



**HİDROTERMAL İŞLEM GÖRMÜŞ KEPEKLERİN
EKMEK KALİTESİ VE BESLEYİCİLİK
DEĞERİNE ETKİSİ**

ALİ CİNGÖZ

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Prof. Dr. Özlem AKPINAR

Haziran - 2018

Her hakkı saklıdır

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

DOKTORA TEZİ

**HİDROTERMAL İŞLEM GÖRMÜŞ KEPEKLERİN EKMEK KALİTESİ
VE BESLEYİCİLİK DEĞERİNE ETKİSİ**

ALİ CİNGÖZ

TOKAT
Haziran - 2018

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

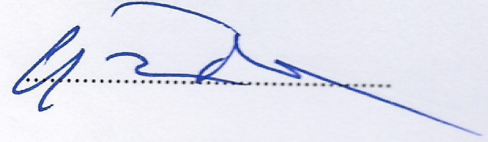
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2015/58 nolu proje ile desteklenmiştir.

Ali CİNGÖZ tarafından hazırlanan “**Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Ekmek Kalitesi ve Besleyicilik Değerine Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25 HAZİRAN 2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

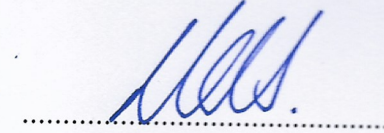
Jüri Üyeleri

İmza

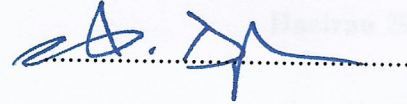
Danışman
Prof. Dr. Özlem AKPINAR
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



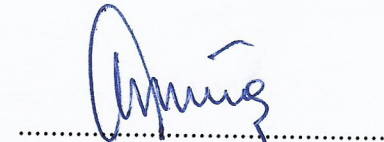
Üye
Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



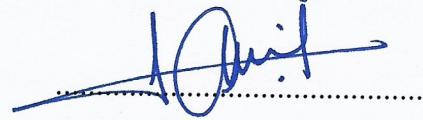
Üye
Prof. Dr. K. Sinan DAYISOYLU
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Cemal KAYA
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSOY
Hitit Üniversitesi



Prof. Dr. Ebubekir ALTUNTAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

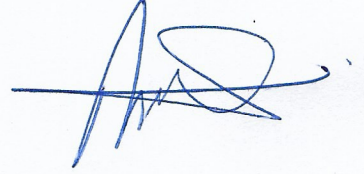
09/07/2018

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

ALİ CİNGÖZ

Haziran 2018



ÖZET

DOKTORA TEZİ

HİDROTERMAL İŞLEM GÖRMÜŞ KEPEKLERİN EKMEK KALİTESİ VE BESLEYİCİLİK DEĞERİNE ETKİSİ

ALİ CİNGÖZ

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÖZLEM AKPINAR)
(TEZ 2. DANIŞMANI: DOÇ. DR. ABDULVAHİT SAYASLAN)

Ülkemizde yan ürün olan buğday kepeğinin ekmek üretiminde kullanımı artan sağlık problemleri ve tüketicilerin bilinçlenerek daha faydalı ve besleyici ürünlere yönelmesi nedeniyle artış göstermektedir. Ekmek üretiminde kepek kullanımı fiziksel, teknolojik, reolojik ve duyuşsal problemlere neden olmaktadır. Bu çalışmada ekonomik değeri düşük olan buğday kepeğinden 150°C’de 30 dakikalık hidrotermal işleme hidrolizat elde edilmiş ve elde edilen hidrolizatlar farklı oranlarda (%10, 20, 30, 50 ve 100) hamur yoğurma suyuna ilave edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ekmeklerin fizikokimyasal (ağırlık, hacim, sertlik, nem, protein, yağ), fonksiyonel (diyet lifi, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde), reolojik, besinsel (yavaş sindirilebilir nişasta, hızlı sindirilebilir nişasta, nişasta hidroliz indeksi) ve duyuşsal özellikleri araştırılmıştır. Hamur yoğurma suyuna hidrolizat ilavesinin direkt kepek ilavesine göre ekmeklerin fiziksel özelliklerini (yükseklik, hacim, spesifik hacim) iyileştirdiği ve hidrolizat ilavesinin özellikle çözünür diyet lifi içeriği, antioksidan aktivitesi (FRAP, TEAC ve DPPH) ve toplam fenolik madde içeriklerin de kepek ilavesi olmayan örneklere göre artışa neden olduğu bulunmuştur. Hidrolizat ilavesi arttıkça çözünür diyet lifi içeriği ile yavaş sindirilebilir nişasta içeriği yükselmekte, hızlı sindirilebilir nişasta içeriğinin ise düştüğü belirlenmiştir. En yüksek yavaş sindirilebilir nişasta içeriği %100 hidrolizat ilaveli ekmeklerde tespit edilmiştir. %50 ve %100 hidrolizat ilavesinin hamurun reolojik özelliklerinin (stabilite, gelişme süresi vb.) olumsuz etkilendiği fakat bu olumsuzlukların kaba ve ince kepek ilavesine göre daha düşük seviyelerde kaldığı belirlenmiştir. Ek olarak hidrolizat ilavesinin kaba ve ince kepek ilaveli ekmeklere göre duyuşsal olarak kabul edilebilirlik seviyesini arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuçlar hidrotermal işlemler ile mumale edilmiş kepeğin, ekmek üretiminde doğrudan kepek ilavesinin meydana getirdiği reolojik, fiziksel ve duyuşsal olumsuzlukları minimize edebileceğini, fonksiyonel ve besinsel özelliklerini de iyileştirebileceğini göstermiştir.

2018, 177 SAYFA

ANAHTAR KELİMELELER: Beslenme, Buğday, Diyet Lifi, Fonksiyonel, Kepek, Nişasta, Reoloji, Tekstür

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

EFFECTS OF THE HYDROTHERMALLY TREATED WHEAT BRAN ON THE QUALITY AND NUTRITIONAL VALUE OF BREAD ALİ CİNGÖZ

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

**SUPERVISOR: PROF. DR. ÖZLEM AKPINAR
(CO SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ABDULVAHİT SAYASLAN)**

In our country the use of wheat bran as a by-product has increased in bread production due to increasing health problems and consumer consciousness towards more beneficial and nutritious products. The use of bran in bread production causes physical, technological and sensory problems. In this study hydrolyzate was obtained by hydrothermal treatment at 150°C for 30 minutes from the wheat bran which has low economic value and the obtained hydrolyzates were added to the dough kneading water at different ratios (10, 20, 30, 50 and 100%) and bread productions were carried out. Physicochemical (weight, volume, hardness, moisture, protein, fat), functional (dietary fiber, antioxidant activity, total phenolic contents), rheological, nutritional (slowly digestible starch, rapidly digestible starch, starch hydrolysis index) and sensory properties of bread were investigated. It was found that the addition of hydrolyzate to dough kneading water improves the physical properties (height, volume, specific volume) of bread compared to the direct addition of bran. The addition of hydrolyzate was led to an increase in the contents of especially soluble dietary fiber, antioxidant activity (FRAP, TEAC and DPPH) and total phenolic materials, compared to bread without addition of bran. It was found that the addition of hydrolyzate reduces the hardness of the bread, increases the content of slow digestible starch, and decreases the content of rapid digestible starch. It was determined that the rheological properties (stability, development time, etc.) were adversely affected after the addition of 50% and 100% hydrolyzate, but these adverse effects remained at lower levels than the coarse and fine bran additions. Also, the addition of hydrolyzate was found to increase the level of sensory acceptability relative to coarse and fine bran-added breads. The results show that hydrothermally treated wheat bran could minimize the rheological, physical and sensory problems caused by the direct bran addition in bread production and that this could improve the functional and nutritional properties of the bread.

2018, 177 PAGE

KEYWORDS: Bran, Dietary Fiber, Functional, Nutrition, Rheology, Starch, Texture, Wheat,

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana destek olan, yardımını, bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen, çalışmamın her aşamasında göstermiş olduğu ilgi ve destekle birikimlerinden faydalandığım değerli danışman hocalarım Sayın Prof. Dr. Özlem AKPINAR ve Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN'a, tez çalışması süresince düşüncelerini ve deneyimlerini paylaşan ve yol gösterici olan Tez İzleme Komitesi Üyeleri Sayın Prof. Dr. Mehmet Ali SAKİN ve Sayın Doç. Dr. Cemal KAYA'ya, tezin değerlendirilmesinde değerli katkılarını sunan jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Sinan DAYISOYLU ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Seçil TÜRKSÖY'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm çalışmalarım süresince yapmış olduğu yardım, fedakârlık ve özellikle de göstermiş olduğu sabır dolayısıyla sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

ALİ CİNGÖZ

Haziran 2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGE VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1. Ekmek ve Ekmek Üretimi.....	4
2.2. Türkiye ve Dünya’da Ekmek Tüketimi.....	5
2.3. Diyet Lif.....	6
2.4. Diyet Lifi ve Sağlık.....	8
2.5. Dünya’da Lif Tüketimi.....	11
2.6. Türkiye’de Üretilen Ekmekler ve Ekmek Çeşitleri.....	12
2.7. Ekmeğin Fonksiyonel Özelliklerini Artırmak İçin Yapılan Çalışmalar.....	13
2.8. Buğday Kepeğinin Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	16
2.9. Buğday Kepeğinin Ekmek Üretiminde Kullanımı.....	19
2.10. Kepek İlavesinin Meydana Getirdiği Olumsuzlukları Gidermek İçin Uygulanan İşlemler.....	20
2.11. Hemiselüloz ve Özellikleri.....	25
2.12. Hemiselülozun Kullanım Alanları.....	28
2.13. Hemiselülozun Elde Edilmesi.....	31
2.13.1. Asit ve alkali uygulaması.....	32
2.13.2. Organik solvent uygulaması.....	32
2.13.3. Alternatif yöntemler.....	33
2.13.4. Hidrotermal işlemler.....	34
2.14. Ksilanaz Enzimi ve Özellikleri.....	35
2.15. Hamur Reolojisine Etki Eden Faktörler.....	40

2.16. Beslenme Açısından Önemli Nişasta Fraksiyonları ve Sağlık Açısından Önemleri.....	45
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	50
3.1. Materyal.....	50
3.2. Yöntem.....	51
3.2.1. Analitik yöntem.....	51
3.2.2. Nem.....	51
3.2.3. Kül.....	52
3.2.4. Protein içeriği.....	52
3.2.5. Toplam yağ içeriği.....	53
3.2.6. Toplam karbonhidrat.....	53
3.2.7. Klason ve asitte çözünür lignin.....	54
3.2.8. Üronik asit içeriği.....	54
3.2.9. İndirgen şeker tayini.....	55
3.2.10. Kepeklerin hidrotermal işlemlerle muamelesi.....	55
3.2.11. Polisakkarit analizi.....	56
3.2.12. Reolojik analizler.....	56
3.2.13. Zeleny sedimantasyon testi.....	58
3.2.14. Ekmek üretimi.....	58
3.2.15. Ekmek analizleri.....	60
3.2.16. İstatistiksel analiz.....	69
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	70
4.1. Kaba ve İnce Kepeğin Kimyasal Kompozisyonu.....	70
4.2. Kaba ve İnce Kepeğin Fonksiyonel Özellikleri.....	72
4.3. Kepeklerin Hidrotermal İşlemlerle Muamelesi	76
4.4. Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Toplam Fenolik ve Antioksidan İçerikleri.....	79
4.5. Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Reolojik Özellikleri.....	81
4.6. Ekmeklerin Fizikokimyasal Özellikleri.....	94
4.7. Ekmeklerin Duyusal Özellikleri.....	110
4.8. Ekmeklerin Fonksiyonel Özellikleri.....	115
4.9. Ekmeklerin Önemli Nişasta Fraksiyonları.....	120
5. SONUÇ.....	124

6. KAYNAKLAR.....	126
7. EKLER.....	151
7.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC) Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı.....	151
7.2. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı.....	152
7.3. DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı.....	153
7.4. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı.....	154
7.5. DNS Metodu Çözeltilerinin Hazırlanması ve Standardı.....	155
7.6. Flavonoid Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı..	156
7.7. Toplam Karbonhidrat Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı.....	157
7.8. Glikoz Oksidaz Peroksidaz (GOPOD) Tayininde Kullanılan Standardın Hazırlanması.....	158
7.9. Çözünür ve Çözünmez Diyet Lifi Analizi Akım Şeması.....	159
7.10. Beslenme Açısından Önemli Nişasta Fraksiyonlarının Belirlenmesi Analizi Akım Şeması.....	160
7.11. Serbest Glikoz Miktarı Analizi Akım Şeması.....	161
7.12. Ekmek Üretim Kalıbı.....	162
7.13. Miksolab Grafikleri.....	163
8. ÖZGEÇMİŞ.....	173

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
ABTS	2,2-Azino-bis (3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit)
DNS	Dinitrosalisilik Asit
DPPH	2,2 Difenil-1-Pikrohidrozil
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
TEAC	Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
KE	Kuarsetin Eşdeğeri
TE	Troloks Eşdeğeri
TPTZ	2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine
HSN	Hızlı Sindirilebilir Nişasta
YSN	Yavaş Sindirilebilir Nişasta
DN	Dirençli Nişasta
NHI	Nişasta Hidroliz İndeksi
TN	Toplam Nişasta
TG	Toplam Glikoz
SG	Serbest Glikoz
HKG	Hızlı Kullanılabilir Glikoz
GOPOD	Glikoz Oksidaz Peroksidaz
KK	Kaba Kepek
HK	Hidrotermal İşlemlerle Muamele Edilmiş Kaba Kepek
EHK	Enzim İlave Edilmiş Hidrotermal İşlemlerle Muamele Edilmiş Kaba Kepek
EKK	Enzim İlave Edilmiş Kaba Kepek
İK	İnce Kepek
HİSKK	Hidrotermal İşlem Sonrası Kalan Katı Kısım

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Avrupa ülkelerinde kişi başı yıllık ekmek tüketim miktarı.....	6
Şekil 2.2. Dünyada yıllara göre içeriğinde buğday kepeği kullanılan ürün sayısı....	19
Şekil 2.3. Farklı kaynaklardan elde edilen hemiselüloz yapıları.....	27
Şekil 2.4. Ksilanaz enzim kompleksinin etki şekilleri.....	37
Şekil 2.5. Hamur için tipik Mixolab® grafiği.....	42
Şekil 3.2. Ekmek üretim akım şeması.....	60
Şekil 4.1a. Üretilen ekmeklerin dış görünüşleri.....	95
Şekil 4.1b. Üretilen ekmeklerin iç gözenek yapıları.....	96
Şekil 4.2a. Hidrolizat ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	107
Şekil 4.2b. Enzim katkılı hidrolizat ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	107
Şekil 4.2c. Kaba kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	108
Şekil 4.2d. Enzim katkılı kaba kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	108
Şekil 4.2e. İnce kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	109
Şekil 4.2f. Hidrolizasyon sonrası arta kalan katı kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları.....	109

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Avrupa ülkelerinde günlük diyet lifi alım miktarları (g/gün).....	12
Çizelge 2.2. Farklı mikroorganizmalardan izole edilen ksilanazların özellikleri.....	38
Çizelge 2.3. Ticari olarak kullanılan ksilanaz enzim preparatları ve elde edildikleri kaynaklar.....	39
Çizelge 3.1. Mixolab çalışma koşulları.....	58
Çizelge 3.2. Tekstür analiz cihazı çalışma koşulları.....	61
Çizelge 3.3. Örnek duyusal analiz formu.....	68
Çizelge 4.1. Kaba ve ince kepeğin kompozisyonları.....	71
Çizelge 4.2. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun toplam fenolik madde içerikleri..	72
Çizelge 4.3. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun toplam flavonoid ve antioksidan içerikleri.....	74
Çizelge 4.4. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun diyet lifi içerikleri.....	75
Çizelge 4.5. Farklı sıcaklıklarda uygulanan hidrotermal işlemler sonucunda elde edilen hidrolizatların bileşimi.....	78
Çizelge 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan hidrolizasyon işlemi sonucunda arta kalan katı kısımların bileşimi.....	79
Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatların toplam antioksidan aktivite içerikleri.....	81
Çizelge 4.8A. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatlara ait reolojik analiz sonuçları.....	83
Çizelge 4.8B. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatlara ait reolojik analiz sonuçları (devam).....	84
Çizelge 4.9A. Ekmek üretiminde kullanılan örneklere ait reolojik analiz sonuçları.	90
Çizelge 4.9B. Ekmek üretiminde kullanılan örneklere ait reolojik analiz sonuçları.	91
Çizelge 4.10. Ekmek örneklerinin fiziksel analiz sonuçları.....	98
Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinin kabuk renk analiz sonuçları.....	101
Çizelge 4.12. Ekmek örneklerinin iç renk analiz sonuçları.....	102
Çizelge 4.13. Ekmek örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları.....	104
Çizelge 4.14A. Ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları.....	112

Çizelge 4.14B. Ekmek örneklerine ait duyu analizi sonuçları.....	113
Çizelge 4.15. Ekmek örneklerine ait toplam antioksidan, toplam flavonoid ve toplam fenolik madde içerikleri.....	117
Çizelge 4.16. Ekmek örneklerine ait çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi içerikleri.....	119
Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları içeriği.....	123



1. GİRİŞ

“Yaşamın özü” olarak kabul edilen ekmeğin bilinen tarihi MÖ 10 000 yılına dayanmaktadır. Ekmek yapımına ilişkin talimatların yer aldığı en eski papiruslarda bilinen ilk ekmek benzeri ürünün mısırdan üretildiği bildirilmektedir (Karnohoriti, 2016). Tarihi binlerce yıl öncesine dayanan ekmek eski Yunan mitolojisinde sağlık ve sudan sonra insan için en önemli unsur olarak kabul edilmektedir. Pirinç tüketiminin çok olduğu doğu asya ülkeleri dışında, Avrupa ve Orta Doğu ülkeleri başta olmak üzere Kuzey Afrika ve Amerika’da da ekmek tüketimi oldukça yaygın durumdadır (Kourkouta ve ark., 2017).

