40] ile benzer şekilde yoğurt üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılması

yoğurt örneklerinin kıvam değerinin düşmesiyle sonuçlanmıştır. Bu tez çalışmasındaki yapışkanlık ve viskozite indeks değerleri probiyotik *Lb. acidophilus* içeren yoğurt örneğinde en fazla olarak tespit edilmişken, olgunlaşmamış tam siyez unu ile probiyotik bakterinin birlikte kullanılması bu değerlerin düşmesine neden olmuştur.

**Tablo 3.9** Yoğurt örneklerinin depolama boyunca tekstürel özellikleri

Yoğurt Örnekleri	Depolama Süresi	Sertlik (g)	Kıvam (g sn)	Yapışkanlık (g)	Viskozite indeksi (g sn)
K1	1. gün	79,38±0,10 <sup>j</sup>	2.015,53±2,43 <sup>abc</sup>	-23,65±0,50 <sup>b</sup>	-22,41±0,07 <sup>b</sup>
	7. gün	103,82±0,17 <sup>e</sup>	2.511,72±5,60 <sup>abc</sup>	-31,58±0,78 <sup>e</sup>	-37,09±2,70 <sup>cd</sup>
	14. gün	92,80±0,20 <sup>g</sup>	2.226,56±3,98 <sup>abc</sup>	-34,14±0,61 <sup>f</sup>	-40,67±2,30 <sup>d</sup>
K2	1. gün	117,15±0,11 <sup>d</sup>	2.741,11±7,38 <sup>abc</sup>	-29,11±0,93 <sup>d</sup>	-34,40±1,84 <sup>c</sup>
	7. gün	128,66±0,10 <sup>c</sup>	3.009,92±6,50 <sup>ab</sup>	-38,32±0,10 <sup>gh</sup>	-48,00±3,40 <sup>e</sup>
	14. gün	142,95±0,17 <sup>b</sup>	3.294,62±8,90 <sup>a</sup>	-48,73±0,75 <sup>j</sup>	-53,56±2,50 <sup>fg</sup>
S1	1. gün	77,10±0,30 <sup>k</sup>	1.359,29±6,78 <sup>c</sup>	-27,25±0,48 <sup>c</sup>	-22,04±1,20 <sup>b</sup>
	7. gün	92,87±0,25 <sup>f</sup>	2.054,62±5,20 <sup>abc</sup>	-36,86±0,63 <sup>g</sup>	-57,96±0,50 <sup>g</sup>
	14. gün	215,40±0,40 <sup>a</sup>	3.108,59±4,30 <sup>a</sup>	-39,47±0,45 <sup>h</sup>	-49,07±1,20 <sup>ef</sup>
S2	1. gün	60,90±0,25 <sup>l</sup>	1.495,49±4,20 <sup>bc</sup>	-19,99±0,21 <sup>a</sup>	-14,76±1,72 <sup>a</sup>
	7. gün	91,22±0,17 <sup>h</sup>	1.982,32±5,20 <sup>abc</sup>	-41,32±0,63 <sup>i</sup>	-68,17±0,68 <sup>h</sup>
	14. gün	83,62±0,30 <sup>i</sup>	2.090,95±6,20 <sup>abc</sup>	-39,75±0,75 <sup>h</sup>	-66,88±0,75 <sup>h</sup>

K1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus*, K2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus*, S1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus* + %1 Olgunlaşmamış siyez unu, S2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus* %1 Olgunlaşmamış siyez unu

### 3.9.3 Yoğurt Örneklerinin Duyusal Özellikleri

Bu çalışmada değerlendirilen duyusal parametrelere (dış görünüş, kıvam (kaşıkla), kıvam (ağız), koku, tat ve genel beğeni) ilişkin elde edilen sonuçlar Tablo 3.10'da sunulmuştur. K1 örneğinin dış görünüşü panelistler tarafından en yüksek puan

almıştır ve diğer yoğurt örnekleri için K1 örneğine kıyasla daha düşük puanlama yapılmıştır. Depolama boyunca yoğurt örneklerinin dış görünüşlerinde istatistiksel olarak farklılıklar tespit edilmemiş olup önemli düzeyde olmayan artış veya azalışlar panelistler tarafından puanlanmıştır ( $P>0,05$ ).

Yoğurt örneklerinin hem kaşık hem de ağızla kıvam değerleri için birbirine yakın puanlama yapılmış olup önemli farklılıklar tespit edilmemiştir ( $P>0,05$ ). Ayrıca depolama süresi boyunca da önemli farklılıklar tespit edilmemiştir.

Yoğurt örneklerinin koku ve tat duyuşal parametreleri olgunlaşmamış tam siyez unu ilavesiyle önemli düzeyde değişiklikler göstermiş olup ( $P\leq 0,05$ ) siyez unu içeren örneklerin koku ve tat parametreleri panelistler tarafından daha düşük skorlar ile puanlanmıştır. Yoğurt örneklerinin koku ve tat özellikleri depolama süresi boyunca artış veya azalış göstermiş olup panelistler tarafından önemli olmayan düzeyde skorlar ile puanlanmıştır. Bununla birlikte olgunlaşmamış tam siyez unu içeren yoğurt örneklerinin koku ve tat parametreleri 14 günlük depolama sonunda en düşük skorlar ile puanlanmıştır.

Yerli yoğurt starter kültürleri kullanılarak üretilen yoğurt örneği (K1) ve probiyotik *Lb. acidophilus* kullanılarak üretilen yoğurt örneğinin (K2) genel beğeni puanları panelistler tarafından en yüksek skorlar ile puanlanmıştır. Buna karşın, bu yoğurt örneklerine %1 oranında olgunlaşmamış tam siyez unu ilave edilerek üretilen yoğurt örneklerinin (S1 ve S2) genel beğeni puanları ise panelistler tarafından daha düşük skorlar ile puanlanmış ve yoğurt üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılması genel beğeni puanının düşmesiyle sonuçlanmıştır. Her bir yoğurt örneği için genel beğeni puanı depolama süresi boyunca artış veya azalış göstermiş olup istatistiksel olarak önemli düzeyde değişiklik tespit edilmemiştir ( $P>0,05$ ). Bununla birlikte 14 günlük depolama süresi sonunda en düşük puanlama S1 ve S2 örnekleri için yapılmış elde edilen genel beğeni skorları K1 ve K2 örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P\leq 0,05$ ).

Yapılan bir çalışmada probiyotik yoğurt üretiminde *Lb. acidophilus* NCFM, *Lb. casei* 431 ve *Lb. acidophilus* 20079 probiyotik kültürler olarak kullanılmış olup ayrıca olgunlaşmamış buğday tanesinin yoğurt örneklerinin duyuşal özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır [40]. Bizim çalışmamızla benzer şekilde yoğurt üretiminde olgunlaşmamış buğday kullanılması yoğurt örneklerinin görünüş,

kıvam, koku, tat ve genel beğeni skorlarının düşmesine neden olduğu bildirilmiştir [40].

Sonuç olarak yoğurt üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılması yoğurt örneklerinin tadı, kokusu, kıvamı ve dış görünüşü sade olan yoğurt çeşitlerine göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresi arttıkça genel olarak ekşi tat için daha düşük puanlama yapıldığı görülmüştür. Bu durum ise depolama boyunca yoğurt üretiminde kullanılan bakterilerin olgunlaşmamış tam siyez ununu substrat olarak kullandığı ve üretilen laktik asit nedeniyle yoğurdun pH değerlerinin düşmesine sebep olduğu şeklinde açıklanabilir.



**Tablo 3.10** Yoğurt örneklerinin depolama boyunca duyuşal özellikleri

Yoğurt Örnekleri	Depolama Süresi	Dış görünüş	Kıvam (Kaşıkla)	Kıvam (Ağızla)	Koku	Tat	Genel beğeni
K1	1. gün	4,80±0,42 <sup>a</sup>	3,90±1,10 <sup>a</sup>	4,00±0,94 <sup>a</sup>	4,70±0,48 <sup>ab</sup>	4,50±0,71 <sup>ab</sup>	21,90±2,51 <sup>a</sup>
	7. gün	4,15±0,67 <sup>ab</sup>	3,85±0,75 <sup>a</sup>	4,15±0,82 <sup>a</sup>	4,30±0,67 <sup>abc</sup>	4,40±0,52 <sup>ab</sup>	20,85±2,65 <sup>abc</sup>
	14. gün	4,30±0,82 <sup>ab</sup>	4,00±0,94 <sup>a</sup>	4,00±0,94 <sup>a</sup>	4,80±0,42 <sup>a</sup>	4,00±1,05 <sup>bc</sup>	21,10±2,88 <sup>ab</sup>
K2	1. gün	3,70±1,34 <sup>bc</sup>	4,10±0,99 <sup>a</sup>	4,10±0,88 <sup>a</sup>	4,60±0,70 <sup>ab</sup>	4,80±0,42 <sup>a</sup>	21,30±3,40 <sup>ab</sup>
	7. gün	3,65±1,06 <sup>bc</sup>	3,70±0,82 <sup>a</sup>	3,70±0,82 <sup>a</sup>	4,30±0,82 <sup>abc</sup>	3,80±0,79 <sup>bcd</sup>	19,15±3,35 <sup>abcd</sup>
	14. gün	4,20±0,79 <sup>ab</sup>	4,20±0,92 <sup>a</sup>	4,20±1,03 <sup>a</sup>	4,30±1,06 <sup>abc</sup>	4,40±0,52 <sup>ab</sup>	21,30±3,30 <sup>ab</sup>