Ekmek yüzyıllardır süregelen alışkanlıkların ve milli kültürün etkisiyle insan beslenmesinde karbonhidrat kaynağı olarak büyük bir öneme sahiptir. Tahıla dayalı beslenmenin yoğun olduğu ülkemizde kişi başına tüketilen enerjinin %66’sı tahıllardan, bunun da %56’lık kısmı sadece ekmekten karşılanırken protein ihtiyacının %50’si de ekmekten sağlanmaktadır. Ekmek ihtiyaç duyulan günlük enerjinin sağlanması için önemli bir karbonhidrat kaynağıdır. Ayrıca B grubu vitaminleri, bitkisel protein, demir, potasyum ve selenyum gibi bileşikler de içermektedir (Kourkouta ve ark., 2017). Bununla birlikte ekmek yüksek glisemik indeks değerine sahip olması nedeniyle kan glikoz düzeyini yükseltmektedir ve insülin direncine olumsuz etki etmekte ve obezite, diyabet gibi hastalıkları tetiklemektedir. Günümüzde ekmeklerin glisemik indeks değerlerinin düşürülmesi amacıyla farklı diyet lifi kaynaklarının kullanımı ön plana çıkmaktadır (Rodbotten ve ark., 2015).

Diyet lifi; genellikle belirli tahıllardan, baklagillerden, meyve ve sebzelerden elde edilen faydalı fizyolojik etkilere sahip karbonhidrat bazlı polimerler olarak tanımlanmaktadır (Chen ve ark., 2014). İnce bağırsakta sindirilemez ve emilemez olan diyet lifleri kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente olabilme özelliğine sahip yenilenebilir bitki kısımları, polisakkaritler, oligosakkaritler ve lignin gibi bileşikler kapsamaktadır (Bangoura ve ark., 2013). Epidemiyolojik çalışmalar diyet liflerinin bazı kronik hastalıklar, metabolik sendromlar, tip II diyabet, belirli kanser türleri ve obezite gibi hastalık risklerini düşürdüğünü göstermektedir (Stevenson ve ark., 2012). Sağlık

açısından faydaları bilinen diyet liflerinin günlük kullanım miktarları her geçen sene yükselmektedir. Toplumların gelişen teknolojiyle yenilenen yaşam koşulları hareketsiz bir hayatı ve yetersiz ve dengesiz beslenme modellerini getirmiştir. Bu yaşam koşulları beraberinde bir takım hastalıkların riskini de getirmektedir. Bugün, kalp-damar hastalıkları, kanser, diyabet, obezite ve yüksek tansiyon gibi hastalıklarda önemli düzeyde bir artış gözlemlenmektedir. Sağlıklı beslenme bilincinin oluşmaya başlamasıyla insanların tükettikleri gıdalardan beklentileri artmaktadır. Artan sağlık problemleri ve tüketicilerin daha faydalı ve besleyici ürünlere yönelmesi ekmek sanayisinde diyet lifi içeriği bakımından zengin ürünlere doğru eğilimi artırmıştır. Gün geçtikçe yaygınlaşan sağlık problemlerinden özellikle de kanser vakaları, kötü kaliteyi örtbas etmek, tüketiciyi yanıltmak ve haksız rekabet ortamı oluşturarak kazanç sağlamak amacıyla yasal sınırlamaların üzerinde gereğinden fazla bir şekilde katkı maddesi kullanımı tüketicileri daha doğal, katkı maddesi kullanılmayan ve geleneksel ürünlere yönleltmeye başlamıştır (Guerrero ve ark., 2016).

Buğday tanesi embriyo, endosperm ve perikarp tabakasından meydana gelmektedir. Buğday kepeği ise perikarp, testa, hyalin ve aleuron tabakalarından oluşan ve endospermi çevreleyen dış katman olarak bilinmektedir ve tanenin %14-16'sını oluşturan kepek gıda ve yem sanayinde farklı kullanım alanlarına sahiptir (Stevenson ve ark., 2012). Tüketicilerin diyet lifçe zengin, sağlıklı ürün arayışlarına cevap vermek için ürünlerde kepek kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Ekmek tebliğinde yapılan son değişiklikler ile undaki kepek oranı artmış ve özellikle koruyucu amaçlı olmak üzere katkı maddeleri kullanımı kısıtlanmış veya yasaklanmıştır. Ayrıca Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ekmeklerin fonksiyonel ve besleyicilik değerlerinin yükseltilmesi amacıyla Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliğinde 2013 yılında yapılan değişiklik ile unlardaki kül miktarı yaklaşık %18 oranında artırılmış ve $0.7 < \%kül \leq 0.8$ aralığına yükseltilmiştir. Yapılan bu değişiklik ile beyaz ekmekteki kepek oranı %7.20-8.71 aralığına yükselmiştir.

Ülkemizde yılda ortalama 20 milyon ton buğday üretimi elde edilmiş ve buğdaylardan 2016 yılında 17 835 468 ton un üretilmiştir (TMO, 2016). Önemli bir yan ürün olan kepek dünya genelinde 90 milyon ton (Reisinger ve ark., 2013), ülkemizde ise ortalama

2 milyon ton civarında açığa çıkmaktadır (TÜİK, 2016). Açığa çıkan buğday kepekleri özellikle yem sanayisi olmak üzere gıda ve çeşitli sanayi dallarında kullanılmaktadır. Ekmek üretiminde buğday kepeğinin (Schmiele ve ark., 2012; Almeida ve ark., 2013; Curti ve ark., 2013; Kaprelyants ve ark., 2013) yanında, mısır kepeği (Gül ve ark., 2009), yulaf kepeği (Purhagen ve ark., 2012; Tiwari ve ark., 2013), arpa kepeği (Pejcz ve ark., 2017), çavdar kepeği (Purhagen ve ark., 2012) ve pirinç kepeği (Irakli ve ark., 2015) gibi kepekler kullanılmaktadır. Ekmek üretiminde kepek kullanımının neden olduğu dezavantajları (düşük hacim, bozuk gözenek yapısı, istenilmeyen tat aroma, küf oluşumuna karşı hassasiyet) gidermek için farklı uygulamalar (boyut küçültme, kepeğin fermente edilmesi, gluten ilavesi, enzim ilavesi vb.) mevcut olmakla birlikte meydana gelen dezavantajları tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Sorunlara tam çözüm üretemeyen araştırmacılar alternatif yöntemlere yönelmiştir.

Gıda sanayisinde kullanımı her geçen gün artan buğday kepeğinin ürünlerde meydana getirdiği dezavantajları gidermek için uygulanan alternatif çözümlerden birisi de kepeklerin kullanılmadan önce hidrotermal işlemlere maruz bırakılmasıdır. Lignoselülozik materyaller temel olarak selüloz, hemiselüloz ve ligninden meydana gelmektedir. Hidrotermal işlemler hemiselülozun çözünürlüğünün artmasına neden olmakta ayrıca şeker oligomerleri, şekerler ve şeker ayrışma ürünlerince zengin sıvı faz ile selüloz ve lignince zengin katı fazın oluşmasına neden olmaktadır (Tathod ve Dhepe, 2015).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda çeşitli kepeklerin enzim ile muamelesi ekmek üretiminde farklı diyet lifi kaynaklarının kullanımı ve kepeklerden kaynaklı teknolojik sorunların azaltılması konuları üzerinde durulmuştur. Bu tez kapsamında, kepeklerden kaynaklanan sorunların giderilmesi için, kepeklerin hidrotermal işlemlerle muamele edilmesi ile ekmek üretimi, sağlıklı, duyuşsal özellikleri daha üstün, fonksiyonel ürünler elde edilmesi ve tüketicilerin daha doğal ve katkı maddesi kullanılmayan ürünlere olan talebine cevap verilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle kaba kepek hidrotermal işleme tabi tutulmuş, daha sonra elde edilen hidrolizatların kimyasal, fonksiyonel ve reolojik özellikleri tespit edilmiş, hidrolizatlar ekmek üretiminde kullanılmış ve üretilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları tespit edilerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Ekmek ve Ekmek Üretimi

Ekmek; esas bileşen olarak buğday unu, su, tuz ve mayanın belli oranda karıştırılması, yoğrulduktan sonra dinlendirilmesi, şekil verilerek pişirilmesi ile meydana gelen insan beslenmesinde öneme sahip temel gıda maddesidir. Ekmek nötr aromaya sahip olması nedeniyle iyi bir taşıyıcı özellik göstermekte, ucuz ve kolay temin edilebilmektedir (Elgün ve ark., 2015).

Buğday ununa su katılarak yoğrulması ve sıcak taşlar üzerinde pişirilmesi ile düz şekilli mayasız ekmekler üretilmekte iken, zamanla fermantasyonun keşfedilmesi ile çeşitli maddelerle ekmek üretimi başlamıştır (Boyacıoğlu, 2012). Zaman içerisinde tüketici tercihlerinin değişmesi ekmek üretiminde yeni yönelimlere neden olmuştur. Ekmeklerin farklı gıda veya gıda bileşenleri ile zenginleştirilmesi ve besin değerinin artırılması bu yönelimlerin başında gelmiştir. Bu bağlamda tüketici taleplerinin karşılanması ve ekmek kalitesinin artırılması için ilave yardımcı maddeler kullanılmaya başlanmıştır (Kourkouta ve ark., 2017).

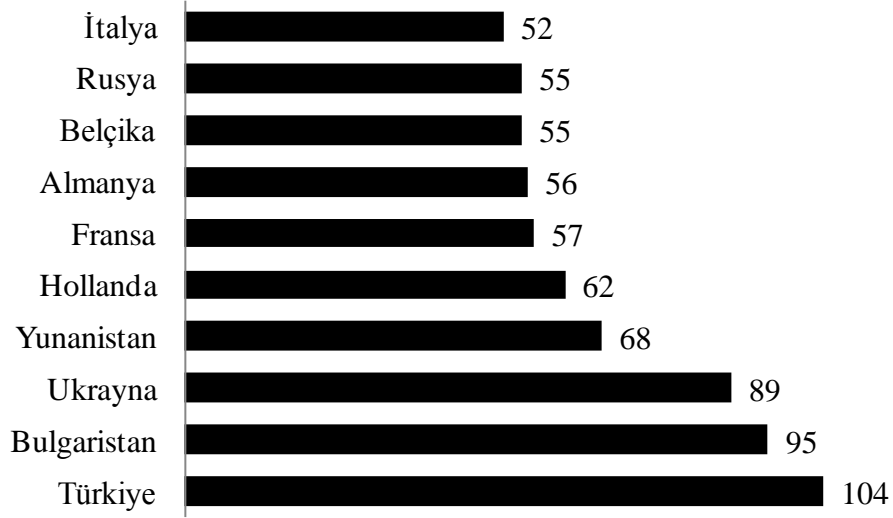
Ekmeğin raf ömrünü uzatmak, küf gelişimini ve bayatlamayı geciktirmek, unun ve ekmeğin kalite özelliklerini iyileştirmek ve su tutma kapasitesini arttırmak gibi farklı nedenlerden dolayı ekmek üretiminde çeşitli yardımcı bileşenler kullanılmaktadır. Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliğinde ekmek üretiminde kullanılmasına izin verilen diğer bileşenleri; antimikrobiyal maddeler (kalsiyum propiyanat, sorbik asit vb.), emülgatörler, stabilizatörler, süt ve süt ürünleri (peynir altı suyu tozu, süt tozu vb.), tatlandırıcılar (sakkaroz, glikoz vb.), oksidanlar (askorbik asit), yağlar ve enzimler (α -amilaz, hemiselülaz, glikoz oksidaz, lipaz, proteaz vb.) olarak sınıflandırmak mümkündür (Erem ve Certel, 2006).

Antimikrobiyal maddeler ekmekte küf, rop sporu (*Bacillus mesentericus*), kırmızı leke (*Serratia marcescens*) veya tebeşir hastalığının (*Endomyces fibuliger* ve *Trichosporo variable*) önlenmesi amacıyla ilave edilirken, oksidan maddeler unu beyazlatmak ve

kuvvetlendirmek için katılmaktadır. Enzimler (amilaz, invertaz) fermantasyon için gerekli olan şekerlerin meydana gelmesi, hamurun olgunlaşması ve hamurun işleme özelliklerinin iyileştirilmesi, unun yapısının kuvvetlendirilmesi (hemiselülaz, proteaz) ve acılaştırmanın önlenmesi (lipaz) için (Elgün ve ark., 2015), yağlar (shortening) ekmeğin bayatlamasını geciktirmek, yoğrulmayı kolaylaştırmak, lezzet ve aroma vermek için, süt ve ürünleri ise lezzet ve aroma vermek ayrıca kabuk rengini iyileştirmek (Elgün ve ark., 2015) amacıyla ilave edilmektedir.

2.2. Türkiye ve Dünya’da Ekmek Tüketimi

Ekmek nötr aromaya sahip olması nedeniyle iyi bir taşıyıcı özellik göstermekte, ucuz ve kolay temin edilebilmektedir (Elgün ve ark., 2015). Türkiye’de gıda sanayisi büyük oranda (%65) un ve ekmek sanayisinden ve süt ve süt ürünlerinden (%11) oluşurken bunları meyve sebze, yağ, şekerli mamüller ile et mamülleri takip etmektedir (Anonim, 2007). 2000 yılında Guinness rekorlar kitabına göre dünyada ekmek tüketiminde ilk sıradaki ülke 199.6 kg ile Türkiye olmuştur (Anonim, 2007). 2008 yılında yapılan araştırmaya göre Türkiye’de kişi başı yıllık ekmek tüketimi 128 kg iken Avrupa Birliğinde 50 kg’dır (Anonim, 2008). Sağlık bakanlığının açıkladığı verilere göre erkeklerde günlük ekmek tüketimi 219.68 g iken kadınlarda günlük ekmek tüketimi 151.70 g’dır. 2013 yılında toprak mahsülleri ofisi tarafından yapılan ekmek israfi araştırmasına göre kişi başı ekmek tüketimi günlük 297.56 g, yıllık ise 108 kg’dır (Anonim, 2013). Avrupa ülkelerinde kişi başı yıllık ekmek tüketim miktarı göz önüne alındığında Türkiye 104 kg ile birinci sırada olup onu sırasıyla Bulgaristan (95 kg), Ukrayna (89 kg), Yunanistan (68 kg) takip etmektedir (Statista, 2013). Şekil 2.1’de 2013 yılında Avrupa ülkelerinde kişi başı yıllık ekmek tüketim miktarları görülmektedir.



Şekil 2.1. Avrupa ülkelerinde kişi başı yıllık ekme tüketim miktarı (kg) (Statista, 2013)

Son yıllarda ekme tüketimi açısından azalma eğiliminin olduğu görülmektedir. 2000 yılında 199.6 kg olan ekme tüketimi 2008 yılında 128, 2013 yılında ise 104 kg'a düşmüştür (Koç, 2015). Kişi başına düşen milli gelirin artması, gelişmişlik düzeyinin yükselmesi, eğitim seviyesinin artması ve tüketicilerin bilinçlenmesi ekme tüketimindeki bu düşüşün nedenleri arasında gösterilebilir.

2.3. Diyet Lif

Selüloz, hemiselüloz ve lignini içeren ilk diyet lifi tanımı, 1953 yılında ortaya çıkmıştır (Hispley, 1953). Temel olarak ince bağırsakta sindirilmeyen yenilebilir bitki kısımları olarak tanımlansa da diyet lifleri genellikle nişasta olmayan polisakkaritler, oligosakkaritler, lignin ve tahıllar, baklagiller, meyve ve sebzelerden elde edilen bitki kısımlarını içermektedir. Codex Alimentarius Komisyonu diyet lifini; polimerizasyon derecesi 3'ün üstünde olan, ince bağırsakta sindirilmeyen ve emilmeyen ve gıdalarda doğal olarak bulunan veya gıda maddelerinden fiziksel, enzimatik veya kimyasal yolla üretilen ve mikroorganizmalara birçok fayda sağlayan karbonhidrat polimerleri olarak tanımlamaktadır (Jones, 2014). Diğer bir tanıma göre ise tüketiciler için yararlı fizyolojik etkileri bulunan diyet lifi; bitkilerde bulunan, sindirilmeyen karbonhidratlar olarak tanımlanabilir (Champ ve ark., 2003). Diyet lifleri; kaynaklarına,

çözünübilirliklerine, fermente olabilme durumlarına ve fizyolojik etkilerine göre sınıflandırılabilir (Champ ve ark., 2003). Suda çözünübilirliğine göre çözünmez (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ve çözünür (pektin, gam ve müsilaj) diyet lifi olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır ve genellikle meyvelerde, tahıllarda, sebzelerde ve bakliyatlarda bulunmaktadır (Buil-Cosiales ve ark., 2016; Tarcea ve ark., 2017).

Genel olarak bitki hücre duvarlarının temel bileşeni olan selüloz (D-glikoz ünitelerinin β (1 \rightarrow 4) bağı ile birleşmesi sonucu oluşan düz zincir yapısına sahip polisakkarit), hemiselüloz (yapısında 5 ve 6 C'lu şekerleri ve şeker asitleri içeren kompleks heteropolisakkarit) (Saldamlı, 2007), pektin (galakturonik asit ünitelerinin α (1 \rightarrow 4) bağı ile birleşmesi sonucu oluşan düz zincir yapısına sahip polisakkarit) (Madeira ve ark., 2017) gibi nişasta olmayan polisakkaritler diyet lifi kategorisinde yer almaktadır. İnülin (β -D-fruktosil kalıntılarının β (2 \rightarrow 1) bağı ile bağlanması sonucu oluşan fruktan tipi polisakkaritler) (Mensinka ve ark., 2015), frukto-oligosakkaritler (fruktozil ünitelerinin β (2 \rightarrow 1) bağı ile bağlanması sonucu oluşan kısa ve orta zincirli oligosakkaritler) ve galakto-oligosakkaritlerde (galaktoz ünitelerinin β (1 \rightarrow 4) ve β (1 \rightarrow 6) bağı ile laktoza bağlanması sonucu meydana gelen oligosakkarit) (Demirci ve ark., 2017) sindirilmeyen çözünür diyet lifi sınıfındaki karbonhidratlardır.

İnce bağırsakta sindirilmeyen fakat kalın bağırsakta fermente olabilen dirençli nişasta, modifiye selüloz (selüloz polimerin yapısında bulunan OH ve H iyonlarının CH_3 , C_2H_5 , OAc grupları ile yer değiştirmesi sonucu elde edilen selüloz türevi) (Arslan ve Erbaş, 2014) ve polidekstroz ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n gibi karbonhidrat polimerleri de diyet lifi olarak kabul edilmektedir (Borderias ve ark., 2005). Ayrıca gamlar (D-mannoz ünitelerinin β (1 \rightarrow 4) bağı ile birleşmesi sonucu meydana gelen düz veya yan zincirli polisakkarit) (Sebastien ve ark., 2014) ve müsilajlar (bitkisel kaynaklı heterojen polisakkarit) diyet lifi sınıfına girmektedir (Theuwissen ve Mensink, 2008). İlave olarak lignin (temel olarak monolignol, p-kumaril, koniferil ve sinapil alkolü içeren kompleks aromatik heteropolimer) ve bazı minör bileşenlerin (mumlar, saponinler, polifenoller, kitin, fitosteroller vb.) diyet lifi kategorisine konulabileceği bildirilmektedir (Borderias ve ark., 2005).

2.4. Diyet Lifi ve Sağlık

Kardiyovasküler hastalıklar, kanser, kronik solunum yolu hastalıkları ve diyabet dünyadaki tüm ölümlerin %60'ına neden olurken bu oran gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkeler için %80 düzeyine kadar çıkmaktadır (Hajishafiee ve ark., 2016). Tam tahıllar, meyve ve sebze tüketimi dahil olmak üzere çeşitli beslenme faktörlerinin bu hastalık risklerini azalttığı gösterilmiştir (Mozaffarian ve ark., 2003; He ve ark., 2010). Günlük diyet lifi tüketiminin kalp krizine bağlı felç riskini düşürdüğü ve kardiyovasküler ölüm oranını azalttığı, tip II diyabet, obezite, düşük tansiyon, yüksek kan basıncı ve ateroskleroz riskini düşürdüğü yapılan klinik ve epidemiyolojik çalışmalarda belirlenmiştir (Buil-Cosiales ve ark., 2009; Hu ve ark., 2014; Buil-Cosiales ve ark., 2016). Ayrıca diyet lifi tüketiminin yeterli olmaması meme ve kolon kanseri riskini arttırdığı, genç yaşlarda obeziteye sebep olduğu, açlık kan şekeri ve tokluk plazma glikoz düzeyinin dengesiz bir yapıya dönüşmesine katkı sağladığı bildirilmektedir (Kim ve Je, 2016; Murakami ve Livingstone, 2016).

Kanda toplam ve LDL kolesterol seviyesi artması hipertansiyon ve kalp damar hastalıklarına yakalanma riskini yükseltmektedir. Diyet lifi gıdaların bağırsaktan geçiş süresini uzatmakta ve yemek sonrası doyumluk hissi oluşturarak kolesterol seviyesinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca bağışıklık sistemini güçlendirmekte, antioksidanlar, vitaminler, mineraller, fitoöstrojenler veya lignanların vücuttan atılımını geciktirmektedir (Kim ve Je, 2016; Murakami ve Livingstone, 2016).

Literatürde diyet lifinin kardiyovasküler hastalıklar üzerindeki etkisini araştıran farklı çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda günlük 10 gramdan fazla diyet lifi tüketiminin kronik hastalıkları %17, kronik ölümleri ise %27 oranında (Pereira ve ark., 2004), günlük 7 gram diyet lifi tüketiminin ise koroner kalp hastalıklarına yakalanma riskini %9 oranında azalttığı (Threapleton ve ark., 2013) bildirilmiştir. Tahıl lifi tüketiminin ise diğer lif kaynaklarının tüketimine göre kalp damar hastalıklarına bağlı ölümleri daha fazla azalttığı (Li ve ark., 2014; Huang ve ark., 2015; Hajishafiee ve ark., 2016) rapor edilmiştir. 15 farklı çalışmanın incelenmesi sonucunda diyet lifi tüketimi ile tüm kanser türleri ve koroner kalp hastalıklarına bağlı ölümler arasında ilişki olduğu ve

günlük 10 gram ve daha fazla diyet lifi tüketiminin bu ölüm oranlarını azalttığı (Kim ve Je, 2016) ortaya konmuştur.

Yapılan çalışmalar ve araştırma sonuçları, ortalama diyet lifi tüketiminin önerilen düzeylerin çok altında olduğunu göstermektedir (Guine ve ark., 2016; Hajishafiee ve ark., 2016). Obezite, tip II diyabet, kalp damar hastalıkları, metabolik hastalıklar dahil olmak üzere bir çok hastalığın risk faktörlerinden biridir. Dünya sağlık örgütünün 2013 yılında yayınladığı raporda dünyada son 10 yılda obeziteye yakalanma oranlarının arttığı ve bu konunun büyük bir endişeye yol açtığı bildirilmiştir (WHO, 2016). Nguyen ve Lau (2012) yaptıkları çalışmada dünya çapında yaklaşık 1,5 milyar yetişkin insanın aşırı kilolu ya da obez olduğunu ve obezitenin küresel bir salgın olarak büyümesinin devam ettiğini bildirmişlerdir. Dünya sağlık örgütünün 2016 yılında yayınladığı rapora göre ise 2014 yılında dünyada 2 milyar insanın aşırı kilolu olduğu ve bunun 1 milyarının obez olduğu belirtilmiştir (WHO, 2016). Yapılan çalışmalar günlük diyet lifi alımının kilo kontrolü ve obezitenin önlenmesinde katkı sağladığını göstermektedir. Howart ve ark. (2001) yaptıkları çalışmada günlük ilave 14 gram diyet lifi tüketiminin günlük enerji ihtiyacını %10 düşürdüğü ve 3.8 ayda ortalama 1.9 kg kilo kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir. Sağlıklı ve dengeli bir beslenmenin kilo kontrolüne yardımcı olduğunu ayrıca doğal kaynaklardan ya da biyoteknolojik olarak üretilen diyet lifi açısından zengin beslenmenin kilo kontrolüne destek sağladığı ve lipit ve trigliserit seviyelerini düşürdüğü bildirilmektedir (Cruz-Requena ve ark., 2016).

Diyet lifi tüketiminin sağlık açısından etkileri göz önüne alındığında kanser türleri ile olan etkilerini de incelemek gerekmektedir. Seks steroid hormon düzeyi ile meme kanseri gelişimi arasında güçlü bir ilişki olduğu ve yüksek diyet lifi tüketiminin östrojen geri emilimini inhibe etmesinden dolayı meme kanseri riskini azalttığı bildirilmiştir (Gaskins ve ark., 2009; Green ve ark., 2012). Yapılan epidemiyolojik ve deneysel çalışmalar diyet lifinin kolon kanserinin önlenmesinde önemli rol oynadığını göstermektedir. Diyet lifi tüketiminin etkisi ile bağırsak mikroflorası kısa zincirli yağ asitleri oluşturmakta, safra asidi dekonjugasyonu ve biyoaktif maddelerin oluşması artmaktadır. Ayrıca diyet lifleri kansorejen bileşiklerin bağırsak yüzeyine tutunmasını önlemekte ve bağırsak mikroflorasının gelişimini desteklemektedir (Zeng ve ark.,

2014). Çözünür ve çözünmez diyet lifi tüketiminin meme kanseri riskini düşürdüğü (Farvid ve ark., 2016), günlük 10 gram diyet lifi tüketiminin meme kanseri riskini %5 oranında azalttığı (Aune ve ark., 2012), 2110 kolon kanseri vakasının 7.3 yıl takip edilmesi sonucu elde edilen verilere göre yüksek diyet lifi tüketiminin kolon kanseri riskini erkeklerde %38 kadınlarda %12 oranında azalttığı (Nomura ve ark., 2007) rapor edilmiştir. Buğday kepeği lifinin 1 gramının 5.4 g, meyve sebze lifinin 1 gramının 4.9 g, izole selülozun 1 gramının ise 3 gram fekal dışkı hacmini arttırdığı bildirilmiştir (Slavin, 2005). Meyve ve sebzeler yüksek lif içeriği yanında antioksidan, antimutajenik ve antikanserijen etkilere sahip fitokimyasal bileşiklere de sahiptir. Meyve sebzelerde bulunan fitokimyasal bileşikler ve lifler kanserojen maddeleri bağlamakta veya zarar vermekte ve insülin metabolizmasını düzenlemektedir. Bu etkileri ile pankreas kanserine yakalanma riskini düşürdüğü öngörülmektedir (Salem ve Mackenzie, 2018).

Dünya genelinde görülen büyük sağlık problemlerinden biri tip 2 diyabettir. Uluslar arası diyabet federasyonuna göre 2011 yılında dünya genelinde 311 milyon yetişkin insanın, 2015 yılında 415 milyon yetişkin insanın tip 2 diyabetli olduğu, bu rakamın 2030 yılında 552 milyon, 2040 yılında ise 642 milyona yükselmesinin beklendiği bildirilmektedir (Anonim, 2015). Diyet lifi tüketimi ile diyabet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar mevcuttur. Kadınlarda >25 g/gün, erkeklerde ise >38 g/gün diyet lifi tüketiminin tip 2 diyabet riskini %20-30 arasında düşürdüğü belirlenmiştir. Tam tahıl veya çözünmez tahıl liflerinin yüksek oranda alınması bu düşüşün nedenlerindedir. Meyvelerden veya belirli sebzelerden alınan çözünür, jel formunda veya fermente olabilir liflerin tip 2 diyabet riskini azaltmadığı görülmektedir (Weickert ve Pfeiffer, 2018). Kepekli ekmek, tam tahıllı kahvaltılık gevrek, esmer pirinç gibi tam tahıl tüketimi ile tip 2 diyabet riski arasındaki ilişkiyi belirleyen çalışmalar literatürde mevcuttur (Liu ve ark., 2000). Yapılan çalışmalarda özellikle çözünmez tahıl liflerinin yüksek oranda (>30 g/gün) alınmasının (Aune ve ark., 2012) veya tahıl liflerince zengin tam tahıl ürünlerinin (>30-40 g/gün) tüketilmesinin (Becerra-Tomas ve ark., 2017) insülin direncini düşürdüğü ve tip 2 diyabet riskini %20-30 arasında düşürdüğü, yine yüksek tahıl lifli beslenmenin tip 2 diyabet riskini %33 azalttığı (Weickert ve Pfeiffer, 2018) bildirilmiştir. Ayrıca çözünür diyet lifi alımının glisemik indeks ile direkt bağlantılı olduğu (Weickert ve Pfeiffer, 2018) çalışmalarda belirtilmektedir. Tip 2

diyabet hastalığının son yıllarda hızla artmasının başlıca nedenleri aşırı kilo ve yetersiz fiziksel aktivitedir. İnsanların günlük diyeti; tip 2 diyabeti doğrudan, obeziteyi ise dolaylı yoldan etkilemektedir. Tam tahıllar rafine gıdaların aksine ruşeym ve kepek kısmını bünyesinde barındırmaktadır. Tam tahılların içerdikleri lif, vitamin, mineral ve fitokimyasalların glikoz metabolizmasını düzenlemesi ve insülin direncini düşürmesi tip 2 diyabet riskinin düşmesine ayrıca fazla kilo ve obezitenin azalmasına neden olmaktadır (Aune ve ark., 2012).

Yapılan çalışmalar bir bütün olarak ele alındığında günlük tahıl lifi tüketiminin tip 2 diyabete karşı koruyucu olduğu, meyvelerden sağlanan liflerin ise daha düşük koruyuculuğa sahip olduğu görülmektedir. Tahıl liflerinin tip 2 diyabete karşı bu koruyucu etkisi: insan vücudunda enerji metabolizma döngüsünde glikoz toleransını geliştirmesi ve kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumuna neden olması, bağışıklık sistemini geliştirmesi ve iltihaplanmayı azaltması olarak 3 şekilde açıklanabilir (Davison ve Temple, 2018).

2.5. Dünya’da Lif Tüketimi

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'ne (FAO) göre, yetişkin bir bireyin günde ortalama 25-35 g lif veya 14 g lif/1000 kcal gün, 2 yaşından büyük çocukların ise 0.5 g/kg vücut ağırlığı lif tüketmesi önerilmektedir. Ayrıca yaştan bağımsız olarak erkek bireylerin, kadınlardan daha fazla lif tüketmesi tavsiye edilmektedir (Buil-Cosiales ve ark., 2016). Tüketilecek diyet lifi türü ve kaynağı hakkında spesifik bir tavsiye bulunmamakla birlikte, alınacak diyet lifinin %50'den fazlasının tam tahıllardan karşılanması önerilmektedir (Evert ve ark., 2013). Önerilere rağmen kültürel değişimlerle birlikte gelen dışarıda yeme kültürü, kentleşme, rafine edilmiş ve işlenmiş gıda tüketimine yönelim, ekonomik yetersizlik ve bilgi eksikliği gibi nedenlerden dolayı dünya genelinde günlük diyet lifi tüketimi oldukça düşüktür (Hajishafiee ve ark., 2016).