K1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus*, K2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus*

**Tablo 3.10** Üretilen yoğurt örneklerinin depolama süresi boyunca duyuşal özellikleri (devamı)

Yoğurt Örnekleri	Depolama Süresi	Dış görünüş	Kıvam (Kaşıkla)	Kıvam (Ağızla)	Koku	Tat	Genel beğeni
S1	1. gün	3,60±1,26 <sup>bc</sup>	3,80±1,03 <sup>a</sup>	3,70±0,82 <sup>a</sup>	4,20±0,92 <sup>abc</sup>	3,60±0,84 <sup>cd</sup>	18,90±3,41 <sup>bcd</sup>
	7. gün	3,45±1,30 <sup>bc</sup>	4,10±0,74 <sup>a</sup>	3,50±0,97 <sup>a</sup>	3,80±0,79 <sup>c</sup>	3,20±0,63 <sup>de</sup>	18,05±2,61 <sup>cd</sup>
	14. gün	3,60±1,51 <sup>bc</sup>	3,50±0,85 <sup>a</sup>	3,50±1,08 <sup>a</sup>	4,00±1,15 <sup>bc</sup>	2,80±1,23 <sup>e</sup>	17,40±4,35 <sup>d</sup>
S2	1. gün	3,80±1,40 <sup>ab</sup>	3,80±1,14 <sup>a</sup>	3,80±1,03 <sup>a</sup>	3,80±0,92 <sup>c</sup>	3,30±0,67 <sup>cde</sup>	18,50±4,45 <sup>bcd</sup>
	7. gün	3,45±0,69 <sup>bc</sup>	4,00±0,82 <sup>a</sup>	3,70±0,95 <sup>a</sup>	3,75±1,18 <sup>c</sup>	3,10±0,74 <sup>de</sup>	18,00±3,23 <sup>cd</sup>
	14. gün	3,10±,120 <sup>c</sup>	4,20±0,92 <sup>a</sup>	3,50±1,18 <sup>a</sup>	3,80±0,97 <sup>c</sup>	2,70±1,16 <sup>e</sup>	17,30±2,83 <sup>d</sup>

S1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus* + %1 Olgunlaşmamış siyez unu, S2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus* %1 Olgunlaşmamış siyez unu

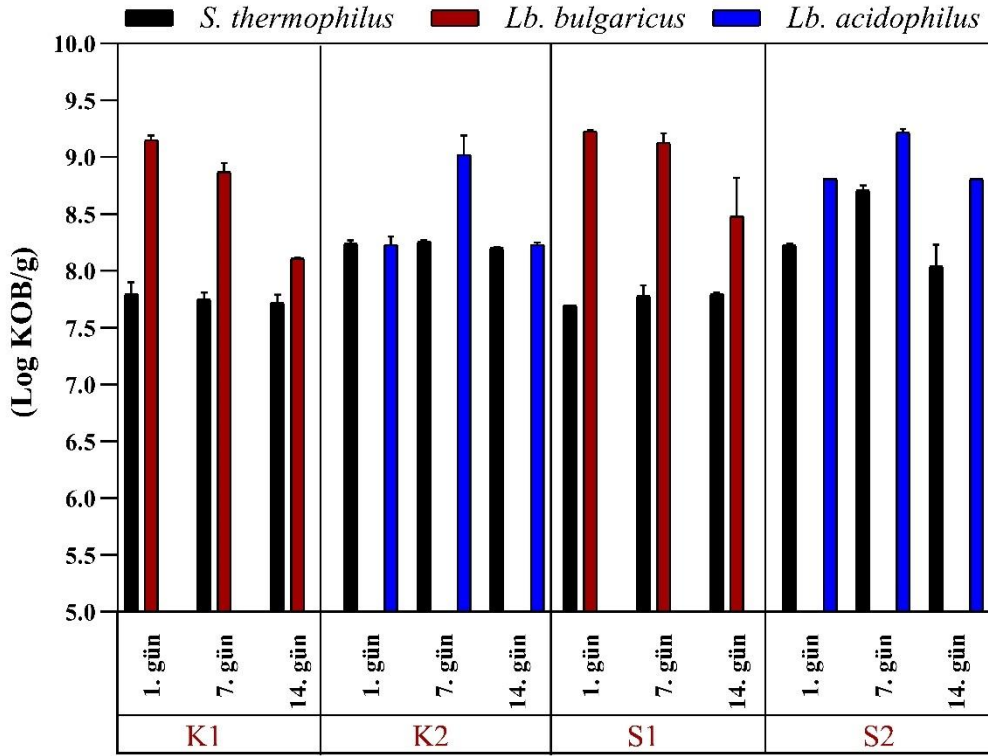
### 3.9.4 Yoğurtların Mikrobiyolojik Özellikleri

Üretilen yoğurtların mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 3.11 ve Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Depolama süresince her dört yoğurtta *S. thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* canlılıkları  $10^7$  kob/g’dan fazladır. Elde edilen bu değerlerin Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği’nde belirtilen değerlere uygun olduğu görülmektedir.

**Tablo 3.11** Yoğurt örneklerinin depolama boyunca mikrobiyolojik özellikleri (log kob/g)

Yoğurt Örnekleri	Depolama Süresi	<i>S. thermophilus</i>	<i>Lb. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	<i>Lb. acidophilus</i>
K1	1. gün	7,80±0,10	9,15±0,04	-
	7. gün	7,75±0,06	8,87±0,08	-
	14. gün	7,72±0,07	8,11±0,01	-
K2	1. gün	8,24±0,03	-	8,23±0,07
	7. gün	8,26±0,01	-	9,02±0,17
	14. gün	8,20±0,01	-	8,23±0,02
S1	1. gün	7,70±0,00	9,23±0,01	-
	7. gün	7,78±0,09	9,13±0,08	-
	14. gün	7,80±0,01	8,48±0,34	-
S2	1. gün	8,23±0,01	-	8,81±0,00
	7. gün	8,71±0,04	-	9,22±0,03
	14. gün	8,04±0,19	-	8,81±0,00

K1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus*, K2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus*, S1: *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* + *S. thermophilus* + %1 Olgunlaşmamış siyez unu, S2: *Lb. acidophilus* + *S. thermophilus* %1 Olgunlaşmamış siyez unu



**Şekil 3.12** Yoğurt örneklerinde depolama boyunca mikrobiyolojik değişim

Yoğurt örneklerindeki canlı *S. thermophilus* sayısı olgunlaşmamış tam siyez unu içermeyen K1 ve K2 örneklerinde depolama süresi boyunca çok düşük düzeyde küçük düşüşler sergilemiştir. Buna karşılık olgunlaşmamış tam siyez unu içeren S1 örneğinde depolama süresi boyunca artışlar kaydedilirken, probiyotik *Lb. acidophilus* içeren S2 örneğinde 7 günlük depolama sonunda yükseliş gösterse de 14 günlük depolama sonunda hafif bir düşüş göstermiştir. Canlı *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısı ise depolama süresi boyunca olgunlaşmamış tam siyez unu içeren ve içermeyen her iki yoğurt örneğinde de hafif düşüşler sergilemiştir. Probiyotik *Lb. acidophilus* olgunlaşmamış tam siyez unu içermeyen yoğurt örneğinde 1. gün sonunda 8,23 log kob/g düzeyinde canlılık göstermişken 14 günlük depolama sonunda ise yine aynı düzeyde canlı kalabilmiştir. Benzer şekilde olgunlaşmamış tam siyez unu ilave edilmiş yoğurt örneğinde de 1. gün sonunda 8,81 log kob/g düzeyindeki canlılığını 14 günlük depolama süresi sonunda koruyabilmiştir. Buna karşılık probiyotik *Lb. acidophilus* her iki yoğurt örneğinde de 7 günlük depolama sonunda bir miktar artış sergilemiştir, ancak 14 günlük depolama sonunda ise başlangıç düzeyindeki canlılık seviyesine düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum bakterilerin ortamda substrat olarak kullanabileceği besin

maddesinin depolama boyunca giderek azalması veya üretilen laktik asidin bir sonucu olarak ölümlerin meydana gelmesiyle ilişkili olabilir.

Bu çalışmada yoğurt örneklerine %1 düzeyinde olgunlaşmamış tam siyez unu ilavesinin bakteri gelişimini teşvik ettiğini (K2 ve S2 yoğurt örneklerindeki *Lb. acidophilus* sayıları) göstermektedir. Elde edilen bu bulgular olgunlaşmamış tam siyez ununun prebiyotik etkisinin olabileceğini göstermektedir. Benzer bir çalışmada Demirci vd. [40] olgunlaşmamış buğday ununun yoğurta aralarında *Lb. acidophilus* da ilave edilmiş iki probiyotik bakteri gelişmesini teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Olgunlaşmamış buğday ununun probiyotik bakterilerin gelişimini teşvik etmesinin nedeni olarak olgunlaşmamış buğday ununun sahip olduğu fruktooligosakkarit veya diğer lif bileşenleri nedeniyle olabileceği belirtilmiştir [40].

### **3.10 Olgunlaşmamış ve Olgunlaşmış Siyez Buğdayı Unu Kullanılarak Üretilen Ekmeklerin Özellikleri**

Olgunlaşmış ve olgunlaşmamış tam siyez unu ve tam buğday unlarından ticari maya (*Saccharomyces cerevisiae*) (Şekil 3.13), spontan ekşi hamur (TİP 1) (Şekil 3.14) ve starter kültür (TİP 2) (Şekil 3.15) kullanılarak ekmekler 3 tekerrür ile üretilmiş ve bu ekmeklerin tekstürel (TPA), fiziksel (renk, spesifik hacim) ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.13 Ticari maya kullanılarak üretilen ekmek örnekleri



Şekil 3.14 TİP 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek örnekleri



Şekil 3.15 TİP 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek örnekleri

### 3.10.1 Üretilen Ekmek Örneklerin Tekstürel Özellikleri

Tekstür Profil Analiz (TPA) cihazı kullanılarak yapılan tekstür profil analizleri ile elde edilen sonuçlar Tablo 3.12’de verilmiştir. TPA grafiğinden ekmek örneklerinin sertlik (N), çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri belirlenmiştir. Üretilen dokuz farklı ekmek çeşidinin sertlik değerleri  $4.78 \pm 0,30$  (TBU-TM) ile  $34,24 \pm 5,59$  (OTSU-Tip2) (N) arasında değişmiştir. Ekmek üretiminde ekşi hamur kullanılması ekmeklerin sertlik değerini önemli düzeyde arttırmıştır ( $P \leq 0,05$ ). Diğer bir ifadeyle ticari ekmek mayası *S. cerevisiae* kullanılarak üretilen ekmekler, Tip 1 ekşi hamur ve Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha yumuşak olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte aynı maya türü fakat farklı un çeşidi kullanılarak üretilen ekmeklerin, TBU Tip 1 hariç, sertlik değerleri arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ( $P > 0,05$ ). Tam buğday unu ve Tip 1 ekşi hamur (TBU Tip 1) kullanılarak üretilen ekmeğin sertlik değerinin olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha düşük (yumuşak) olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu bulgular ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılmasının ekmeklerin sertlik değerini etkilemediğini göstermiştir.

**Tablo 3.12** Üretilen ekmek örneklerinin tekstür profil analizi

Ekmek çeşidi	Sertlik (N)	Çiğnenebilirlik	Esneklik
TBU-TM	4,78±0,30 <sup>c</sup>	3,06±0,34 <sup>e</sup>	0,36±0,01 <sup>de</sup>
OTSU-TM	6,59±0,77 <sup>c</sup>	4,65±0,45 <sup>e</sup>	0,42±0,03 <sup>c</sup>
NTSU-TM	6,61±0,69 <sup>c</sup>	4,26±0,05 <sup>e</sup>	0,40±0,02 <sup>cd</sup>
TBU-Tip1	22,14±3,31 <sup>b</sup>	13,03±1,74 <sup>d</sup>	0,35±0,01 <sup>e</sup>
OTSU-TİP1	31,34±1,30 <sup>a</sup>	17,56±1,40 <sup>cd</sup>	0,38±0,03 <sup>cde</sup>
NTSU-Tip1	34,16±0,88 <sup>a</sup>	19,13±3,12 <sup>bc</sup>	0,30±0,01 <sup>f</sup>
TBU-Tip2	33,18±0,70 <sup>a</sup>	23,37±2,81 <sup>abc</sup>	0,52±0,03 <sup>b</sup>
OTSU-Tip2	34,24±5,59 <sup>a</sup>	26,51±3,10 <sup>a</sup>	0,49±0,02 <sup>b</sup>
NTSU-Tip2	31,19±4,83 <sup>a</sup>	24,39±5,57 <sup>ab</sup>	0,56±0,00 <sup>a</sup>

TBU: Tam buğday unu, OTSU: Olgunlaşmamış tam siyez unu, NTSU: Normal tam siyez unu, TM: Ticari maya, Tip1: Tip 1 ekşi hamur, Tip 2: Tip 2 ekşi hamur

Diğer bir tekstürel parametre olan çiğnenebilirlik değerleri de sertlik değerleriyle paralellik göstermiş olup ekşi hamur kullanılması çiğnenebilirlik değerlerini arttırmıştır ve sertlik değerinde olduğu gibi en düşük ve en yüksek çiğnenebilirlik değerleri TBU-TM ve OTSU-Tip 2 ekmek çeşitleri için kaydedilmiştir. Olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklerin çiğnenebilirlik değerleri tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha yüksek düzeydir ve ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılması olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklere göre benzer sonuçlar vermiştir.

Bu tez çalışması kapsamında değerlendirilen diğer bir tekstürel parametre olan esneklik değerleri arasında farklılıklar kaydedilmiş olsa da sertlik ve çiğnenebilirlikte olduğu gibi belirgin düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Ticari maya ve Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek örnekleri arasında en yüksek esneklik değerine sahip ekmek çeşidinin olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak

üretilen OTSU-TM ve OTSU-Tip 1 ekmek çeşitleri olduğu, ancak Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında ise en düşük esneklik değerine sahip ekmek çeşidinin yine olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen OTSU-Tip 2 ekmek çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Brandolini vd. [37], ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin sertlik ve elastiklik değerlerinin, iki farklı siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklere göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmayla paralel olacak şekilde Çakır vd. [38] siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğin sertlik değerinin 15,69 N olduğunu ve ekmek üretiminde siyez unu ile zenginleştirmenin ekmeğin sertlik değerini arttırdığı vurgulanmıştır. Yine başka bir çalışmada ise Cankurtaran-Kömürcü ve Bilgiçli [32] ekmek üretiminde siyez ve emmer gibi eski buğdayların kullanılmasının ekmeğin sertliğini ve çiğnenebilirliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Yukarıda ifade edildiği üzere literatür bilgileri, ekmek üretiminde siyez unu kullanılmasının ekmeğin tekstürel parametrelerini arttırdığı veya azalttığına yönelik bulgular göstermiştir. Hem literatür hem de bu çalışmadaki farklılıklar ekmek üretiminde kullanılan un çeşitlerinin sahip olduğu nişasta içeriğiyle ilişkili olabileceği ve nişasta içeriğinin düşük olması durumunda daha yumuşak ekmek üretiminin gerçekleştiği bildirilmiştir [37]. Son olarak bu çalışmadan elde edilen bulgular ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılmasının ekmeğin tekstürel parametreleri üzerinde önemli olduğunu ve olgunlaşmış tam siyez ununa kıyasla benzer olduğunu dolayısıyla ekmek üretimi için bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

### **3.10.2 Üretilen Ekmek Örneklerinin Spesifik Hacimleri**

Ekşi hamurdan hazırlanan ekmeklerin spesifik hacimleri kolza tohumu yer değiştirme metoduna göre hesaplanan hacmin ekmeğin ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (AACC 55-50). Tablo 3.13'te ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri sunulmuştur. Spesifik hacim değeri, fırıncılık ürünlerinin bir diğer önemli özelliğidir çünkü tüketiciler çoğunlukla yüksek spesifik hacme sahip ekmekleri tercih etmektedirler [59].

**Tablo 3.13** Üretilen ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri

Ekmek çeşidi	Hacim (mL)	Ağırlık (g)	Spesifik hacim (mL/g)
TBU-TM	265,00±0,50 <sup>a</sup>	153,0 <sup>e</sup>	1,73±0,50 <sup>a</sup>
OTSU-TM	232,50±2,50 <sup>b</sup>	153,2 <sup>h</sup>	1,72±1,30 <sup>a</sup>
NTSU-TM	237,50±2,50 <sup>c</sup>	141,3 <sup>g</sup>	1,68±1,30 <sup>b</sup>
TBU-Tip1	182,50±2,50 <sup>d</sup>	174,7 <sup>a</sup>	1,04±1,30 <sup>c</sup>
OTSU-TIP1	177,50±2,50 <sup>e</sup>	169,7 <sup>c</sup>	1,05±1,50 <sup>c</sup>
NTSU-Tip1	152,50±2,50 <sup>f</sup>	165,1 <sup>d</sup>	0,92±1,30 <sup>d</sup>
TBU-Tip2	125,00±1,00 <sup>g</sup>	172,5 <sup>b</sup>	0,72±0,70 <sup>g</sup>
OTSU-Tip2	147,50±2,50 <sup>h</sup>	170,3 <sup>c</sup>	0,87±1,80 <sup>e</sup>
NTSU-Tip2	115,00±1,00 <sup>i</sup>	145,8 <sup>f</sup>	0,79±0,90 <sup>f</sup>

TBU: Tam buğday unu, OTSU: Olgunlaşmamış tam siyez unu, NTSU: Normal tam siyez unu, TM: Ticari maya, Tip1: Tip 1 ekşi hamur, Tip 2: Tip 2 ekşi hamur