Avrupa ülkelerinde diyet lifi alımı miktarları Çizelge 2.1’de gösterilmektedir. Yapılan araştırmalar Avrupa ülkelerinde erkeklerde ortalama 20.12 g/gün, kadınlarda 17.70

g/gün diyet lifi tüketiminin olduğunu göstermektedir. Avrupa ülkeleri içerisinde en düşük diyet lifi tüketiminin İspanya ve İngiltere’de, en yüksek diyet lifi tüketiminin ise Almanya ve Norveç’te olduğu belirtilmiştir. Ülkelerin beslenme alışkanlıklarının günlük diyet lifi tüketimi üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Farklı beslenme şekillerine sahip olan ülkelerin diyet lifi tüketimine bakıldığında Amerika Birleşik Devletlerinde 20-35 g/gün arasında, Japonya’da 20-35 g/gün arasında, Kore’de 20-25 g/gün arasında ve Avustralya’da ise 25-30 g/gün arasında değiştiği belirtilmektedir (Sivam ve ark., 2010; Kim ve Paik, 2012).

Çizelge 2.1. Avrupa ülkelerinde günlük diyet lifi alım miktarları (g/gün) (Elmadfa, 2009)

	Erkek (g/gün)	Kadın (g/gün)		Erkek (g/gün)	Kadın (g/gün)
Belçika	15.67	13.83	Macaristan	24.33	21.00
Danimarka	22.00	19.43	Hollanda	21.00	17.50
Almanya	26.33	24.17	Avustralya	19.71	19.00
İrlanda	20.75	18.00	Portekiz	18.00	16.00
İspanya	13.00	12.00	Finlandiya	22.00	20.60
Fransa	18.67	16.67	İsveç	21.00	18.50
İtalya	18.50	16.50	İngiltere	13.50	11.75
Litvanya	21.00	16.00	Norveç	26.60	22.20

2.6. Türkiye’de Üretilen Ekmekler ve Ekmek Çeşitleri

Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri tebliğine göre; ekmek, tam buğday, tam buğday unlu, çavdarlı, kepekli, yulafli, mısırlı ve diğer ekmek çeşitleri olmak üzere 8 farklı gruba ayrılmaktadır. Ekmekler üretim şekillerine göre de mayalı ve mayasız olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Mayalı ekmekler üretim esnasında ekmek mayası olarak bilinen *Saccharomyces cerevisiae*’nin kullanılması sonucu elde edilen ekmeklerdir. Mayalı ekmeklere örnek olarak bazlama, ev ekmeği (köy ekmeği), baton ekmek, lavaş, somun, tandır, vakfikebir gibi ekmekler gösterilebilir. Üretiminde

Saccharomyces cerevisiae kullanılmadan elde edilen ekmeklere örnek olarak, mısır ekmeği, yufka, kömbe gibi ekmekler verilebilir. Ekmek üretiminde genel olarak buğday unu kullanılmakla birlikte arpa, yulaf, çavdar, mısır ve darı gibi farklı tahıllar kullanılarak ekmek üretimi de gerçekleştirilmektedir (Elgün ve ark., 2015).

Dünyada farklı ekmek çeşitleri üretilmektedir (Bock ve ark., 2016). En çok bilinen ekmek çeşitleri baget (Fransa), çörek (Doğu Avrupa), simit (Fransa), chapatti (Güney asya), ciabatta ekmeği (İtalya), naan (Hindistan), kaplan ekmeği (Hollanda), tortilla (Meksika) iken en çok bilinen geleneksel ekmekler ise balep korkun (Tibet), bazlama (Türkiye), cesnica (Sırbistan), damper (Avustralya), mantou (Çin), melenpan (Japonya), pane ticinese (İsveç) ve vanocka (Çekya)'dır (Anonim, 2018). Bazlama, yufka ve nohut mayalı ekmek Türkiye'ye özgü ekmekler olup dünyada en çok bilinen ekmek çeşitlerimizdir (Anonim, 2017).

2.7. Ekmeğin Fonksiyonel Özelliklerini Artırmak İçin Yapılan Çalışmalar

Dünyada ve ülkemizde artan sağlık problemleri insanları faydalı ve sağlıklı ürünleri tüketmeye yönlendirmiştir. Bu yönelimi irdeleyen araştırmacılar çeşitli tahıl kepekleri ilave edilerek ekmek, bisküvi, kek vb. ürünler üretmişlerdir. Ülkemizdeki ekmek tüketiminin dünya ortalamalarının oldukça üzerinde olması araştırmacıların daha çok ekmeğe yönelmesine neden olmuştur (Özboy ve Köksel, 1997). Fırıncılık ürünlerine lif olarak önemli bir ekonomik değeri olmayan kepek, gıdanın fonksiyonel özelliklerini artırması ve alınan kalorinin azaltılması yanında raf ömrünün uzatılmasında da yardımcı etki göstermektedir (Sarıçoban ve ark., 2008). Tahıl kepeğinin beyaz una göre daha yüksek seviyede mineral madde içerdiği ve 100 gram buğday kepeğinin günlük ihtiyaç duyulan K, P, Cu, Zn, S ve Mg'u karşıladığı bilinmektedir (Zhang ve ark., 2005).

Ekmekleri daha fonksiyonel ve sağlıklı hale getirmek amacıyla farklı çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda farklı tahıllar, pseduotahıllar, baklagiller, çeşitli meyve ve sebze lifleri, meyve ve sebze çekirdekleri gibi ürünler veya bileşenler ekmek bileşiminde kullanılmaktadır. Ekmek üretiminde inulin (Salinas ve Puppo, 2013), polidekstroz (Angioloni ve Collar, 2011), β -glukan (Hager ve ark., 2010), arpa

fraksiyonları (Jacobs ve ark., 2008), dirençli nişasta (Gomez ve ark., 2013), pektin (Sivam ve ark., 2011), keçiyoynuzu gamı (Angioloni ve Collar, 2011; Almeida ve ark., 2013), şeker pancarı lifi (Simovic ve ark., 2010), buğday arabinoksilanları (Bonnand-Ducasse ve ark., 2010), baklagil lifleri (Santos ve ark., 2008; Rosell ve ark., 2010), patates lifi (Kaack ve ark., 2006), kakao lifi (Collar ve ark., 2009), meyve lifleri (Miller, 2011; Salgado ve ark., 2011; Pla ve ark., 2013), palm lifi (Ahmed ve ark., 2013), enginar lifi (Frutos ve ark., 2008), selüloz derivatları (Angioloni ve Collar, 2011) gibi diyet lifleri ilavesi ile ilgili çalışmalara literatürde rastlanmaktadır.

Fernandes ve Salas-Mellado (2017) yaptıkları çalışmada ekmeğe chia tohumu musilajı ilave etmiş ve ekmeğin %56.6 daha az yağ, %18-30 daha fazla lif içermesini sağlamışlardır. Ekmeğe %5 oranında keten tohumu ilavesi toplam fenolik madde miktarını %93 arttırmış, glisemik indeks değerini %8 düşürmüştür ve diyet lifi açısından daha zengin bir yapı sağlanmıştır (Seczyk ve ark., 2017). Swieca ve ark. (2014), ekmeğe %1-5 arasında kinoa unu ilave etmiş ve antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik madde içeriği daha yüksek diyet lifçe zengin ekmekler üretmişlerdir. Ekmeğe yeşil çay tozu ilave ederek antioksidan aktivitesini ve toplam fenolik maddesini yükselterek daha fonksiyonel ekmek üretilmiştir (Ning ve ark., 2017). Antioksidan ve fenolik madde bakımından zengin siyah çay ekmek üretiminde kullanılarak ekmeğin fonksiyonel özellikleri geliştirilmiştir (Zhu ve ark., 2016). Beta glukon olmak üzere çözünür ve çözünmez diyet lifi içeren arpa unu çavdar ekmeğine ilave edilerek ekmeğin diyet lifi ve antioksidan içeriği artırılmış (Pejcz ve ark., 2015), benzer şekilde arpa unu buğday ununa ilave edilmiş ve buğday ununun diyet lifi içeriği %67, β glukon içeriği ise %160 oranında artış göstermiştir (Pejcz ve ark., 2017). %20 oranında bakla unu buğday ununa ilave edilerek buğday ununun protein ve diyet lifi içeriği ile fitokimyasal ve biyoaktif bileşikleri yükselttilerek daha fonksiyonel ve besin değeri yüksek ekmek üretimi gerçekleştirildiği (Villarino ve ark., 2015) rapor edilmiştir. Buğday ununa iki farklı oranda (%5 ve %10) keçiyoynuzu unu ve 3 farklı oranda (%6, 12 ve 24) mercimek unu ilave edilerek ekmeğin teknolojik, besinsel ve fonksiyonel özellikleri incelenmiş ve keçiyoynuzu ununun özellikle de mercimek ununun ekmeklerin lizin, diyet lifi, fenolik bileşikler ve lignan içeriklerini zenginleştirdiği, ayrıca antioksidan aktivitesini arttırdığı (Turfani ve ark., 2017) bildirilmiştir. Buğday ununa iki farklı oranda (%25 ve 50) kinoa

unu ve bifidobakteriyel fitaz ilave edilerek üretilen ekmeklerde diyet lifi (%5.5'den %7.2'ye) ve mineral madde içeriği (kalsiyum; 0.35 mg/g'dan 1.28 mg/g'a, demir; 17 µg/g'dan 34 µg/g'a, çinko; 23 µg/g'dan 48 µg/g'a) yükseltilecek besinsel özelliklerinin iyileştirilebileceği (Iglesias-Puig ve ark., 2015) belirtilmiştir. Bakla ve bezelye lifleri (0.25-1 g/100 g oranında) buğday ununa ilave edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve unun su tutma kapasitesi ve diyet lif içeriğini arttırdığı (Fendri ve ark., 2016) bildirilmiştir. Buğday ununa farklı boyutlarda yulaf lifi ilave edilerek B vitamininde meydana gelen değişimler incelenmiş ve ilave edilen diyet lifi boyutunun küçülmesine bağlı olarak tiamin ve riboflavinin biyo yararlılığının azaldığı ve B vitamin seviyesinin düştüğü (Kurek ve ark., 2017) belirtilmiştir. Yüksek biyolojik değere ve düşük kaloriye sahip ekmek üretmek amacıyla soya unu ve soya ezmesi kullanılmış ve düşük glisemik indeksli, yüksek biyolojik değere sahip ürünler üretilmiştir (Silagadze ve ark., 2017). Farklı bir çalışmada ise ekmeğe fonksiyonellik kazandırmak için nano teknoloji ile enkapsüle edilmiş omega-3 yağ asitleri buğday ekmeğine ilave edilmiştir (Gökmen ve ark., 2011). İlave olarak buğday ununa 3 farklı oranda trehaloz ilave edilerek hamur ve ekmek özelliklerinin iyileştirildiği ve bayatlamının geciktirildiği bildirilmiştir (Peng ve ark., 2017). Ekmek üretiminde buğday ununa %0-20 arasında (unla yer değiştirme esasına göre) moringa tohumu tozu kullanılarak ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve moringa tohumu tozu ilavesinin önemli ölçüde protein (%8.55–13.46), kül (%0.63–1.76), yağ (%7.31-15.75) ve lif içeriğini (%0.08–0.62) arttırdığı karbonhidrat içeriğini ise (%57.68–46.73) düşürdüğü, ayrıca ekmeklerin mineral (P, K, Ca ve Fe) ve A vitamini içeriğinin de yükseldiği bildirilmiştir (Bolarinwa ve ark., 2017). Nejayote suyunun ((mısırın alkali pişirme işleminden sonra kalan atık suyudur ve diyet lifi (% 45.3), kalsiyum (% 5.7) ve ferulik asit (219 mg/100 g) bakımından zengindir)) 3 farklı oranda (%3, 6 ve 9) ekmek üretiminde kullanılması, ekmeğin genel pişirme performansını ve ekmek kalitesini etkilemezken ekmeğin diyet lifi içeriğini %54'e kadar çıkardığı, ayrıca ekmeklerin daha fazla ferulik asit içerdiği ve antioksidan kapasitesini ise %70 oranında arttırdığı, ayrıca %9 oranında Nejayote ilave edilen ekmeklerin yetişkin bir bireyin ihtiyaç duyduğu kalsiyumun %29'unu karşıladığı tespit edilmiştir (Acosta-Estrada ve ark., 2014). Yapılan farklı bir çalışmada ise, buğday ununa beş farklı oranda (%0-50) yer bademi (*Cyperus esculentus*) ilave edilmiş ve diyet lifi içeriğinin yaklaşık 6 kat artış gösterdiği, ayrıca yer bademi ilavesinin ekmeklerin yağ ve kül

içeriklerini arttırdığı, hamurun viskoelastik özelliklerini iyileştirdiği ve %10 düzeyine kadar duyuşal özellikleri iyileştirdiği rapor edilmiştir (Ade-Omowaye ve Adebisi, 2008).

Buğday ununa %22.5-%45 arasında teff, yeşil bezelye ve karabuğday unlarından oluşan üçlü karışım un ilave edilmiş ve ekmeğın besinsel içeriği geliştirilerek daha fazla miktarda polifenol maddeye sahip olması sağlanmış, ayrıca anti-radikal aktivitesi yükseltilmiş, ilave edilen bu karışım un buğday ununun toplam diyet lifi içeriğini yaklaşık 3 kat artış sağladığı bildirilmiştir (Collar ve ark., 2014). Farklı bir çalışmada iki farklı darı unu farklı oranlarda buğday ununa ilave edilerek ham protein, ham yağ, toplam kül, fosfor ve çözünmez diyet lifi içeriği artırılmıştır (Chhavi ve Sarita, 2012). Zabidi ve Aziz (2009) yaptıkları çalışmada chempedak (*Artocarpus integer*) tohumu ununu 3 farklı oranda buğday ununa ilave ederek toplam diyet lifi içeriğini arttırmışlardır. Buğday ununa çavdar, arpa, yulaf unu ve selüloz ile ksantan gam ilave edilerek fonksiyonel özellikleri iyileştirilmeye çalışılmış, farklı tahıl unlarının ilave edilmesinin serbest ve bağı fenolik madde miktarını, antioksidan kapasitesini, çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi içeriğini ve toplam mineral madde içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Ragae ve ark., 2011).

2.8. Buğday Kepeğinin Özellikleri ve Kullanım Alanları

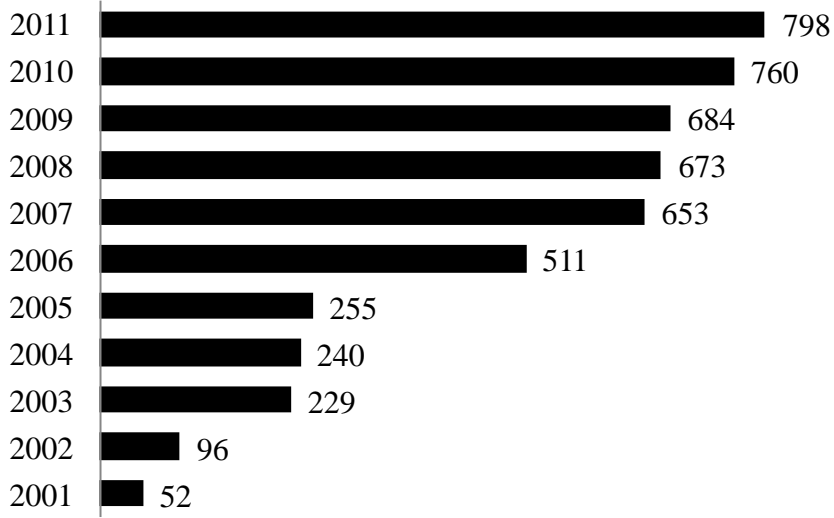
Kepek; meyve ve tohum kabuğu, aleuron tabakası gibi buğday tanesinin dış tabakasından meydana gelmektedir. Kepek, protein ve diyet lifi açısından zengin bir kaynaktır (Lai, 1986; Hosney, 1986). Buğday kepeği %41 oranında nişasta olmayan polisakkaritler, %17 protein ve %20 nişasta içerir. Buğday kepeğinde nişasta olmayan polisakkaritlerin %41-60, %15-22 ve %10-30 gibi farklı oranlarda bulunduğunu gösteren kaynaklar literatürde mevcuttur (Brillouet ve Mercier, 1991; Schooneveld-Bergmans, 1999). Genel olarak diyet lifi olarak nitelendirilen kısmı nişasta olmayan polisakkaritler (%34.3 hemiselüloz ve %13.1 selüloz) ve ligninden (%5.3) oluşmaktadır (Özer, 1998).