Üretilen dokuz farklı ekmek çeşidinin spesifik hacim değerleri 1,73±0,50 mL/g ile 0,72±0,70 mL/g arasında değişmiş olup bu değerler sırasıyla TBU-TM ve TBU-Tip 2 ekmek çeşitleri için kaydedilmiştir. Ekmek üretiminde farklı çeşit maya kullanılması ekmeklerin spesifik hacimlerini önemli düzeyde etkilemiş olup ( $P \leq 0,05$ ), ticari *S. cerevisiae* kullanılarak üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak üretilen üç ekmek çeşidi için tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin (TBU-TM) spesifik hacim değeri en yüksek olarak belirlenmiş ve bunu olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek (OTSU-TM) takip etmiştir. Olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğin (NTSU-TM) spesifik hacim değeri ise en düşük olarak kaydedilmiştir. Elde edilen bulgular TBU-TM ve OTSU-TM ekmeklerinin spesifik hacim değerleri arasında bir farklılık olmadığını gösterse de ( $P > 0,05$ ), NTSU-TM ekmeğine kıyasla

bu ekmeklerin spesifik hacim değerleri istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Tip 1 spontan ekşi hamur ile üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri arasında en yüksek spesifik hacme sahip ekmek çeşidi olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek (OTSU-Tip 1) çeşidi olmuştur ve bunu ticari buğday unu kullanılarak üretilen ekmek çeşidi (TBU-Tip 1) takip etmiştir. Bununla birlikte bu iki ekmek çeşidinin spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmemiştir ( $P > 0,05$ ). Ticari maya kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında olduğu gibi Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında da en düşük spesifik hacme sahip ekmek çeşidi, olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek (NTSU-Tip 1) çeşidi olmuştur ve bu ekmek çeşidinin spesifik hacim değeri diğer iki ekmek çeşidine (OTSU-Tip 1 ve TBU-Tip 1) kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Tip 2 ekşi hamur ile üretilen ekmeklerin spesifik hacimleri karşılaştırıldığında ise Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde olduğu gibi en yüksek değere sahip ekmeğin olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek (OTSU-Tip 2) çeşidi olduğu belirlenmiştir. Ancak diğer iki maya türünden farklı olarak Tip 2 maya kullanılarak üretilen ekmekler arasında OTSU-Tip 2 ekmek çeşidi diğer iki ekmek çeşidine kıyasla önemli düzeyde farklılık göstermiştir ( $P \leq 0,05$ ). Bununla birlikte Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmekler arasında en düşük spesifik hacim değerine sahip ekmek tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmek (TBU-Tip 2) olmuştur.

Sonuç olarak ticari tam buğday unu (söke un), olgunlaşmamış tam siyez unu ve olgunlaşmış tam siyez unları ile üretilmiş ekmeklerin spesifik hacimleri arasında maya kaynaklı farklar olduğu gözlemlenmiştir. Aynı un ancak farklı maya kullanılarak üretilmiş ekmekler arasında spesifik hacimlerin farklı sonuçlar ortaya koyması ekmek yapımında unların olduğu kadar mayaların da etkili olduğunu göstermiştir. Aynı tip mayanın kullanıldığı farklı unlardan ekmek yapımı sürecinde spesifik hacim olarak olgunlaşmamış tam siyez unu ile yapılan ekmeklerin hacim olarak diğer un çeşitlerine göre genel olarak az da olsa öne çıktığı ve ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılmasının ekmeklerin spesifik hacim değerinde etkili olabileceği ortaya çıkmıştır.

Brandolini vd. [37] yaptıkları çalışmada iki farklı tipte siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerini 5,25 mL/g ve 5,40 mL/g olarak bildirmiş olup bu değerlerin kontrol ekmeğine göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Çakır vd. [38] siyez unu ile üretilmiş ekşi hamurlu ekmeğin spesifik hacim değerini 1,37 mL/mL/g olarak belirtmişlerdir ve ekmeğin siyez unu ile zenginleştirilmesinin spesifik hacim değerini azalttığını bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular arasındaki farklılıklar kullanılan siyez un çeşidinin farklı olması, fermentasyon başlatıcı kültürlerinin farklı olması veya unların besinsel bileşimlerinin farklı olmasıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

### 3.10.3 Üretilen Ekmek Örneklerin Renk Değerleri

Tam buğday unu, olgunlaşmamış tam siyez unu ve olgunlaşmış tam siyez unu ve ticari maya *S. cerevisiae*, Tip 1 ekşi hamur ve Tip 2 ekşi hamurun kombinasyonu ile üretilen ekmeklerin renk ölçümleri kabuk kısmı ve iç kısmın 3 farklı noktasından renk ölçer kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kromatik koordinatlar ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) her ekmek örneği için üç ölçümün ortalaması olarak değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular Tablo 3.14'te sunulmuştur. Üretilen ekmek örneklerinin kabuk rengi parlaklık değerleri ( $L^*$ ) 64,16±1,49 ile 51,85±0,97 arasında, kırmızılık değerleri ( $a^*$ ) 3,66±0,36 ile 0,89±0,21 arasında, sarılık değerleri ( $b^*$ ) ise 30,79±15,72 ile 23,51±0,40 arasında değişmiştir. Bununla birlikte ekmek içi rengi parlaklık değerleri ( $L^*$ ) 60,61±0,56 ile 55,56±0,81 arasında, kırmızılık değerleri ( $a^*$ ) 2,53±0,13 ile 0,64±0,41 arasında ve sarılık değerleri ( $b^*$ ) ise 25,75±0,24 ile 19,78±0,04 arasında değişmiştir.

**Tablo 3.14** Üretilen ekmek örneklerinin renk değerleri

Ekmek çeşidi	Ekmek kabuk rengi			Ekmek içi rengi		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
TBU-TM	62,67±0,99 <sup>ab</sup>	2,47±0,13 <sup>bcd</sup>	25,18±3,21 <sup>cd</sup>	57,39±2,46 <sup>bc</sup>	2,53±0,13 <sup>a</sup>	19,78±0,04 <sup>e</sup>
OTSU-TM	51,85±0,97 <sup>e</sup>	8,46±0,60 <sup>a</sup>	26,08±0,62 <sup>bcd</sup>	55,56±0,81 <sup>c</sup>	2,21±0,61 <sup>a</sup>	25,23±0,68 <sup>a</sup>
NTSU-TM	57,57±1,08 <sup>d</sup>	3,66±0,36 <sup>b</sup>	28,68±0,11 <sup>ab</sup>	55,58±0,18 <sup>c</sup>	2,19±0,27 <sup>a</sup>	25,75±0,24 <sup>a</sup>
TBU-Tip1	55,91±1,24 <sup>d</sup>	3,11±0,62 <sup>bc</sup>	23,51±0,40 <sup>d</sup>	55,99±1,92 <sup>c</sup>	1,43±0,43 <sup>b</sup>	19,83±0,34 <sup>e</sup>
OTSU-TIP1	61,49±1,24 <sup>bc</sup>	2,88±1,56 <sup>bcd</sup>	30,79±15,72 <sup>a</sup>	58,72±0,50 <sup>ab</sup>	0,88±0,03 <sup>bc</sup>	24,29±0,78 <sup>b</sup>
NTSU-Tip1	61,11±0,47 <sup>bc</sup>	2,89±1,52 <sup>bcd</sup>	27,83±2,92 <sup>abc</sup>	57,60±0,50 <sup>bc</sup>	0,86±0,06 <sup>c</sup>	22,66±0,25 <sup>c</sup>
TBU-Tip2	64,16±1,39 <sup>a</sup>	2,03±0,62 <sup>cde</sup>	24,04±0,32 <sup>d</sup>	60,61±0,56 <sup>a</sup>	2,31±0,34 <sup>a</sup>	21,65±0,32 <sup>d</sup>
OTSU-Tip2	61,34±1,43 <sup>bc</sup>	0,89±0,21 <sup>e</sup>	25,81±2,50 <sup>bcd</sup>	59,30±0,89 <sup>ab</sup>	0,64±0,41 <sup>c</sup>	24,06±0,21 <sup>b</sup>
NTSU-Tip2	60,63±1,41 <sup>c</sup>	1,60±0,69 <sup>de</sup>	24,78±1,54 <sup>cd</sup>	59,19±0,70 <sup>ab</sup>	1,07±0,13 <sup>bc</sup>	21,73±0,10 <sup>d</sup>

TBU: Tam buğday unu, OTSU: Olgunlaşmamış tam siyez unu, NTSU: Normal tam siyez unu, TM: Ticari maya, Tip1: Tip 1 ekşi hamur, Tip 2: Tip 2 ekşi hamur

Elde edilen bulgulara göre ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında ekmek kabuk rengi en yüksek parlaklık ( $L^*$ ) değerine sahip ekmek çeşidi tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmek (TBU-TM) olurken, en düşük parlaklığa ( $L^*$ ) sahip ekmek çeşidi ise olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek (OTSU-TM) çeşidi olmuştur. Bu üç ekmek çeşidi için belirlenen parlaklık ( $L^*$ ) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Bunu karşılık ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılması ekmek kabuğunun kırmızılık ( $a^*$ ) değerinin artmasına neden olmuştur ve en yüksek kırmızılık ( $a^*$ ) değeri OTSU-TM için belirlenmiştir. Ekmek kabuk rengi sarılık ( $b^*$ ) değerleri ise her iki siyez unuyla üretilen ekmek çeşitleri için tam buğday unu ile üretilen ekmeğe kıyasla daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir. Ticari maya kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmek içi parlaklık ( $L^*$ ) değerleri ile kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri siyez unu ile üretilen ekmekler için tam buğday unu ile üretilen ekmeklere kıyasla nispeten daha düşük olsa da aradaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde değildir ( $P > 0,05$ ). Ancak ekmek üretiminde siyez unu kullanılması üretilen ekmeklerin sarılık ( $b^*$ ) değerinin artmasına neden olmuştur ve olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklerin sarılık ( $b^*$ ) değerleri tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğe kıyasla daha yüksek bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Tip 1 ekşi hamur kullanarak üretilen ekmeklerin kabuk rengi parlaklık ( $L^*$ ) değerleri için en yüksek parlaklık ( $L^*$ ) değeri olgunlaşmamış tam siyez unu kullanarak üretilen ekmek (OTSU-Tip 1) için tespit edilmiş olup, bunu olgunlaşmış tam siyez unu kullanarak üretilen ekmek (NTSU-Tip 1) takip etmiştir ve bu iki ekmek çeşidinin parlaklık ( $L^*$ ) değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır ( $P > 0,05$ ). Buna karşılık tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin (TBU-Tip 1) parlaklık ( $L^*$ ) değeri siyez unları kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha düşük olarak tespit edilmiştir ve bu ekmeklere kıyasla parlaklık ( $L^*$ ) değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir ( $P \leq 0,05$ ). Tip 1 ekşi hamur kullanarak üretilen ekmeklerin kabuk rengi kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri için siyez unu ile üretilen ekmeklerde daha düşük kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri tespit edilmiş olsa da tam buğday unu ile üretilen ekmeğe kıyasla aralarındaki fark önemli değildir ( $P > 0,05$ ). Buna karşılık olgunlaşmamış tam siyez unu ve olgunlaşmış tam siyez unu kullanarak üretilen ekmeklerin (OTSU-Tip 1 ve NTSU-Tip 1) sarılık ( $b^*$ ) değerleri tam buğday