Buğday kepeği perikarp, testa ve aleuron tabakalarından oluşan kompleks bir yapıya sahiptir. Bünyesinde nişasta olmayan polisakkaritler (arabinoksilan, selüloz, β -glukan), nişasta, lignin, protein ve fenolik asitler (ferulik asit, p-kumarik asit vb.) bulunmaktadır (Merali ve ark., 2015). Buğdaydaki fenolik asitler (ferulik ve p-kumarik asit vb.) endosperm ve hücre duvarında (özellikle aleuron, perikarp ve embriyo hücre duvarlarında) bulunan arabinoksilan düz zincir sisteminde C-2 veya C-3 pozisyonlarına bağlı olan α -L-arabinofüranozun C-5 pozisyonuna esterleşmiş halde bulunabilirler (Parker ve ark. 2005; Peng ve ark., 2012). Fenolik asitler bitkilerde genellikle serbest formda bulunurken tahıllarda bağlı formda bulunmaktadır. Ayrıca fenolik asitler polisakkaritlere ester, lignine ise ester veya eter bağıyla bağlı durumdadır. Hücre duvarında bulunan fenolik asitler hücre duvarında bulunan diğer bileşenler ile polisakkaritlerin çapraz bağlanmasında ve polisakkarit zincirlerinin meydana gelmesinde önemli bir role sahiptirler. Özellikle hemiselülozların çapraz bağlanmasını sağlayarak yapıyı kuvvetlendirmektedir (Hasyierah ve ark., 2008; Zhao ve Moghadasian, 2008; Sarangi ve Sahoo, 2010). Ayrıca buğday kepeğinin yapısında arabinoksilanın yanında, arabinoglukuronoksilan (ksiloz zincirinin C-2 pozisyonunda 4-O-metil-D-glukuronik asit ile bağlı olan polisakkarit) ve glukuronoarabinoksilan da (ksiloz zincirinin C-3 pozisyonunda α -L-arabinofüranoz ile bağlı olan polisakkarit) bulunmaktadır (Girio ve ark., 2010; Peng ve ark., 2012).

Buğday kepeğinin kompleks yapısını bozmak ve bileşimindeki maddelerden faydalanmak için bazı ön işlemlerin uygulanması gerekmektedir. Bu ön işlemler asitle hidroliz, alkali ile hidroliz, enzim ile muamele veya otohidroliz (hidrotermal) uygulaması olarak sayılabilir. Hidrotermal işlem uygulamasında buğday kepeği su eşliğinde, yüksek sıcaklıkta (150-270°C) belirli süre muamele edilmektedir. Hidrotermal işlem sonunda iki faz oluşmaktadır. Selüloz ve lignince zengin katı faz ve şeker oligomerleri, şekerler ve şeker parçalanma ürünleri ile üronik asit ve asetik asit gibi asitlerin bulunduğu sıvı faz meydana gelmektedir (Garrote ve ark., 2002). Yapılan çalışmalarda buğday kepeğinde hidrotermal işlem sonucunda kalan katı kısımda selüloz içeriğinin yükseldiği hemiselüloz içeriğinin ise düştüğü görülmektedir (Merali ve ark., 2015).

Buğday kepeği yapısında içerdiği yüksek diyet lifi ve protein içeriğinin yanı sıra ikincil metabolitleri de barındırmaktadır. İkincil metabolit olan fenolik asitler iki kategori altında tanımlanır. Birinci kategori gallik, vanilik, şiringirik ve 4-hidroksibenzoik asit gibi benzoik asit türevleridir. İkinci kategori ise ferulik, p-kumarik ve kafeik asit gibi sinamik asit türevleridir (Kim ve ark., 2006; Yu ve Cheng, 2007; Li ve ark., 2008; Zuchowski ve ark., 2009; Zuchowski ve ark., 2011). Fenolik asitler obezite, kanser, diyabet ve kalp damar hastalıkları gibi kronik hastalıkların önlenmesinde yardımcı etki sağlamaktadırlar (Sgherri ve ark., 2010). Çok güçlü antioksidan yapıya sahiptirler ve DNA gibi önemli biyolojik molekülleri, proteinleri ve membran lipidlerini oksidatif zarara karşı korumaktadır (Yu ve Cheng, 2007).

Günümüzde buğday kepeğinin sağlık açısından faydaları ortaya çıktıkça, kepeğin gıda sanayisinde değerlendirilme olanakları artmıştır. Ekmek, kek, bisküvi, kahvaltılık tahıllar gibi birçok farklı ürüne kepek ilavesi yapılarak ürünlere fonksiyonellik kazandırılmaktadır. Ayrıca buğday kepeğinin bileşimi göz önüne alındığında çok farklı ürünlerin elde edilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. Buğday kepeğinden etanol (Palmarola-Adrados ve ark., 2005), ksilooligosakkarit (Zhao ve Dong, 2016), ferulik asit gibi fenolik asitler (Wu ve ark., 2017), fitaz (Roopesh ve ark., 2006), polihidroksibütirat (Annamalai ve Sivakumar, 2016), arabinoksilan (Du ve ark., 2009), β -glukan (Li ve ark., 2006), suksinik asit (Dorado ve ark., 2009), laktik asit (Tirpanalan ve ark., 2015) ve amino asit (lösin, arginin, valin, lisin, glutamin) (Nogata ve Nagamine, 2009) üretimi ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Buğday kepeğinin yem ve gıda sanayisindeki kullanımı her geçen yıl artmaktadır. Şekil 2.2’de 2001 ve 2011 yılları arasında içeriğinde buğday kepeği kullanılan ürün sayısı gösterilmektedir. 2001 yılında 52 ürünün içeriğinde buğday kepeği kullanılırken 2006’da bu sayı 511’e 2011’de ise 800 civarına yükselmiştir.



Şekil 2.2. Dünyada yıllara göre içeriğinde buğday kepeği kullanılan ürün sayısı (Prückler ve ark., 2014)

2.9. Buğday Kepeğinin Ekmek Üretiminde Kullanımı

Ekmekleri diyet lif bakımından zengin hale getirmek için ilk akla gelen ürün öğütmenin yan ürünü olan buğday kepeğidir. Zengin lif içeriği ve yüksek protein oranına sahip buğday kepeğinin ekmek üretiminde değerlendirilmesi her geçen gün artmaktadır. Diyet lifinin fazla miktarda ilave edilmesinin hamur ve ekmek özelliklerini (gluten dehidrasyonu, amorf nişastanın yeniden kristalizasyonu veya su moleküllerinin ekmek bileşenleri arasında yeniden dağılımı vb.) ve üretim prosesini dolayısıyla da ekmek kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Fadda ve ark., 2014; Salmenkallio-Marttila ve ark., 2000; Katina ve ark., 2006). Meydana gelen olumsuz etkiler; ekmek hacminde azalma, iç yapının sertleşmesi (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2000; Wang ve ark., 2002; Katina ve ark., 2006), koyu kabuk rengi (Wang ve ark., 2002) ve acımsı tattır (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2000). Kepeğin gluten ağ yapısının oluşmasında ve gaz hücrelerinin deformasyonu gibi hamur üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2000; Wang ve ark., 2002). Bunun yanında lifle zenginleştirilmiş hamurun su tutma kapasitesi artmakta ve fermantasyon toleransı azalmaktadır (Laurikainen ve ark., 1998; Wang ve ark., 2002). Ayrıca kepek ilavesi ekmeğe alışılmışın dışında bir tat ve koku özelliği vermektedir.

Schmiele ve ark. (2012) buğday ununa %40'a kadar kepek ilavesinin spesifik hacim değerini $4.4 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'dan $1.8 \text{ cm}^3/\text{g}$ 'a düşürdüğünü, Campbell ve ark. (2008) ise %15 oranında kepek ilavesinin benzer bir azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca ekmek hacminde meydana gelen azalmanın yanı sıra daha kalın ve sert kabuk oluşumunun da kepek ilavesi ile meydana geldiği bildirilmektedir. Kepek ilavesi francala tipi ekmekler gibi kabarmanın istendiği ekmeklerde hacimde azalmaya neden olmaktadır. Kabarmanın istenmediği bazlama, yufka gibi düz ekmeklerde kepek ilavesi ise hamur yapısını bozmakta ve daha koyu bir renk oluşumuna sebep olmaktadır (Majzoobi ve ark., 2013). Bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla farklı yöntemler kullanılmaktadır. Genellikle mekanik, hidrotermal, kimyasal veya enzimatik yöntemler araştırmalara konu olmuştur. Kepek parçacıklarının boyutunun küçültülmesi (Glitsso ve Bach Knudsen, 1999; Wang ve ark., 2002), kepeğin hamura ilave edilmeden önce fermente edilmesi (Katina ve ark., 2006) veya hemiselülaz, pentozanaz gibi hücre duvarını parçalayan enzimlerin ekmek yapımında kullanılması (Wang ve ark., 2002; Katina ve ark., 2006) gibi bazı yöntemler ile ilgili çalışmalar literatürde mevcuttur.

2.10. Kepek İlavesinin Meydana Getirdiği Olumsuzlukları Gidermek İçin Uygulanan İşlemler

Kepek kullanımı ile ilgili teknolojik sorunları azaltmak amacıyla buğday kepeğinin farklı oranlarda ekmek üretimine katılması ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu araştırmalarda; kaba ve ince kepekler %5, 10 ve 15 seviyelerinde una ilave edildiğinde unun reolojik özelliklerinde azalma ekmek hacminde de düşüşlerin meydana geldiği (Özboy ve Köksel, 1997), %30 düzeyinde kepek ilavesinin ise ekmek hacmini ortalama %40 oranında düşürdüğü ve kepek ilave oranı %30'u geçtikten sonra duyu özelliklerinin kabul edilebilirlik sınırlarının dışına çıktığı (Kılıç, 2003), büyük boyutlu kepek parçalarının, gerek unun farinografik özellikleri gerekse ekmeğin nitelikleri üzerindeki etkileri bakımından küçük boyutlu kepek parçalarına oranla daha fazla olumsuz etki gösterdiği rapor edilmiştir (Özer, 1998).

Buğday kepeğinden kaynaklanan teknolojik ve duyu sorunları gidermek için en çok kullanılan yöntem kepek partikül boyutunun azaltılmasıdır. Partikül boyutunun küçültülmesinin ekmek ve hamur özellikleri üzerindeki etkilerini irdeleyen çalışmalar

mevcuttur. Kaprelyants ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada gluteni güçlendirmek ve ekmek hacmi verimini artırmak için, yeterli miktarda ince kepek kullanılmasını önermektedirler. Üç farklı kepek boyutunun ekmek kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada kaba kepeğin orta ve ince kepeğe göre daha düşük ekmek hacmine ve daha koyu kabuk rengine neden olduğu, ince kepeğin duyusal açıdan daha kabul edilebilir bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca ilave edilen kepek oranı arttıkça meydana gelen duyusal ve teknolojik sorunların da arttığı bildirilmiştir (Zhang ve Moore, 1999). Buğday kepeğinin su tutma kapasitesi partikül boyutu ile etkilenmemekte, 100-1700 μm arasında ki kepek partikül boyutu unun su tutma kapasitesinde herhangi bir değişim meydana getirmemektedir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar ince kepeğin daha fazla yüzey alanına sahip olmasından dolayı, kaba kepeğe göre daha fazla su tutma kapasitesine neden olduğunu öngörmektedir (Noort ve ark., 2010; Cai ve ark., 2014). Zhang ve Moore (1999) yaptıkları çalışmada orta boyuttaki kepeklerin (415 μm), kaba (609 μm) ve ince (278 μm) kepeklere göre daha yüksek ekmek hacmine neden olduğunu rapor etmişlerdir. Coda ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada ekmek üretiminde 160 μm boyuta sahip kepek partiküllerinin kullanımının diğer kepek partiküllerine (750, 400 ve 50 μm) göre daha yüksek spesifik ekmek hacim değerine neden olduğunu belirtmişlerdir.

Bazı araştırmacılar buğday kepeğinin meydana getirdiği olumsuzlukları gidermek için kepeği su içinde bekletme uygulamasının potansiyelini araştırmışlardır. Kepeğin kullanılmadan önce suda bekletilmesi 2 şekilde uygulanmaktadır. Birinci şekilde hamur üretiminde kullanılacak suyun belirli bir kısmı ile kepek ıslatılmakta ve kullanılan su hamura ilave edilmektedir. İkinci durumda ise kepek farklı bir su ile ön ıslatma işlemine tabi tutulmakta ve ıslanan kepek hamura ilave edilmekte, fakat ıslatmada kullanılan su kullanılmamaktadır. İkinci durumda kepeğin bünyesinde mevcut, suda çözünür bazı bileşenlerin kaybı yaşanmaktadır. Her iki uygulamada da ekmek hacminde meydana gelen düşüşler azalmaktadır (Hemdane ve ark., 2016). Lai ve ark. (1989) yaptıkları çalışmada hamura ilave edilmeden önce ıslatılan kepeklerin ön işlem yapılmayan kepeklere göre daha yüksek ekmek hacmine neden olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte yapılan bir çalışmada 12 saat boyunca su içerisinde bekletilen kepekler %4 ve

%8 oranında unla yer değiştirme esasına göre ilave edilmiş ve ekmek hacminde bir artışa rastlanmamıştır (Chen ve ark., 1988).

Kepek ilave edilmiş fırın ürünlerinde kaliteyi arttırmak ve teknolojik sorunları gidermek için çeşitli enzimlerin ilavesi üzerine birçok çalışma mevcuttur. Günümüzde tüketicilerin kimyasal katkı maddelerine karşı olumsuz bir bakış açısı vardır. Ekmek retim sanayisinde enzimler doğal olması ve toksik olmaması nedeniyle kimyasal katkılara alternatif olarak tercih edilmektedir. α -Amilazlar, fitazlar (Sanz Penella ve ark., 2008), ksilanazlar (Laurikainen ve ark., 1998), lipoksigenazlar, glikoz oksidazlar (Bonet ve ark., 2006) ve heksoz oksidazlar (Gl ve ark., 2009), piranoz oksidazlar (Decamps ve ark., 2012), proteazlar (Maningat ve ark., 2009) zerinde en çok çalışılan enzimlerdir. Glikoz oksidaz ve heksoz oksidaz gibi oksidatif enzimlerin ekmek sanayisinde kullanımı her geçen gün artmaktadır. Oksidatif enzimler hamura ilave edildiğinde meydana gelen H_2O_2 gluten ağ yapısını güçlendirmekte, hamur reolojik özelliklerini iyileştirmekte ve daha yüksek ekmek hacmi meydana gelmesini sağlamaktadır (Rosell ve ark., 2003; Bonet ve ark., 2006). H_2O_2 gluten proteininde ki tiyol gruplarını oksitleyerek disülfid bağlarının oluşumunu sağlamaktadır (Steffolani ve ark., 2010). Yapılan bir çalışmada ekmek ve hamur özelliklerini iyileştirmek için kepekli ekmeğe üç farklı oranda (15, 30 ve 45 mg/kg) glikoz oksidaz ve heksoz oksidaz enzimleri ile %9.2 vital gluten ilave edilmiştir. Kepekli ekmeğin su tutma kapasitesi ve hamur gelişme süresinde artış gözlemlendiği, hamur stabilitesi, yoğrulmaya karşı gösterilen maksimum direnç ve enerji değerleri ile ekmek hacminin azaldığı belirtilmektedir. Otuz mg/kg heksoz oksidaz veya 15 mg/kg glikoz oksidaz ilavesinin hamur ve ekmek özelliklerini daha çok iyileştirdiği bildirilmektedir (Gl ve ark., 2009). Lipaz, α -amilaz ve proteaz gibi hamur stabilitesini ve ekmeğin raf ömrünü etkileyen enzimler ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Yapılan alışmalar bu enzimlerin bayatlama hızını düşürdüğü ve ekmeğin tazeliğinin daha uzun sürmesine neden olduğunu göstermektedir (Maningat ve ark., 2009; Fuentes ve ark., 2016). Lagrain ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada ısıya dayanıklı α -amilazın ekmeğin gözenek yapısına etkilerini incelemişler ve α -amilaz ilavesinin daha fazla gaz oluşumuna neden olduğu bundan dolayı da daha büyük gözeneklere sebep olduğunu fakat gaz oluşumunun ekmeğin başlangıç sertliğini etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ekmek retiminde lipaz enziminin

etkilerinin incelendiği bir çalışmada üç farklı ticari lipaz kullanılmış ve galaktolipitlerin ve fosfolipitlerin miktarlarındaki azalmaya bağlı olarak ekmek hacminin arttığı rapor edilmiştir (Gerits ve ark., 2014). Proteaz enziminin hamur reolojisi ve pişme kalitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada 0-25 ppm düzeyinde proteaz enzimi hamura ilave edilmiştir. 25 ppm seviyesinde hamur stabilitesinin düşmeye başladığı ve hamurun daha yumuşak bir yapıya dönüştüğü, ayrıca ekmeklerin duysal özelliklerinin iyileştiği ve daha yüksek ekmek hacminin meydana geldiği belirlenmiştir (Hassan ve ark., 2014).

Kepeğin meydana getirdiği olumsuzlukları gidermek için uygulanan diğer bir yöntem de kepeklerin ilave edilmeden önce fermente edilmesidir. Bu yöntemde kalitenin iyileştirilmesi temelde kepeğin hücre duvar yapısının değişmesinden ve fermantasyona bağlı olarak arabinoksilanların çözünür forma dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak fermantasyon sonrası kullanılan maya kepekten tamamen uzaklaştırılmamaktadır (Hemdane ve ark., 2016). Yapılan çalışmada kepekler ekmeğe ilave edilmeden önce 20 saat boyunca maya fermantasyonuna tabi tutulmuş ve fermente edilmeyen kepeklere göre daha yüksek ekmek hacmi ve daha yumuşak bir iç yapısı elde edilmiştir (Katina ve ark., 2012). Enzimatik uygulamalar ile birleştirilmiş fermantasyon işlemi sadece ekmek hacmini ve tekstürel özellikleri iyileştirmekle kalmadığı, aynı zamanda kepekli ekmeklerin raf ömrünü de uzattığı bildirilmiştir (Katina ve ark., 2007). Fermantasyona maruz bırakılmış buğday kepeğinin ekmek kalitesi üzerine etkisinin incelendiği çalışmada buğday kepeği *Lactobacillus brevis* ve ksilanaz, amilaz ve selüloz enzimleriyle birlikte 16°C'de 28 saat fermantasyona bırakılmış ve ardından ekmek üretiminde kullanılmıştır. Kepeklerin fermente edilmesi arabinoksilanların çözünürlüğünü etkilemiş bu da hamur kalitesine, su tutma kapasitesine ve ekmek özelliklerine olumlu etki yapmıştır (Messia ve ark., 2016).

Ekmek yapımında, ekmeklerin işlenebilirliğini ve kalite özelliklerini iyileştirmek için proteinler de kullanılmaktadır. Vital buğday gluteni fırın ürünlerinde ve un fabrikalarında kullanım alanına sahiptir. Fransız ekmeğinin, yüksek lif içeren ekmeklerin, uzun fermantasyon süresinde üretilen ve yüksek hacim istenen pannetton keki gibi ürünlerin veya düşük protein içeriğine sahip unların reolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla ilave edilmektedir. Yapılan bir çalışmada zayıf gluten içeriğine

sahip unlara %1 oranında vital gluten ilavesinin hamur stabilitesini ve elastikiyetini iyileştirdiği, ekmeğin spesifik hacim değerini arttırdığı belirtilmektedir (Marchetti ve ark., 2012). Tava ekmeğine %2, 5 ve 7 oranında gluten ilavesinin ekmek hacmini arttırdığı ve en yüksek hacim değerinin %7 gluten ilavesinde olduğu belirtilmektedir (Ortolan ve Steel, 2017). Gluten ilavesi hamur ve ekmek verimini artırırken hamur stabilitesini de arttırmaktadır. Ayrıca ekmeklerin tekstür, renk, kabuk kalınlığı, duyuşal özellikleri ve depolama stabilitesini iyileştirmektedir. Yapılan çalışmada dondurulmuş hamura %2-6 arasında vital gluten ilave edilerek depolama boyunca hamur stabilitesi ve hamurun dayanma gücü artırılmıştır (Giannou ve Tzia, 2016). Bir başka çalışmada taze ekmeğin fiziksel ve duyuşal özelliklerini geliştirmek için %1 vital gluten ve 3 farklı oranda (0.05, 0.1, 0.2 g/100 g un) transglutaminaz enzimi kuvvetli, orta ve zayıf unlara ilave edilmiştir. Optimum vital gluten ve enzim ilavesinin ekmek hacmini geliştirdiği daha yumuşak bir yapı kazandırdığı tespit edilmiştir (Boukid ve ark., 2018).

Kepek özelliklerinin termal ve hidrotermal uygulamalar ile iyileştirilmesi üzerine çalışmalar da mevcuttur. Caprez ve ark. (1986) kaynatma, buharda pişirme ve otoklavlanmanın buğday kepeğinin kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu ısı işlemlerin her biri kepeğin fiziksel özelliklerini etkilemiş ve kepeğin hamur reolojisi üzerine olumsuz etkilerini azaltmıştır. Ayrıca kepeğin buharla pişirilmesi veya otoklavlanması su tutma kapasitesini ve yoğrulma süresini arttırmakta hamurun maksimum direncini düşürmektedir. Yapılan diğer bir çalışmada 15 dakika suda kaynatılan kepeklerin işlem görmemiş kepeklere göre ekmek hacmini arttırdığı belirlenmiştir (Nelles ve ark., 1998). Benzer bir çalışmada kepekler bir gece asetat tamponunda (pH 4.8, 55°C) bekletilmiş ardından 37°C'de kurutulmuş hamura ilave edilmiştir. İşlem görmüş kepeklerin hamurun reolojik özelliklerini geliştirdiği belirtilmiştir (Mosharraf ve ark., 2009).

Buğday kepeğinin özelliklerinin iyileştirilmesi için ekstrüzyon işlemi de incelenmiştir. Buğday kepeğinin ekstrüzyonu, yapısında ki diyet lifleri gibi kimyasal bileşenlerin çözünür forma geçmesine katkıda bulunmaktadır. Gomez ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada ekstrüde edilmiş buğday kepeği ile birlikte askorbik asit, monogliserit, lesitin, amilaz ve hemiselülaz ilave ederek ekmekte meydana gelen değişimleri incelemişlerdir.

Ekstrüzyon işlemi sırasında kepekte bulunan nişastaların bir kısmı jelatinize olmaktadır. İlave edilen amilaz enzimi de bu nişastayı kullanmakta ve fermente olabilir şeker miktarı artarak gaz oluşumu yükselmektir. Diğer bir yöntem de kepek özelliklerini iyileştirmek için kepeklerin kimyasal maddeler ile muamele edilmesidir. Bu amaçla; araştırmacılar kepek ilaveli ekmeklerin kalite özelliklerini iyileştirmek için kepekleri KIO_3 , H_2O_2 , CaO , sitrik asit ve etanol ile muamele etmiş ve ilave edilmeyen örneklerle göre ekmeklerin fiziksel özelliklerinde iyileşmeler tespit etmişlerdir (Lai ve ark. 1989; Rasco ve ark., 1991).

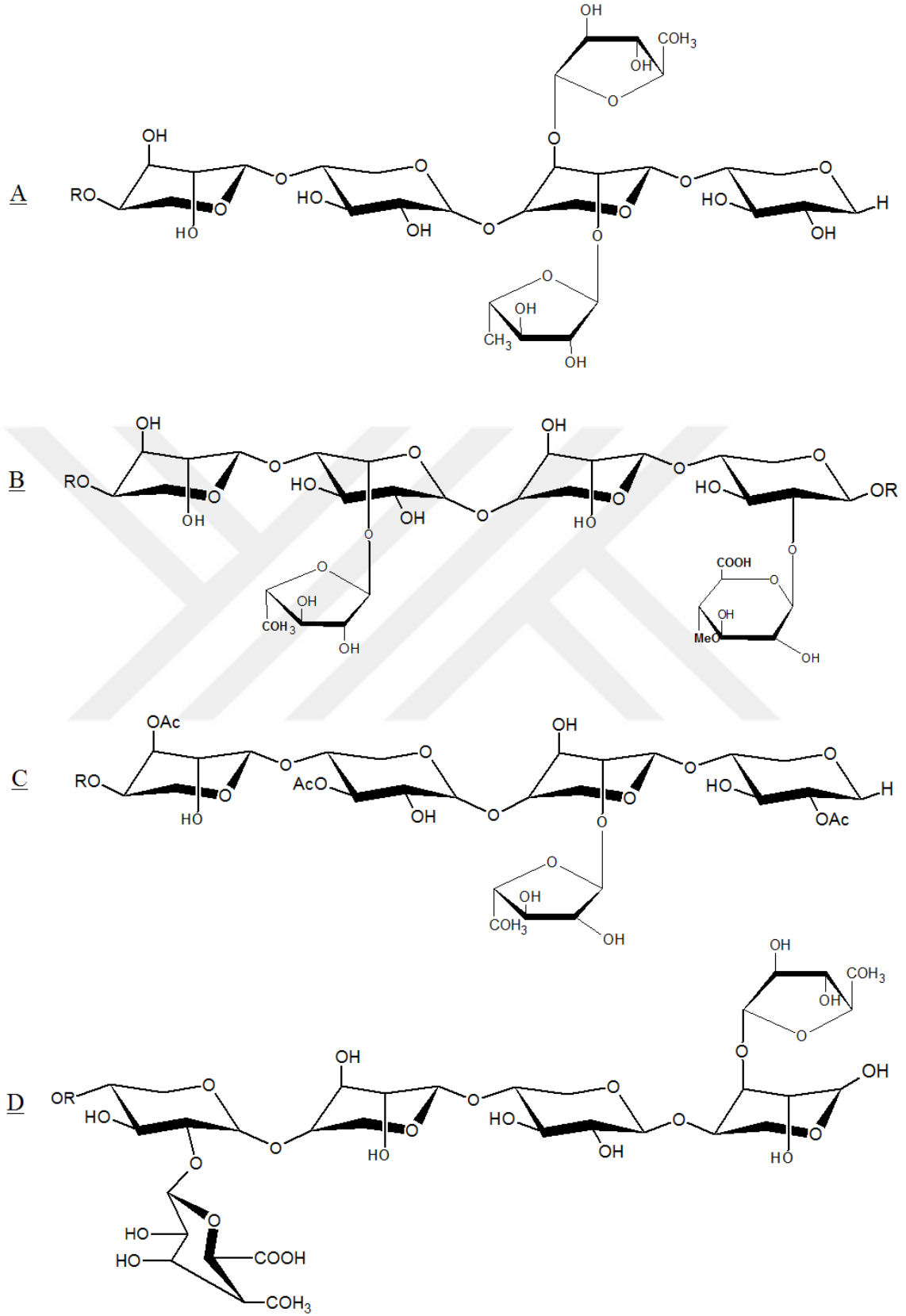
2.11. Hemiselüloz ve Özellikleri

Buğday kepeği yapısında %30 selüloz, %25 hemiselüloz ve %8 lignin içermektedir (Genç, 2010). 'Hemiselüloz' terimi ilk kez Schulze tarafından 1891'de kullanılmıştır. Hemiselüloz seyreltilmiş (%10±8 sodyum hidroksit) alkali çözeltileri ile ekstrakte edilen hücre duvar polisakkaritleri olarak da tanımlanmakta ve selüloz ile pektin haricindeki tüm hücre duvarı polisakkaritlerini içermektedir. Hemiselüloz dünyada selülozdan sonra en fazla bulunan karbonhidrat olup, bitki hücre duvarlarının %20-30'unu oluşturmaktadır (Holtzaple, 2017).

Hemiselülozlar elde edildikleri kaynaklara göre, bünyelerinde farklı oranlarda glikoz, ksiloz, mannoz, galaktoz, arabinoz, glukuronik asit ve galaktronik asit içeren kompleks heteropolisakkaritlerdir. Ana zincir genellikle β -1,4 bağlı ksilopiranozil birimlerinden oluşmuş, yüksek derecede dallanma gösteren bileşenlerdir. Yan zincirlerde en fazla arabinoz, glukuronik asit ve asetil grupları yer almaktadır (Joseleau ve ark., 1992). Yan zincirlerde bulunan L-arabinofuranozlar karakteristik olarak bir şeker birimi uzunlukta olup, ksiloza C2 veya C3 pozisyonunda bağlıdır (Saldamlı, 2007). Bitkilerde bulunan hemiselülozlar yapısal farklılıklar göstermektedir. Yumuşak odunsu bitkiler genellikle glukomannan içeren hemiselülozları, sert odunsu bitkiler ise ksilan içeren hemiselülozları içermektedir (Saha, 2003). Yumuşak odunsu bitkilerin bünyelerindeki hemiselülozlar arabinoglukuronoksilan, glukomanan ve arabinogalaktan formunda iken, tahılların içeriğindeki hemiselülozlar arabinoglukuronoksilan ve glukuronoarabinoksilan formundadır (Girio ve ark., 2010; Peng ve ark., 2012). Farklı

kaynaklardan elde edilen hemiselüloz yapıları Şekil 2.3'de gösterilmektedir. Hemiselüloz, 50-200 polimerizasyon derecesine (DP) sahip iken selüloz polimerleri çok daha uzun olup, 500-15000 polimerizasyon derecesine (DP) sahiptir. Selüloz, yan gruplar olmaksızın doğrusal bir polimerken bazı hemiselülozlar dallı yapıya sahiptir ve yan gruplar bulunur. Ayrıca selüloz glikozun bir homopolimeri iken, hemiselüloz genellikle birçok şekerden ve modifiye şekerden oluşan bir heteropolimerdir (Ren ve Sun, 2010).

Hemiselülozlar arasında suda çözünübilirlik bakımından farklılıklar vardır. Suda çözünmeyen hemiselülozlar, L-arabinoz, D-ksiloz, ve D-glikoz, suda çözünenler ise ksiloz, arabinoz, yanında galaktoz ve protein içerir (Anonim, 2014). Çözünür diyet lifi olarak kabul edilen ve nötr bir yapıya sahip olan glukomannan; β -glukopiranoz ve β -mannopiranoz ünitelerinin 1 \rightarrow 4 bağı ile bağlanması sonucu meydana gelen ve sert odunsu bitkilerde %2-5 oranında bulunan bir polisakkarittir. Glukomannan kaynağına bağlı olarak mannoz/glikoz oranında değişiklikler meydana gelmektedir ve genellikle glikozun mannoza oranı 1:2 veya 1:1'dir. Mannozlar arasındaki mannozik bağlar asit ile hızlı bir şekilde hidrolize olmaktadır. Bundan dolayı glukomannanlar asidik koşullar altında kolay depolimerize olma özelliğine sahiptirler (Peng ve ark., 2012). Arabinogalaktan β -(1 \rightarrow 6) galaktoz ve β -(1 \rightarrow 6 ve 1 \rightarrow 3) arabinoz yan zincirlerinden oluşan galaktan omurgasına sahip bir polisakkarittir. Arabinoglukoronoksilan yumuşak odunsu bitkilerin (%5-10) temel bileşenlerindedir. β -(1 \rightarrow 4)-D-ksilopiranoz omurgasına 4-O-metil-D-glukoronik asit ve α -L arabinofuranosil ünitelerinin α (1 \rightarrow 2) ve (1 \rightarrow 3) bağı ile yan zincir yapması sonucu oluşmaktadır. Furanosidik yapıları nedeniyle arabinoz zincirleri asitle kolaylıkla hidrolize olmaktadır (Peng ve ark., 2012).