unu kullanarak üretilen ekmeğin (TBU-Tip 1) sarılık ( $b^*$ ) değerine kıyasla daha yüksek olarak tespit edilmiş olup aralarındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir ( $P \leq 0,05$ ). Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmeğin içi renk değerleri de kabuk rengi için elde edilen değerlerle paralellik göstermiş olup olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklerin (OTSU-Tip 1 ve NTSU-Tip 1) ekmeğin içi parlaklık ( $L^*$ ) değerleri tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin (TBU-Tip 1) ekmeğin içi parlaklık ( $L^*$ ) değerine kıyasla daha yüksektir. OTSU-Tip 1 ve NTSU-Tip 1 ekmeklerinin ekmeğin içi kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri, TBU-Tip 1 ekmeğine göre daha düşük bulunmuştur ancak sadece TBU-Tip 1 ile NTSU-Tip 1 ekmekleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir ( $P \leq 0,05$ ). Ekmeğin içi sarılık ( $b^*$ ) değerleri de siyez unları kullanılan ekmeklerde daha yüksek olarak tespit edilmiş olup her üç ekmeğin çeşidinin sarılık ( $b^*$ ) değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı düzeydedir ( $P \leq 0,05$ ) ve en yüksek ekmeğin içi sarılık ( $b^*$ ) değeri olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğin için tespit edilmişken, en düşük ekmeğin içi sarılık ( $b^*$ ) değeri tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin için belirlenmiştir.

Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk rengi parlaklık ( $L^*$ ) değerleri siyez unları ile üretilen ekmeklerin için tam buğday unu ile üretilen ekmeğe kıyasla daha düşük olarak tespit edilmiştir. Tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğin (TBU-Tip 2) kabuk rengi parlaklık ( $L^*$ ) değeri olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğe (OTSU-Tip 2) ve olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğe (NTSU-Tip 2) kıyasla daha yüksek olup aralarındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Benzer şekilde Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmeğin içi parlaklık ( $L^*$ ) değeri tam buğday unu ile üretilen ekmekte diğer iki ekmeğin çeşidine göre hafif daha yüksek olarak tespit edilmiş olsa da aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P > 0,05$ ). Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen üç ekmeğin çeşidi içinde hem kabuk rengi hem de ekmeğin içi renginin kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri siyez unları kullanılarak üretilen ekmeğin için daha düşük olarak tespit edilmiştir ve olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları ile üretilen ekmeklerin kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı değilken ( $P > 0,05$ ) tam buğday unu ile üretilen ekmeğe kıyasla aralarındaki farklılık istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Buna karşılık üç ekmeğin çeşidi için hem kabuk rengi

hem de ekmek içi renginin sarılık ( $b^*$ ) değerleri olgunlaşmamış ve olgunlaşmış tam siyez unları ile üretilen ekmeklerde tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeğe kıyasla daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Sarılık ( $b^*$ ) değerleri arasında istatistiksel farklılık ise sadece olgunlaşmamış tam siyez unu ile üretilen ekmeğin ekmek içi sarılık ( $b^*$ ) değeri için belirlenmiştir ( $P \leq 0,05$ ).

Sonuç olarak ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılması ticari maya *S. cerevisiae* ve Tip 2 ekşi hamur ile üretilen ekmeklerde ekmeğin kabuk renginin ve ekmek içi renginin parlaklık değerinin azalması ve dolayısıyla daha koyu bir renk oluşumu ile sonuçlanmıştır. Buna karşılık ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılması Tip 1 ekşi hamur ile üretilen ekmeklerde ekmeğin kabuk renginin ve ekmek içi renginin parlaklık değerinin artması ve dolayısıyla daha açık renkte bir renk oluşumuna neden olmuştur. Ekmek kabuk rengi ve ekmek içi renklerinin kırmızılık değeri ise olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılmasıyla düşüş göstermiş olup sadece ticari maya kullanılarak üretilen ekmek çeşidi için kırmızılık değerinde artış belirlenmiştir. Buna karşılık üretilen ekmeklerin sarılık değeri ise olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılan ekmeklerde daha yüksek olarak tespit edilmiştir, ancak sadece olgunlaşmış tam siyez unu kullanılarak üretilen Tip 1 ekşi hamur mayalı ekmeklerde sarılık değeri olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmekten daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Brandolini vd. [37] yaptıkları çalışmada iki farklı siyez unu ve ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin kabuk ve ekmek içi parlaklık değerlerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir. Çakır vd. [38] ise siyez unu ile zenginleştirilmiş ekmeklerin kabuk rengi ve ekmek içi renginin parlaklık değerlerinin daha koyu parlaklık ile sonuçlandığını bildirmişlerdir. Ekmek örneklerinin kabuk renkleri ve ekmek içi renk değerleri arasındaki farklılıklar ekmeğin pişirilmesi sırasında farklı düzeylerde gerçekleşmesi muhtemel enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir Cankurtaran-Kömürcü ve Bilgiçli [32]. Ayrıca siyez unu kullanılarak üretilen ekmeklerin sarılık ( $b^*$ ) değerlerinin ticari un kullanılarak üretilen ekmeklere kıyasla daha yüksek olması buğdayın sarı renginden sorumlu olan lutein pigmenti içeriği ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir [32].

Sonuç olarak olgunlaşmış ve olgunlaşmamış tam siyez unları kullanılarak üretilen ekmeklerin hem kabuk hem de ekmek içi daha az kızarmış, daha açık renkli olarak

karşımıza çıkmaktadır. Bu durum ekmeğin pişirme süresinin modifikasyonu ile hem görüntü hem de renk olarak düzelebileceği hususu ön görülmektedir.

### 3.10.4 Üretilen Ekmek Örneklerin Duyusal Özellikleri

Ekmek örnekleri pişirme sonrası 3-4 saat soğuduktan sonra yaklaşık 1,5 cm<sup>3</sup> boyutlarında kesilerek her bir paneliste aynı kodlu ekmek örneğinden 2 parça olarak servis edilmiştir. Kabuk rengi, iç renk, gözenek yapısı, tat, koku, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özelliği olmak üzere belirlenen parametreler 0-10 (en düşük puan 0; en yüksek puan 10) değerleri arası puanlamaya sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Panelistler tarafından ekmeğin kabuk rengi anlamında en iyi puanı alan ilk üç ekmek sırasıyla; ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-TM), ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU-TM) ve Tip 1 ekşi hamur ile üretilmiş olgunlaşmış tam siyez unlu ekmek (NTSU- Tip1-EM) olarak belirlenmiştir. Kabuk rengi puanı en düşük olan ekmek ise Tip 2 ekşi hamur kullanılarak tam buğday unundan üretilen ekmeğin (TBU- Tip2-EM) olduğu gözlemlenmiştir. Ekmekte yapılan renk analizlerinde kırmızılık (a\*) değeri en yüksek olan ekmek ile duyusal analizde kabuk rengi en beğenilen ekmeğin (OTSU-TM) aynı olduğu anlaşılmıştır.

Ekmek iç renklerine göz atıldığından renk olarak en iyi üç ekmek sırasıyla; ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-TM), ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU-TM) ve Tip 2 ekşi hamur kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-Tip2-EM) olduğu görülmüştür. Ekmek iç rengi olarak en düşük puanı alan ekmek yine kabuk renginde olduğu gibi Tip 2 ekşi hamur kullanılarak tam buğday unundan üretilen ekmeğin (TBU- Tip2-EM) olduğu belirlenmiştir. Yapılan renk analizi sonuçları ile duyusal analiz sonuçları karşılaştırıldığında renk analizinde ekmek içi sarılık (b\*) değeri yüksek olan OTSU-TM ekmeğinin duyusal analizde de panelistler tarafından yüksek puanlar aldığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 3.15** Üretilen ekmek örneklerinin duyusal özellikleri

Ekmek çeşidi	Kabuk rengi	İç renk	Gözenek Yapısı	Tat	Koku	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
TBU-TM	5,10±0,74 <sup>b</sup>	5,00±0,82 <sup>b</sup>	6,40±0,52 <sup>a</sup>	5,40±0,52 <sup>a</sup>	5,40±0,52 <sup>a</sup>	5,60±0,52 <sup>a</sup>	5,30±0,49 <sup>a</sup>
OTSU-TM	5,80±0,63 <sup>a</sup>	6,30±0,77 <sup>a</sup>	6,90±0,74 <sup>a</sup>	3,10±1,20 <sup>b</sup>	4,00±0,82 <sup>b</sup>	3,40±1,51 <sup>bc</sup>	4,60±0,84 <sup>b</sup>
NTSU-TM	4,40±0,52 <sup>c</sup>	4,20±1,03 <sup>cd</sup>	5,40±0,52 <sup>b</sup>	2,50±0,85 <sup>bc</sup>	2,60±0,84 <sup>de</sup>	2,40±0,84 <sup>d</sup>	3,60±0,84 <sup>c</sup>
TBU-Tip1	4,30±0,48 <sup>c</sup>	3,70±0,67 <sup>d</sup>	3,20±0,92 <sup>cd</sup>	2,40±0,52 <sup>bcd</sup>	3,40±0,52 <sup>bc</sup>	3,60±0,70 <sup>b</sup>	3,40±0,52 <sup>c</sup>
OTSU-TİP1	4,50±0,71 <sup>bc</sup>	4,30±0,48 <sup>cd</sup>	2,70±0,67 <sup>de</sup>	1,60±0,52 <sup>d</sup>	2,70±0,67 <sup>cde</sup>	2,70±0,67 <sup>cd</sup>	3,20±0,92 <sup>c</sup>
NTSU-Tip1	4,90±0,74 <sup>bc</sup>	4,20±0,63 <sup>cd</sup>	2,90±0,74 <sup>cd</sup>	2,20±0,42 <sup>cd</sup>	3,30±0,48 <sup>bcd</sup>	2,50±0,85 <sup>d</sup>	3,00±0,67 <sup>c</sup>
TBU-Tip2	2,90±0,74 <sup>d</sup>	2,40±0,52 <sup>e</sup>	2,00±0,82 <sup>e</sup>	2,50±1,08 <sup>bc</sup>	2,50±1,08 <sup>e</sup>	1,50±0,53 <sup>e</sup>	2,20±0,79 <sup>d</sup>
OTSU-Tip2	4,50±0,53 <sup>bc</sup>	4,40±0,84 <sup>bc</sup>	3,60±1,17 <sup>c</sup>	2,90±1,20 <sup>bc</sup>	3,30±0,95 <sup>bcd</sup>	2,40±1,07 <sup>d</sup>	3,50±0,97 <sup>c</sup>
NTSU-Tip2	4,50±0,97 <sup>bc</sup>	3,90±0,99 <sup>cd</sup>	3,00±1,25 <sup>cd</sup>	3,10±1,52 <sup>b</sup>	3,10±1,10 <sup>cde</sup>	3,00±0,67 <sup>bcd</sup>	3,50±0,71 <sup>c</sup>

TBU: Tam buğday unu, OTSU: Olgunlaşmamış tam siyez unu, NTSU: Normal tam siyez unu, TM: Ticari maya, Tip1: Tip 1 ekşi hamur, Tip 2: Tip 2 ekşi hamur

Gözenek yapısı bakımında en iyi ekmek ticari maya kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-TM) olurken en düşük puan alan ekmek ise Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmeğin (TBU- Tip 2) olduğu gözlemlenmiştir. Panelistlerin tat olarak en beğendiği ekmek ticari maya kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU-TM) olurken, en az beğenilen ekmek ise Tip 1 ekşi hamur kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-Tip 1) olarak değerlendirilmiştir.

Koku ve çiğnenebilirlik olarak en beğenilen ekmek yine ticari maya kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU-TM) olarak tespit edilmiştir. Yine koku ve çiğnenebilirlik açısından en düşük puanı alan ekmek çeşidi diğerlerine benzer şekilde Tip 2 ekşi hamur kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU- Tip2-EM) olduğu görülmüştür.

Üretilen 9 çeşit ekmekten genel beğeni puanı en yüksek olan ekmek ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmek (TBU-TM) olurken, sırasıyla ikinci ve üçüncü en çok beğenilen ekmekler; ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak olgunlaşmamış tam siyez unundan üretilen ekmek (OTSU-TM) ve ticari maya *S. cerevisiae* kullanılarak olgunlaşmış tam siyez unlu ekmek (NTSU-TM) olarak belirlenmiştir. Genel beğeni olarak en düşük puanı ekmek çeşidi ise Tip 2 ekşi hamur kullanılarak ticari tam buğday unundan üretilen ekmeğin (TBU- Tip 2) olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen ekmeklerde yapılan duyusal analizler neticesinde ticari maya ve Tip 1 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek çeşidi tam buğday ununa yakın sonuçlar almıştır. Ayrıca Tip 2 ekşi hamur kullanılarak üretilen ekmek çeşitleri arasında da en yüksek genel beğeni puanını olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılarak üretilen ekmek çeşidi almıştır. Elde edilen bulgular ekmek üretiminde hem olgunlaşmamış hem de olgunlaşmış tam siyez unu kullanılmasının ekmeğin duyusal parametreleri üzerinde etkili olabileceğini, bununla birlikte fermentasyonda kullanılan maya çeşidinin de ekmeğin duyusal parametreleri üzerinde etkisinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca elde edilen bulgular, ekmek üretiminde olgunlaşmamış tam siyez ununun kullanılabilirliğini hem ekmek teknolojisi hem de gıda teknolojisi açısından yeni bir alternatif olabileceğini ortaya koymuştur.

### 4.1 Sonuç ve Öneriler

Tez kapsamında Konya ve Kastamonu illerinde siyez üretimi gerçekleştirilmiştir. Olumsuz iklim şartları dolayısıyla iki yıl üst üste Konya’da verim alınamamış, ikinci yıl alternatif olarak Kastamonu-Devrekani bölgesinde ektilen siyezden olgunlaşmamış ve olgunlaşmış siyez hasat edilerek kurutulmuş daneleri ayrılarak tam dane unu elde edilmiştir.

Elde edilen danelerin (olgunlaşmış ve olgunlaşmamış) teknolojik ve reolojik özellikleri belirlenmiştir. Danelerden elde edilen tam unların fiziksel, kimyasal, reolojik, termal, biyoaktif ve besinsel özellikleri tespit edilmiştir.

Olgunlaşmamış siyez danelerinin bin dane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı doğal olarak olgunlaşmış siyez danelerine göre düşük bulunurken, kül oranı ve buna bağlı olarak mineral madde (Ca, Fe, K, Mg ve Zn) miktarları daha yüksek tespit edilmiştir. Protein miktarı ise olgunlaşmış siyez danelerinde olgunlaşmamış danelere göre daha yüksek bulunmuştur. Olgunlaşmamış siyez danelerinde gluten analizinde sonuç alınamamıştır. Sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri olgunlaşmamış siyez danelerinde zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Düşme sayısı değeri hem olgunlaşmış hem de olgunlaşmamış siyez danelerinde düşük olarak tespit edilmiştir (>300 sn).

Nişasta ve dirençli nişasta ile diyet lif oranı olgunlaşmamış siyezde olgunlaşmamış siyeze göre yüksek bulunmuştur. Bu sonuca bağlı olarak glisemik indeks değeri de olgunlaşmamış siyezde daha yüksek tespit edilmiştir.

Siyez normal şartlarda da düşük reolojik özelliklere sahip bir tahıl türüdür. Protein ve gluten miktarına bağlı olarak farinograf değerleri düşük bulunmuş, ekstensografa sonuç alınamamıştır.

Toplam fenolik madde bakımından olgunlaşmamış siyezin olgunlaşmış siyeze göre oldukça yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde antioksidan kapasite olarak da (DPPH ve CUPRAC sonuçlarına göre) olgunlaşmamış siyezin daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

SEM analizleri sonucunda olgunlaşmamış tam siyez buğdayında nişasta granülleri (oval büyük şekiller) ve protein cisimciklerinin oluşmaya başladığı ve protein yapılarının endospermde bir ağ oluşturduğu görülmüştür.

Yapısal özelliklerin tespiti için yapılan Raman analizleri sonucunda olgunlaşmamış siyez unu ile olgunlaşmış siyez unu numunesi arasında kompozisyonel farklılık olduğu tespit edilerek diğer analiz sonuçları teyit edilmiştir.

Olgunlaşmamış siyez ununun potansiyel prebiyotik etkisi probiyotik bir bakteri ve olgunlaşmamış siyez unu (%1) ilavesiyle üretilen yoğurt denemeleriyle analiz edilmiştir. Olgunlaşmamış siyez unu ilave edilen yoğurta daha yüksek probiyotik bakteri sayısına ulaşıldığı tespit edilmiştir.

Siyez (olgunlaşmamış ve olgunlaşmış) tam unu, tam buğday unlarıyla ticari maya *S. cerevisiae* ve ekşi hamur fermentasyonu (Tip1 ve Tip 2) ekmeğin üretimleri gerçekleştirilerek farklılıkları ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular ekmeğin üretiminde olgunlaşmamış tam siyez unu kullanılabilirliğini ve ekmeğin teknolojisinden yeni bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

Sonuç olarak, bu araştırma ile olgunlaşmamış siyez buğdayının teknolojik özellikleri düşük olsa da, üstün biyoaktif, besinsel ve prebiyotik özellikleri olduğu tespit edilmiştir. Ekmeğin üretimi için tek başına siyez ununun çok uygun olmadığı bilinen bir gerçektir. Olgunlaşmamış siyez daneleri ve/veya ununun sözü edilen üstün özelliklerinden yeterince faydalanılmadığı, yapılacak yeni çalışmalarla olgunlaşmamış siyezden katma değeri yüksek ürünlerin üretilebileceği öngörülmektedir.