Şekil 2.3. Farklı kaynaklardan elde edilen hemiselüloz yapıları A: Buğday kepeği, B: Pirinç kepeği, C: Sert odunsu bitkiler, D: Yumuşak odunsu bitkiler (Vazquez ve ark., 2000; Ren ve Sun, 2010)

Glukuronoarabinoksilan buğday sapında, mısır koçanında ve üzümün hücre duvarında baskın olarak bulunmaktadır. Arabinoksilan omurgasına sahip olan glukuronoarabinoksilan üronik asit ve arabinoz yan zincirlerine sahiptir. Arabinoz ünitelerine bağlı halde ferulik asit ve p-kumarik asit içermektedir (Ebringerova ve ark., 2003).

2.12. Hemiselülozun Kullanım Alanları

Çeşitli tarımsal atıklar (sap, saman, kabuk vb.), ağaç yaprakları, kentsel atıklar, kağıt sanayii atıkları gibi atıklar lignoselülozik biyokütleyi oluşturmaktadır. Bu biyokütlenin bileşimi farklılık göstermektedir. Fakat temel bileşenler %35-50 selüloz, %20-35 hemiselüloz ve %10-25 ligninden meydana gelmektedir. Lignoselülozik atıkların parçalanması ve çeşitli ön işlemlere tabi tutulması sonucu ticari değere sahip ürünler üretilmektedir (Saha, 2003).

Çok geniş bir kullanım alanına sahip hemiselülozlar kolaylıkla oligosakkaritler, pentoz (ksiloz ve arabinoz) ve heksoz (glikoz, galaktoz ve mannoz) şekerlere hidrolize olabilmekte ve bu sayede etanol üretiminde, 5-hidroksimetilfurfural (HMF), furfural, levulivik asit ve ksilitol gibi katma değeri yüksek ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır. Hemiselülozlar, kağıt yapımında kalınlaştırıcı, tablet yapımında bağlayıcı olarak veya gıda sanayinde viskozite düzenleyici olarak kullanım alanlarına da sahiptir. Ayrıca antiülser ve antitümör gibi özellikleri nedeniyle sağlık alanında kullanılmaktadır (Peng ve ark., 2012). Ek olarak hemiselüloz bütandiol, bütanol, ferulik asit, laktik asit, biyo hidrojen, kitosan, ksilooligosakkaritler ve vanilin üretiminde de kullanım alanına sahiptir (Menon ve ark., 2010).

Ksilozun katma değeri yüksek bir ürün olan ksilitole dönüşümünde, hemiselüloz önemli bir hammadde durumundadır. Hemiselülozun asit veya enzim ile muamelesi sonucunda önce ksiloz meydana gelmekte ardından ksilozun hidrojenizasyonu ile ksilitol şeker alkolü oluşmaktadır (Kusema ve ark., 2012). Beş karbonlu bir şeker alkolü olan ksilitol (Saha, 2003), yüksek tatlılık, mikrobiyal gelişimi inhibe etme ve dış çürümesini önleme özelliklerine sahip olması ve şeker ikame maddesi olarak kullanılması nedeniyle ilaç ve

gıda sanayisinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Günümüzde ksilitol ağız bakım ürünleri, diş macunları ve sakız gibi günlük tüketim ürünlerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Menon ve ark., 2010). Yapılan çalışmalar son zamanlarda ksilitolün çocuklarda akut otitis media'nın (orta kulak iltihabı) önlenebileceğini göstermektedir (Uhari ve ark., 2008). Düşük enerji değerine sahip ksilitol sindirim sisteminde tamamen emilemez ve karaciğerde metabolizmaya dahil olur. Bundan dolayı kan şekeri seviyesinin hızlı yükselmesini önler ve obeziteye yakalanma riskini düşürür (Branco ve ark.,2011).

Hemiselülozun diğer bir kullanım alanı 2,3-butanediol üretimidir. 2,3-bütülen glikol olarak da bilinen 2,3-butanediol iyi bir çözücü, sıvı yakıt ve birçok sentetik polimer ve reçinenin bir öncüsü olması nedeniyle önemli bir kimyasaldır. Hemiselüloz ve selüloz hidrotermal işleme tabi tutulduğunda glikoz, ksiloz, arabinoz, mannoz, galaktoz ve sellebiyoz gibi şekerler meydana gelmektedir. *Aeromonas*, *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Serratia*, *Aerobacter*, *Enterobacter* ve genellikle *Klebsiella* gibi birçok mikroorganizma heksoz ve pentozları bütandiole dönüştürebilmektedir (Menon ve ark., 2010).

Ferulik asit; buğday kepeği, mısır kepeği, mısır lifi, arpa kavuzu, yulaf kavuzu, buğday sapı gibi tarımsal ürünlerden üretilmektedir (Benoit ve ark., 2006). Ferulik asit gıda sanayisinde gıda katkı maddesi ve aroma verici olarak, sağlık endüstrisinde çeşitli hastalıkların önlenmesinde antioksidan ve antimikrobiyal olarak kozmetik sanayinde UV koruyucu olarak değerlendirilmektedir (Ou ve Kwok, 2004; Mussato ve ark., 2007; Hasyierah ve ark., 2008). Dünyadaki en yaygın lezzet ve koku bileşenlerinden biri olarak kullanılan vanilin (4-hidroksi-3-metoksibenzaldehit) antioksidan ve antimikrobiyal özelliklerden dolayı gıda koruyucusu olarak da kullanılmaktadır (Serra ve ark., 2005; Furuya ve ark., 2015). Günümüzde vanilin üretiminin yaklaşık %1'i vanilya orkinosundan elde edilirken kalan büyük kısmı kimyasal sentez yöntemiyle gerçekleştirilmektedir (Walton ve ark., 2003). Vanilin biyoteknolojik veya biyokatalitik üretiminde mikroorganizmalar ve enzimler sıklıkla kullanılmaktadır (Kaur ve Chakraborty, 2013). Özellikle buğday ve pirinç kepeği gibi tarımsal atıklardan elde edilen ferulik asit vanilinin biyoteknolojik üretimi için başlangıç materyallerinden birisidir (Di Gioia ve ark., 2007). Özellikle *Amycolatopsis* sp. ve *Streptomyces* sp. gibi

birçok mikroorganizma ferulik asitten vanilin üretebilmektedir (Fleige ve ark., 2013; Ma ve Daugulis, 2014).

Gıda, eczacılık, kozmetik ve tekstil sanayinde geniş bir kullanım alanına sahip olan laktik asit birçok kimyasal yöntemle veya mikrobiyal fermantasyon ile elde edilebilmektedir (Dagher ve ark., 2010). Önemli bir mikrobiyal ürün olan biyo-bazlı laktik asit, biyo-bozunur ve biyo-uyumlu plastiklerin polimeri olarak yaygın bir kullanım alanına sahiptir (Zheng ve ark., 2016). Hemiselülozun hidrolizasyonu sonucu açığa çıkan şekerler laktik asit üretiminde kullanılabilir. Laktik asit üreten mikroorganizmaların birçoğu glikozu kullanmakta iken ksilozu kullanabilme yetenekleri kısıtlıdır. *Rhizopus oryzae* küfü ise hem glikozu hem de ksilozu kullanarak aerobik koşullar altında laktik asit üretebilmektedir (Zhang ve ark., 2015).

Ticari olarak furfural lignoselülozik materyallerdeki pentozan ve ksilanların asit hidrolizi ile hidrolize edilmesi sonucu sentezlenmektedir. Furfural ısıyla sertleşebilen, fiziksel dayanıklılığa ve yüksek korozyon direncine sahip bir bileşiktir. Sentezlenen furfuralın %70'i reçine üretimi için kullanılmaktadır (Menon ve ark., 2010).

Tai ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada mısır saplarından elde edilen hemiselüloz hidrolizatlarından *Rhizopus oryzae* kullanılarak kitosan elde etmişlerdir. Kitosan antimikrobiyal özelliğe sahip olmasının yanısıra toksik olmaması, geri kazanılabilir olması, film ve şelat oluşturabilmesi gibi üstün özellikleri nedeniyle gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde çok sayıda uygulama alanı bulmuştur (Menon ve ark., 2010).

Gıdalarda fonksiyonel gıda bileşeni olarak değerlendirilen ksilooligosakkaritler; üretildikleri lignoselülozik materyale ve üretim sürecine bağlı olarak asetil, üronik ve fenolik asit gibi farklı grupları içeren ksiloz bazlı oligomerlerdir. Sahip oldukları bazı spesifik özellikler nedeniyle gıda ve ilaç endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Düşük kalori değerine ve kabul edilebilir duyuşal özelliklere sahip olması nedeniyle çözünür diyet lifi olarak kullanılabilir (Menon ve ark., 2010). Ksilooligosakkaritler kolonda yararlı özellikleri bulunan bifidobakterilerin gelişimini destekleyici prebiyotik etki göstermekte ve fonksiyonel bir bileşen olarak kabul

edilmektedir (Yuan ve ark., 2005). Yapılan çalışmalar ksilooligosakkaritlerin kolon kanseri riskini düşürdüğünü göstermektedir (Nabarlatz ve ark., 2007). Ayrıca ksilooligosakkaritler düşük kalorili tatlandırıcı olarak bilinen ksilitolün üretiminde de ksiloz kaynağı olarak kullanılmaktadır (Rivas ve ark., 2002).

Hemiselülozların ekmek üretiminde önemli rolleri olduğu bilinmektedir. %2-3 arasında unun yapısında bulunan hemiselülozlar yüksek su tutma kapasitesine sahiptirler (Courtin ve Delcour, 2002). Hemiselülozların nişasta jellerinin retrogradasyonunu geciktirerek bayatlamayı geciktirici etki gösterdiği tahmin edilmektedir (Güner ve Dağlıoğlu, 2008). Hemiselülozun iki farklı fraksiyonu bulunmaktadır (Jiang ve ark., 2005). Bunlar viskoziteye etki eden suda çözünebilir fraksiyonu ve su bağlama kapasitesine etki eden suda çözünmeyen fraksiyonudur. Hemiselülozlar gluten ağ yapısını bozdukları için hamur oluşumu üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Gruppen ve ark., 1992; Wang ve ark., 2003). Buğday ve çavdardan elde edilen hemiselülozların ekmek özellikleri üzerine etkisini araştıran Denli ve Ercan (2001), suda çözünenlerin ekmeğin spesifik hacminde önemli bir artış sağladığını tespit etmişlerdir. Diğer yandan suda çözünemeyen pentozanların ise olumlu bir etki göstermediği ve yüksek dozajlarının negatif etkiye neden olduğu bildirilmiştir.

2.13. Hemiselülozun Elde Edilmesi

Hücre duvarının yapısında hemiselüloz, selüloz ve lignini bileşik halinde bulunduran lignoselülozik maddelerin bazı ön işlemlerden geçmeden farklı ürünlerde kullanılması mümkün değildir. Bu ön işlemler ile kompleks olan bu yapı parçalanır, böylelikle hemiselüloz yapıdan uzaklaştırılabilmekte veya yapı enzimatik hidrolize duyarlı hale getirilebilmektedir (Saha, 2003). Hemiselüloza uygulanan bu ön işlemler; asit (sulu ve konsantre asit (H_2SO_4 , HCl) ve alkali ($NaOH$, NH_4^+) uygulaması, organik solvent uygulaması (metanol, etanol, bütanol), alternatif yöntemler (ultrasonikasyon, mikrodalga) ve hidrotermal işlemler (su buharı, yüksek basınç) şeklinde sınıflandırılabilir (Saha, 2003).

2.13.1. Asit ve alkali uygulaması

Hemiselülozlar bitkilerin hücre duvarlarındaki en kompleks bileşenlerdir. Ligninle kovalent bağlı formdadır ve asetil üniteleri ile hidroksisinamik asitlere ester bağları ile bağlıdır. Ayrıca hücre duvarı bileşenlerinden bireysel polisakkaritlerin birbirleri arasında hidrojen bağı oluşması hemiselüloz yapısının elde edilmesini zorlaştırmaktadır (Ebringerova and Heinze, 2000). Hemiselülozun elde edilmesinde alkali uygulaması yüksek verim sağlamaktadır (Sun ve ark., 2005). Buğday samanı veya küspesi gibi lignoselülozik materyallere uygulanan alkali uygulaması ile hücre duvarındaki hemiselüloz, lignin ve silikalar çözünmekte, üronik ve asetik asit esterleri hidrolize olmakta, selüloz şişmektedir. Ayrıca lignin ve hemiselüloz arasındaki α -eter bağları kırılmakta, lignin ve/veya hemiselüloz ile kumarik ve ferulik asit gibi hidroksisinamik asitler arasındaki ester bağları parçalanmaktadır. Bununla beraber alkali ekstraksiyon hemiselülozun deasetillenmesi gibi önemli bir dezavantaja sahiptir (Peng ve ark., 2012). Alkali uygulamasında en sık kullanılan kimyasallar NaOH, NH_4^+ ve H_2O_2 iken asit uygulamasında seyreltik ve konsantre sülfürik ve hidroklorik asitlerdir (Saha, 2003). Asit uygulaması; yüksek sıcaklıkta seyreltik asit uygulaması ile düşük sıcaklıkta konsantre asit uygulaması olmak üzere iki şekildedir. Asit uygulamasında konsantre asit kullanımı bazı dezavantajlara (aşındırıcı, toksik ve tehlikeli) sahip olması nedeniyle tercih edilmemektedir (Hasyierah ve ark., 2008). Seyreltik asit uygulaması $>160^\circ\text{C}$ sıcaklıkta %5-10 katı madde ya da $<160^\circ\text{C}$ %10-40 katı uygulaması olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Genellikle yüksek sıcaklık dereceleri kullanılan seyreltik asit uygulaması hemiselülozu suda çözünen şekerlere (ksiloz, arabinoz ve diğer şekerler) hidrolize etmektedir (Saha, 2003).

2.13.2. Organik solvent uygulaması

Organik solvent uygulaması hemiselüloz elde edilmesinde uygulanan önemli bir metottur. Son yıllarda sodyum kloritin (NaClO_2) tehlikeli ve pahalı olması nedeniyle organik solvent uygulaması tercih edilmeye başlanmıştır (Shatalov ve Pereira, 2002). Bitkilerden hemiselüloz elde edilmesinde ilk kullanılan solvent dimetil sülfoksit (DMSO)'dir. Zaman içinde yapılan araştırmalar bu solventin ön işlemler için uygun

olduğunu fakat yüksek maliyeti ve potansiyel tehlikelerinden dolayı kullanımının sınırlanması gerektiğini göstermiştir (Kenealy ve ark., 2007). Hemiselülozun elde edilmesinde organik solvent uygulaması ile sülfür ve klor içermeyen polimerler meydana gelmektedir (Dapia ve ark., 2002). Ayrıca organik solvent uygulaması solventlerin kolay geri kazanımı, düşük çevresel etki ve düşük enerji tüketimi gibi avantajlara sahiptir (Pan ve ark., 2006). Düşük kaynama noktasına sahip etanol, metanol ve bütanol gibi solventler ile bunların karışımları hemiselüloz eldesinde kullanılmaktadır (Pisarnitskii ve ark., 2006; Xu ve ark., 2006).

2.13.3. Alternatif yöntemler

Hemiselülozun elde edilmesinde diğer potansiyel metot ise kimyasal uygulamalar ile mekanik uygulamaların kombine edilmesidir. Ultrasonik uygulamalar bitkisel materyalden polisakkarit ekstraksiyonunu önemli düzeyde arttırmaktadır (Ebringerova ve Hromadkova, 2002). Ultrasonikasyon mekanizmasında uygulanan ultrases basınç dalgaları kaviteasyona neden olmaktadır. Basınç dalgası lignoselülozik materyalin yüzeyine geldiğinde kaviteasyon balonları patlamakta ve mikro kırıklar meydana gelmektedir (Vinatoru, 2001). Mısır kepeği, karabuğday samanı, şekerpancarı melası gibi ürünler üzerinde yapılan çalışmalar ultrasonikasyon uygulamasının hemiselüloz verimini arttırdığını göstermektedir (Ebringerova ve Hromadkova, 2002; Sun ve Tomkinson, 2002; Yuan ve ark., 2010). Düşük sıcaklık ve kısa alkali ekstraksiyon süresinde hemiselüloz veriminin yükseldiği belirtilmektedir (Sun ve Tomkinson, 2002). Mikrodalga ile ekstraksiyon elektromagnetik enerjiyi absorblama ve ısıyı transfer edebilme yeteneğine sahip materyallere (organik solvent, bitki kısımları gibi) uygulanabilmektedir. Geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürmesi (Roos ve ark., 2009; Buranov ve Mazza, 2010), düşük maliyet ve moleküler yapıyı değiştirmeksizin daha iyi ürün eldesi gibi avantajlara sahiptir (Peng ve ark., 2012). Bir diğer uygulama da hidrotermal işlemlerdir, bu yöntem daha detaylı olarak aşağıda anlatılmıştır.