- [1] V. Čurná and M. Lacko-Bartošová, "Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon schrank*): A review," *Journal of Central European Agriculture*, 18(1), p.117-134, 2017.
- [2] A. Hidalgo and A. Brandolini, "Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.)," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 94, no. 4, pp. 601-612, 2014.
- [3] M. Heun *et al.*, "Site of einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting," *Science*, vol. 278, no. 5341, pp. 1312-1314, 1997.
- [4] K. Oeggl, "The significance of the Tyrolean Iceman for the archaeobotany of Central Europe," *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 18, pp. 1-11, 2009.
- [5] A. Keçeli, A. Kaplan Evlice, A. Pehlivan, T. Şanal, and N. Zencirci, "Bread-making properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum*) and its suitability for whole wheat bread production," *Cereal Research Communications*, pp. 1-13, 2021.
- [6] M. Ü. Girgen And S. Oktay, "Gastronomic Findings In Gobeklitepe-Anatolia. 10th Millennium Bc," *Journal of gastronomy, hospitality and travel (Online)*, vol. 5, no. 1, pp. 223-237, 2022.
- [7] A. Hidalgo and A. Brandolini, "Protein, ash, lutein and tocopherols distribution in einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) seed fractions," *Food Chemistry*, vol. 107, no. 1, pp. 444-448, 2008.
- [8] A. MacGregor, S. Bazin, L. Macri, and J. Babb, "Modelling the contribution of alpha-amylase, beta-amylase and limit dextrinase to starch degradation during mashing," *Journal of Cereal Science*, vol. 29, no. 2, pp. 161-169, 1999.
- [9] K. Gebruers *et al.*, "Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the HEALTHGRAIN diversity screen," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 21, pp. 9740-9749, 2008.
- [10] J. A. Marlett, M. I. McBurney, and J. L. Slavin, "Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber," *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 102, no. 7, pp. 993-1000, 2002.
- [11] M. A. Moore, C. B. Park, and H. Tsuda, "Soluble and insoluble fiber influences on cancer development," *Critical reviews in oncology/hematology*, vol. 27, no. 3, pp. 229-242, 1998.
- [12] S. J. Lewis and K. W. Heaton, "The metabolic consequences of slow colonic transit," *The American journal of gastroenterology*, vol. 94, no. 8, pp. 2010-2016, 1999.
- [13] E.-S. Abdel-Aal, P. Hucl, and F. Sosulski, "Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats," *Cereal chemistry*, vol. 72, no. 6, pp. 621-624, 1995.

- [14] H. Løje, B. Møller, A. M. Laustsen, and Å. Hansen, "Chemical composition, functional properties and sensory profiling of einkorn (*Triticum monococcum* L.)," *Journal of Cereal Science*, vol. 37, no. 2, pp. 231-240, 2003.
- [15] A. Hidalgo and A. Brandolini, "Evaluation of heat damage, sugars, amylases and colour in breads from einkorn, durum and bread wheat flours," *Journal of Cereal Science*, vol. 54, no. 1, pp. 90-97, 2011.
- [16] A. Brandolini, A. Hidalgo, and S. Moscaritolo, "Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour," *Journal of Cereal Science*, vol. 47, no. 3, pp. 599-609, 2008.
- [17] H. Grausgruber, C. Sailer, G. Ghambashidze, L. Bolyos, and P. Ruckebauer, "Genetic variation in agronomic and qualitative traits of ancient wheats," in *Genetic variation for plant breeding. Proceedings of the 17th EUCARPIA General Congress, Tulln, Austria, 8-11 September 2004*, 2004, pp. 19-22: BOUK-University of Natural Resources and Applied Life Sciences.
- [18] M. D'egidio, S. Nardi, and V. Vallega, "of Diploid Wheat, *Triticum monococcum* L.," *Cereal Chem*, vol. 70, no. 3, pp. 298-303, 1993.
- [19] A. Hidalgo, A. Brandolini, and S. Ratti, "Influence of genetic and environmental factors on selected nutritional traits of *Triticum monococcum*," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 57, no. 14, pp. 6342-6348, 2009.
- [20] V. Piironen, M. Edelmann, S. Kariluoto, and Z. Bedo, "Folate in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, no. 21, pp. 9726-9731, 2008.
- [21] E. Abdel-Aal *et al.*, "Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat," *Cereal Chem*, vol. 79, no. 3, pp. 455-457, 2002.
- [22] A. Hidalgo, A. Brandolini, C. Pompei, and R. Piscozzi, "Carotenoids and tocopherols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. *monococcum* L.)," *Journal of Cereal Science*, vol. 44, no. 2, pp. 182-193, 2006.
- [23] N. M. Anson, R. van den Berg, R. Havenaar, A. Bast, and G. R. Haenen, "Bioavailability of ferulic acid is determined by its bioaccessibility," *Journal of Cereal Science*, vol. 49, no. 2, pp. 296-300, 2009.
- [24] J. Lachman, D. Miholová, V. Pivec, K. Jírů, and D. Janovská, "Content of phenolic antioxidants and selenium in grain of einkorn (*Triticum monococcum*), emmer (*Triticum dicoccum*) and spring wheat (*Triticum aestivum*) varieties," *Plant, Soil and Environment*, vol. 57, no. 5, pp. 235-243, 2011.
- [25] D. Erba, A. Hidalgo, J. Bresciani, and A. Brandolini, "Environmental and genotypic influences on trace element and mineral concentrations in whole meal flour of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*)," *Journal of Cereal Science*, vol. 54, no. 2, pp. 250-254, 2011.

- [26] B. Emeksizoğlu, "Kastamonu yöresinde yetiştirilen siyez (*Triticum monococcum* L.) buğdayının bazı kalite özellikleri ile bazlama ve erişte yapımında kullanımının araştırılması," 2016.
- [27] H. Şaban and M. H. Ertop, "Kastamonu'da üretilen siyez buğdayının (*triticum monococcum*) bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri," *Akademik Gıda*, vol. 20, no. 1, pp. 63-70, 2022.
- [28] K. Piasecka-Józwiak, E. Słowik, J. Rozmierska, and B. Chabłowska, "Characteristic of organic flour produced from einkorn wheat and rheological properties of einkorn dough in terms of bread obtaining," *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 60, no. 4, pp. 61--66, 2015.
- [29] A. Izambaeva *et al.*, "Chemico-technological characteristics and antioxidant activity of wholemeal einkorn flour and bread," *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 22, no. 2, pp. 331-338, 2016.
- [30] J. Belcar, A. Sobczyk, M. Sobolewska, S. Stankowski, and J. Gorzelany, "Characteristics Of Technological Properties Of Grain And Flour From Ancient Varieties Of Wheat (Einkorn, Emmer And Spelt)," *Acta Universitatis Cinbinesis, Series E: Food Technology*, vol. 24, no. 2, 2020.
- [31] Ş. Turhan and A. Kurnaz, "Analysis of macro-and microminerals content in the Einkorn (*Triticum monococcum* L.) samples cultivated in Kastamonu, Turkey," *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, vol. 9, no. 8, pp. 1436-1442, 2021.
- [32] T. Cankurtaran-Kömürcü and N. Bilgiçli, "Utilization of germinated ancient wheat (Emmer and Einkorn) flours to improve functional and nutritional properties of bread," *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 84, p. 103292, 2023.
- [33] W. Biel, A. Jaroszewska, S. Stankowski, M. Sobolewska, and J. Keipińska-Pacelik, "Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains," *European Food Research and Technology*, vol. 247, no. 6, pp. 1525-1538, 2021.
- [34] A. Serpen, V. Gökmen, A. Karagöz, and H. Köksel, "Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 56, no. 16, pp. 7285-7292, 2008.
- [35] F. P. Karakas, C. N. Keskin, F. Agil, and N. Zencirci, "Phenolic composition and antioxidant potential in Turkish einkorn, emmer, durum, and bread wheat grain and grass," *South African Journal of Botany*, vol. 149, pp. 407-415, 2022.
- [36] B. Pekirirşci, N. Bilgiçli, and T. Cankurtaran-Kömürcü, "Determination of the physical, chemical and antinutritional properties of firik and einkorn bulgur," *Cereal Chemistry*, 2023.
- [37] A. Brandolini, M. Lucisano, M. Mariotti, L. Estivi, and A. Hidalgo, "Breadmaking Performance of Elite Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) Lines: Evaluation of Flour, Dough and Bread Characteristics," *Foods*, vol. 12, no. 8, p. 1610, 2023.

- [38] E. Çakır, M. Arıcı, M. Z. Durak, and S. Karasu, "The molecular and technological characterization of lactic acid bacteria in einkorn sourdough: Effect on bread quality," *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 14, pp. 1646-1655, 2020.
- [39] M. J. Kim and S. S. Kim, "Antioxidant and antiproliferative activities in immature and mature wheat kernels," *Food Chemistry*, vol. 196, pp. 638-645, 2016.
- [40] T. Demirci *et al.*, "Immature wheat grain as a potential prebiotic ingredient in set-type yoghurts: impact on antioxidative, textural properties and survival of different probiotics," *Journal of food science and technology*, vol. 56, pp. 5474-5483, 2019.
- [41] A. A. o. C. Chemists and A. A. o. C. C. A. M. Committee, "Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists," 1983: Aacc.
- [42] H. Perten, K. Bondesson, and Å. Mjörndal, "Gluten index variations in commercial swedish wheat samples," *Cereal Foods World*, vol. 37, no. 8, pp. 655-660, 1992.
- [43] H. Köksel, D. Sivri, O. Ozboy, A. Basman, and H. Karacan, "Hububat laboratuvar el kitabi," *Hacettepe Universitesi Yayinlari, Ankara, Turkey*, pp. 35-56, 2000.
- [44] K. Brunt and P. Sanders, "Improvement of the AOAC 2009.01 total dietary fibre method for bread and other high starch containing matrices," *Food chemistry*, vol. 140, no. 3, pp. 574-580, 2013.
- [45] K. N. Englyst, H. N. Englyst, G. J. Hudson, T. J. Cole, and J. H. Cummings, "Rapidly available glucose in foods: an in vitro measurement that reflects the glycemic response," *The American journal of clinical nutrition*, vol. 69, no. 3, pp. 448-454, 1999.
- [46] V. L. Singleton and J. A. Rossi, "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents," *American journal of Enology and Viticulture*, vol. 16, no. 3, pp. 144-158, 1965.
- [47] M. A. Gyamfi, M. Yonamine, and Y. Aniya, "Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries," *General Pharmacology: The Vascular System*, vol. 32, no. 6, pp. 661-667, 1999.
- [48] T. Beta, S. Nam, J. E. Dexter, and H. D. Sapirstein, "Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions," *Cereal chemistry*, vol. 82, no. 4, pp. 390-393, 2005.
- [49] R. Apak, K. Güçlü, M. Özyürek, and S. E. Karademir, "Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 52, no. 26, pp. 7970-7981, 2004.
- [50] E. Torrieri, O. Pepe, V. Ventorino, P. Masi, and S. Cavella, "Effect of sourdough at different concentrations on quality and shelf life of bread," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 56, no. 2, pp. 508-516, 2014.

- [51] A. Kurt, *Süt ve mamülleri muayene ve analiz metodları rehberi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:18, 1993.
- [52] L. Tebben, G. Chen, M. Tilley, and Y. Li, "Individual effects of enzymes and vital wheat gluten on whole wheat dough and bread properties," *Journal of Food Science*, vol. 85, no. 12, pp. 4201-4208, 2020.
- [53] C. G. Rizzello, M. Calasso, D. Campanella, M. De Angelis, and M. Gobetti, "Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread," *International journal of food microbiology*, vol. 180, pp. 78-87, 2014.
- [54] D. Dziki and J. Laskowski, "Wheat kernel physical properties and milling process," *Acta agrophysica*, vol. 6, no. 1, pp. 59-71, 2005.
- [55] J. Kulathunga, B. L. Reuhs, S. Zwinger, and S. Simsek, "Comparative study on kernel quality and chemical composition of ancient and modern wheat species: Einkorn, emmer, spelt and hard red spring wheat," *Foods*, vol. 10, no. 4, p. 761, 2021.
- [56] Z. Feng *et al.*, "The decreased expression of GW2 homologous genes contributed to the increased grain width and thousand-grain weight in wheat-Dasypyrum villosum 6VS· 6DL translocation lines," *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 134, no. 12, pp. 3873-3894, 2021.
- [57] M. Olgun *et al.*, "Comparison of some quality characteristics in Kinoa (*Chenopodium quinoa*), Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), Siyez Wheat (*Triticum monococcum*) and Bread Wheat (*Triticum aestivum*) by principle component analysis," *Biological Diversity and Conservation*, vol. 8, no. 3, pp. 153-158, 2015.
- [58] A. Brandolini and A. Hidalgo, "Einkorn (*Triticum monococcum*) flour and bread," in *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*: Elsevier, 2011, pp. 79-88.
- [59] H. Ayvaz, F. Korkmaz, H. Polat, Z. Ayvaz, and N. B. Tuncel, "Detection of einkorn flour adulteration in flour and bread samples using Computer-Based Image Analysis and Near-Infrared Spectroscopy," *Food Control*, vol. 127, p. 108162, 2021.
- [60] F. Kahrıman, "Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite değerlerinin belirlenmesi," *Y. Lisans Tezi*, 2007.
- [61] S. Ünal, "Buğday un ve kalitesinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler," *Nevşehir Ekonomisinin sorunları ve Çözüm Önerileri: Un Sanayi Örneği, Erciyes Üniversitesi, Nevşehir İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi*, pp. 27-28, 2003.
- [62] A. Brandolini, A. Hidalgo, and L. Plizzari, "Technological and nutritional properties of einkorn wheat," *Technological and nutritional properties of einkorn wheat.*, pp. 135-142, 2009.
- [63] H. Çetin-Babaoğlu, S. Arslan-Tontul, and N. Akın, "Effect of immature wheat flour on nutritional and technological quality of sourdough bread," *Journal of Cereal Science*, vol. 94, p. 103000, 2020.

- [64] K. M. Behall and D. J. Scholfield, "Food amylose content affects postprandial glucose and insulin responses," *Cereal Chemistry*, vol. 82, no. 6, pp. 654-659, 2005.
- [65] N. EFSA, "Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2010. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. EFSA Journal 2010; 8 (3): 1461, 107 pp," ed, 2010.
- [66] J. L. Slavin, "Position of the American Dietetic Association: health implications of dietary fiber," *Journal of the American Dietetic Association*, vol. 108, no. 10, pp. 1716-1731, 2008.
- [67] D. Gabrovská *et al.*, "The nutritional evaluation of underutilized cereals and buckwheat," *Food and nutrition bulletin*, vol. 23, no. 3\_suppl1, pp. 246-249, 2002.
- [68] A. A. Andersson *et al.*, "Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the HEALTHGRAIN diversity screen," *Food chemistry*, vol. 136, no. 3-4, pp. 1243-1248, 2013.
- [69] D. J. Jenkins *et al.*, "Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange," *The American journal of clinical nutrition*, vol. 34, no. 3, pp. 362-366, 1981.
- [70] J. Kulathunga and S. Simsek, "Pasting properties, baking quality, and starch digestibility of einkorn, emmer, spelt, and hard red spring wheat," *Cereal Chemistry*, vol. 100, no. 3, pp. 685-695, 2023.
- [71] H. Wieser, K.-J. Mueller, and P. Koehler, "Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines," *European Food Research and Technology*, vol. 229, pp. 523-532, 2009.
- [72] D. T. Saa, R. Di Silvestro, G. Dinelli, and A. Gianotti, "Effect of sourdough fermentation and baking process severity on dietary fibre and phenolic compounds of immature wheat flour bread," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 83, pp. 26-32, 2017.
- [73] K. K. Adom, M. E. Sorrells, and R. H. Liu, "Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 51, no. 26, pp. 7825-7834, 2003.
- [74] K. Zhou, L. Su, and L. Yu, "Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran," *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 52, no. 20, pp. 6108-6114, 2004.
- [75] C. M. Liyana-Pathirana and F. Shahidi, "Antioxidant and free radical scavenging activities of whole wheat and milling fractions," *Food chemistry*, vol. 101, no. 3, pp. 1151-1157, 2007.
- [76] M. H. Ertop and R. Atasoy, "Investigation of physicochemical and nutritional properties of jujube (*Zizyphus jujube*) and evaluation of alternatives uses," in *International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology (Eurasian Sci En Tech)*, 2018.

- [77] C. H. Camp Jr and M. T. Cicerone, "Chemically sensitive bioimaging with coherent Raman scattering," *Nature photonics*, vol. 9, no. 5, pp. 295-305, 2015.
- [78] D. I. Ellis, V. L. Brewster, W. B. Dunn, J. W. Allwood, A. P. Golovanov, and R. Goodacre, "Fingerprinting food: current technologies for the detection of food adulteration and contamination," *Chemical Society Reviews*, vol. 41, no. 17, pp. 5706-5727, 2012.
- [79] C. G. Biliaderis, "Structural transitions and related physical properties of starch," in *Starch*: Elsevier, pp. 293-372, 2009.
- [80] V. Sereti, A. Lazaridou, C. G. Biliaderis, and S. M. Valamoti, "Reinvigorating modern breadmaking based on ancient practices and plant ingredients, with implementation of a physicochemical approach," *Foods*, vol. 10, no. 4, p. 789, 2021.
- [81] I. A. Almusallam *et al.*, "Effect of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) spikelets extract on the physicochemical and microbial properties of set-type yogurt during cold storage," *LWT*, vol. 148, p. 111762, 2021.

# TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

---

## **Konferans Bildirileri**

1. PROCEEDINGS OF II. INTERNATIONAL AGRICULTURAL, BIOLOGICAL & LIFE SCIENCE CONFERENCE AGBIOL 2021, ISBN #: 978-975-374-300-6  
Trakya University Publisher #: 257, Sayfa 330, 2021

## **Makaleler**

1. M.F. ERKÖLENCİK, B. KAHRAMAN, G. ÖZÜLKÜ, E. TULUKÇU, H. GÖKTAŞ, O. SAĞDIÇ and M. ARICI “Changes in Bioactivity of Einkorn Wheat During the Maturation Period and its Effect on the Properties of Einkorn Bread”  
Turkish Journal of Agriculture and Forestry (Accepted), 2023

## **Projeler**

1. T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi  
“Olgunlaşmamış Siyez Buğdayının Fizikokimyasal, Besinsel ve Prebiyotik Özelliklerinin Belirlenmesi” Doktora Tez Projesi Proje No: FCD-2019-3557, 2021