2.13.4. Hidrotermal işlemler

Buğday kepeğini daha fonksiyonel hale getirebilecek bir diğer yöntem ise kepeğin hidrotermal ön işlemlerle muamele edilmesidir. Bu yöntemde, lignoselülozik materyallerin su varlığında ve genellikle 150-270°C arasında belirli bir süre tutulmasıdır. Reaksiyon zamanı sıcaklığa bağlı olarak saniyelerle saat arasında değişebilmektedir (Saha, 2003) ve genellikle sıvı/katı oranı 2 ila 100 arasında değişmekte olup en çok 10 kullanılmaktadır (Van Walsum ve ark., 1996; Garrote ve ark., 1999). Yüksek sıcaklıklarda su ile lignoselülozik materyallerin muamelesi, hammaddedeki asit türlerinin (üronik asit, asetik asit vb.) otoiyonizasyonuna neden olduğundan, ortamdaki hidronyum iyonları artış göstermektedir (Vegas ve ark., 2006). Meydana gelen bu hidronyum iyonları hemiselülozu; şeker oligomerleri, şekerler ve şeker parçalanma ürünleri içeren sıvı fazlara ve selüloz ve lignince zengin katı fazlara dönüştürmektedir. Bu da hemiselülozların çözünür forma geçmesinde seçici etki yapmaktadır. Otohizoliz olarak da bilinen bu yöntem geniş bir polimerizasyon derecesi aralığında ksilan ve ksilan parçalanma ürünleri (ksilooligosakaritler) üretir. Üretilen ksilan parçalanma ürünleri olan oligomerlerin polimerizasyon dereceleri (>10) oldukça büyüktür ve aynı zamanda çözünür formda hemiselüloz üretimi olarak da bilinir (Garrote ve ark., 2002; Moure ve ark., 2006). Hidrotermal uygulamalar aynı zamanda hücre duvarı bileşenlerini hidrolize ederek fenolik bileşiklerin açığa çıkmasına neden olmaktadır (Nagarani ve ark., 2014). Hidrotermal işlemlerde 5C'lu şekerlerin parçalanması sonucu furfural ve formik asit meydana gelirken, 6C'lu şekerlerin parçalanması sonucunda hidroksimetilfurfural, formik ve levulinik asit meydana gelmektedir (Reisinger ve ark., 2013). Yüksek sıcaklıklarda hidrolizasyon işlemi, hidrolizasyon işleminin sudan başka kimyasala ihtiyaç duymaması nedeniyle, son yıllarda popüler olmuş bir işlemdir (Garrote ve ark., 2002; Kabel ve ark., 2007). Hidrolizasyon için asit gibi korozif kimyasallara ihtiyaç duyulmadığı gibi asit kullanımından ortaya çıkan zararlı yan ürünler veya nötralizasyon atıkları da oluşmamaktadır. Hidrotermal işlemlerin seyreltik asit hidrolizi ile benzer bir mekanizması vardır. Her ikisi de hidronyum iyonlarıyla katalizlenen işlemlerdir. Ayrıca üronik asitlerin hidronyum iyonlarının oluşumuna katkıda bulunabileceği de öne sürülmüş (Conner, 1984), ancak hidrolizdeki rolleri hala tam olarak anlaşılamamıştır.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde; buğday kepeği, mısır koçanı ve arpa kavuzunun 155°C'de 60 dakika hidrolizasyonu sonucunda hidrolizatların çözünür formda hemiselüloz parçaları içerdiği saptanmıştır (Kabel ve ark., 2002). Buğday kepeğine 140-200°C 10-30 dakika hidrotermal işlem uygulanmış ve buğday kepeğin de meydana gelen değişimler irdelenmiş, glikoz, ksiloz, arabinoz ve galaktozun meydana geldiği, ksiloz ve arabinoz miktarlarının daha fazla ortamda bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca uygulama sonunda kepekte fosfat miktarında artış gözlemlenmiştir. Sıcaklık artışına paralel olarak furfural, asetik asit, hidrosimetilfurfural, levulinik asit ve gliserol bileşikleri de oluşmuştur (Reisinger ve ark., 2013). Farklı bir çalışmada pirinç sapı 200-260°C'de 15 dakika hidrotermal işleme maruz bırakılmış ve ksiloz ile arabinoz içeriklerinin ortalama %90 arttığı belirtilmiştir (Ingram ve ark., 2011). 180°C'de 20 dakika hidrotermal işlem görmüş buğday kepeğinde gliserol, asetik asit ve furfural miktarlarında bir artış gözlemlenirken hidrosimetilfurfural ve levulinik asit miktarlarında bir değişim tespit edilememiştir (Tirpanalan ve ark., 2014). Mısır tohumlarına 110°C'de 5 psi basınç altında 15 ve 30 dakika boyunca hidrotermal işlem uygulanmış ve bağlı fenolik asit miktarında artış, serbest fenolik asit miktarında azalma belirlenmiştir (Rocha-Villarreal ve ark., 2018). Buğday ve pirinç kepekleri 121°C'de 3 farklı sürede (30, 60 ve 90 dakika) hidrotermal işleme maruz bırakılmıştır. Hidrotermal işlemler sonucunda fitik asit içeriğinde yaklaşık %95'lik bir düşüş olduğu, toplam antioksidan aktivite ve toplam diyet lifi miktarlarının da yükseldiği belirtilmiştir (Özkaya ve ark., 2017). Benzer bir çalışmada Servi ve ark. (2008), 121°C'de 4 farklı sürede (30, 60, 90 ve 120 dakika) buğday kepeği hidrotermal işleme maruz bırakmış ve fitik asit içeriğinde %88.4–96.9 aralığında bir azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir.

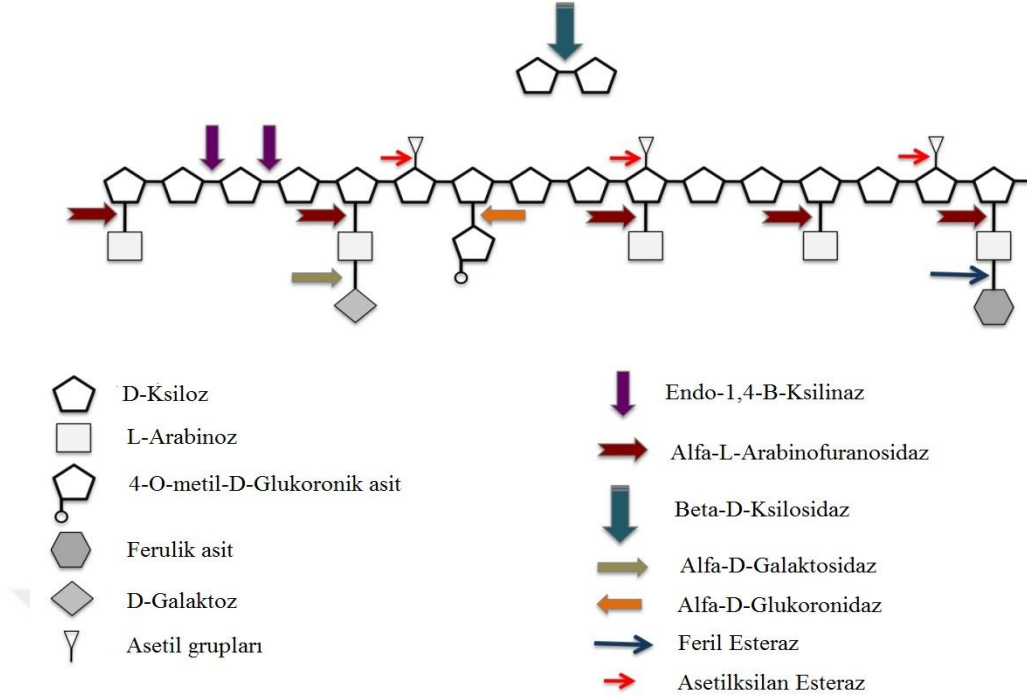
2.14. Ksilanaz Enzimi ve Özellikleri

Ekmek üretiminde hamur ve ekmek kalitesini geliştirmek, hamurun işlenebilirliğini, uzayabilirliğini ve stabilitesini ve ekmeğin hacminin ve kabuk yapısının geliştirilmesi için birçok doğal enzim kullanılmaktadır. Kullanılan bu enzimlerden biri olan ve fırıncılık endüstrisinde önemli bir yere sahip olan ksilanaz enzimi ekmek hacmini ve kabuk yapısını iyileştirmekte ayrıca kabuk kalınlığını düşürmektedir. Optimum düzeyde

kullanılan (100 kg una 1-2 gram enzim) ksilanaz enzimleri raf ömrünün uzamasına ve bayatlama hızının düşmesine etki etmektedir (Butt ve ark., 2008; Motta ve ark., 2013).

Ksilanın hidrolizini sağlayan ksilanaz enzim grubu; endoksilanaz (EC 3.2.1.8), β -ksilosidaz (EC 3.2.1.37), α -glukuronidaz (EC 3.2.1.139), α -arabinofuranosidaz (EC 3.2.1.55) ve asetilksilan esteraz (EC 3.1.1.72) gibi farklı enzim türlerini içermektedir (Motta ve ark., 2013). Endo-1,4-ksilanaz (EC 3.2.1.8) ve β -D-ksilosidaz (EC 3.2.1.37) ksilanın depolimerizasyonunu sağlayarak ksilooligosakkaritler ve ksiloz meydana getirmektedirler (Juturu ve Wu, 2014). Bununla beraber hemiselülozun tamamen depolimerize olabilmesi için endo-ksilanaz (EC 3.2.1.8), β -ksilosidaz (EC 3.2.1.37), α -D-glukuronidaz (EC 3.2.1.139), α -L-arabinofuranosidaz (EC 3.2.1.55), arabinaz (EC 3.2.1.99), asetil ksilan esteraz (EC 3.2.1.72) ve ferulik asit esteraz (EC 3.2.1.73)'dan oluşan glikozil hidrolaz ve karbonhidrat esterazların birlikte etki etmesi gerekmektedir (Juturu ve Wu, 2014). Ksilanaz enzim kompleksinin etki şekilleri Şekil 2.4'de gösterilmektedir.

α -D-glukuronidaz (EC 3.2.1.139) glukoronik asit ve glukonoksilanda bulunan β -D-ksilopiranosil üniteleri arasında ki α -1,2 bağlarını hidrolize etmektedir. α -L-arabinofuranosidaz (EC 3.2.1.55) ise L-arabinoz kalıntılarının 2 ve 3. Pozisyonlarında bulunan β -D-ksilopiranosil üniteleri ayırmaktadır. Asetil ksilan esteraz (EC 3.2.1.72) asetil ksilanın β -D-ksilopiranosil ünitelerinin 2 ve 3. pozisyonlarında ki O-asetil gruplarını ayırmaktadır (Girio ve ark., 2010). Ferulik asit ve p-kumarik asit esteraz (EC 3.2.1.73) ksilanda ki ester bağlarını hidrolize etmekte ve arabinofuranosid ünitelerinde ki fenolik asitlerin serbest kalmasını sağlamaktadır (Chavez ve ark., 2006). Endo-1,4- β -ksilanaz ksilan ana zincirinde ki glikozidik bağları kırmaktadır ayrıca bu enzim substratların polimerizasyon derecesinde azalmaya neden olmaktadır.



Şekil 2.4. Ksilanaz enzim kompleksinin etki şekilleri (Souza, 2013)

Ksilanazlar (EC 3.2.1.8) glukosid hidrolazların 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 26, 30, 43, 44, 51 ve 62 aile grubundadır (Collins ve ark., 2005). Ksilanazlar; moleküler ağırlık ve izoelektrik noktayı temel alanlar, kristal yapıyı ve kinetik özelliklerini temel alanlar veya substrat özelliklerini ve ürün profillerini esas alanlar olmak üzere en az 3 farklı yolla sınıflandırılmaktadır (Motta ve ark., 2013). Geniş pH ve sıcaklık aralıklarında çalışabilen farklı mikroorganizmalardan izole edilen ksilanazların özellikleri Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2. Farklı mikroorganizmalardan izole edilen ksilanazların özellikleri (Walia ve ark., 2017)

	Optimum		Stabilite		
	pH	Sıcaklık (°C)	pH	Sıcaklık (°C)	V _{mak.} (µM/dk/mg)
<i>Thermobifida halotolerans</i>	9	70	-	-	-
<i>Actinomadura sp. strain</i>	10	80	5-10	60-90	-
<i>Bacillus pumilus</i>	6	50	4.5-9	50	1233
<i>Cellulomonas flavigena</i>	6.5	55-65	6-9	85	-
<i>Streptomyces cyaneus</i>	6	60-65			45.45
<i>Enterobacter sp.</i>	9	100	9	50	5000
<i>Penicillium sp.</i>	4.5	40	4.5-9	40	15105

Endoksilanazlar ticari olarak bakteri ve küflerden elde edilmektedir (Aygan, 2008). Ayrıca, böcekler, salyangozlar, kabuklular, deniz yosunları ve tek hücreli canlılarda da bugüne kadar 300 civarında ksilanaz enzimi tanımlanmıştır (Brenda, 2008). Bu amaçla en çok *Aspergillus* ve *Bacillus* türleri kullanılmaktadır. Piyasada bulunan ve fırıncılık endüstrisinde kullanılan ksilanaz enzimi türlerinden bazıları Çizelge 2.3’de verilmiştir (Collins, 2006).

Çizelge 2.3. Ticari olarak kullanılan ksilanaz enzim preparatları ve elde edildikleri kaynaklar

Enzim Üreticisi	Ksilanaz Preparatı	Kaynak Organizma
AB enzymes	Veron 191	<i>Aspergillus niger</i>
	Veron Special	<i>Bacillus subtilis</i>
Danisco	Grinadmyl H	<i>Aspergillus niger</i>
	Grinadmyl-Powerbake	<i>Bacillus subtilis</i>
DSM	Bakezyme HS	<i>Aspergillus niger</i>
	Bakezyme BXP	<i>Bacillus subtilis</i>
Novozymes	Pentopan Mono	<i>Thermomyces lanuginosus</i>
	Bel'ase F25	<i>Aspergillus niger</i>

Farklı kaynaklardan üretilen ksilanazlar yaygın bir ticari kullanım alanlarına sahiptir. Yenilenilir yakıt üretiminde (hemiselülozun hidrolizasyonunda) (Hatanaka, 2011), gıda ve kağıt endüstrisinde (beyazlatma ajanı olarak) (Singh ve ark., 2013), ekmeğin üretiminde (unun yapısında ki hemiselülozu parçalayarak bağlı olan suyu açığa çıkarmakta ve artan su miktarı hamurun daha yumuşak olmasına ve yoğrulmanın kolaylaşmasına neden olmakta, ayrıca fermantasyon direncini, ekmeğin hacmini ve su tutma kapasitesini arttırmaktadır), meyve suyu (bulanıklığın giderilmesinde) ve şarap sanayinde (aroma oluşumunda), bira üretiminde (vizkoziteyi ayarlamak), tekstil sanayinde (kendir ve keten gibi bitki liflerini işlemek) veya ksilitol üretiminde (Polizeli ve ark., 2005) kullanılmaktadır. Ayrıca kahve işleme, meyve ve sebze maserasyonu ve yüksek lifli fırınlanmış ürünlerin hazırlanmasında da hemiselülaz enzimi kullanılmaktadır (Coughlan ve Hazlewood, 1993).

Ksilanazlar, diğer hemiselülazlar gibi, buğday unu içindeki hemiselülozun parçalanmasını sağlar, suyun yeniden dağıtılmasına yardımcı olur ve hamurun daha yumuşak olmasını ve daha kolay yoğrulmasını sağlar. Böylece son üründe arzu edilen hacim, doku ve stabilitenin oluşmasını sağlar (Bhat, 2000). Serbest kalan su gluten tarafından kullanılır (Linko, 1997) ve glutenin elastikiyeti ve gaz tutma kapasitesi artar.

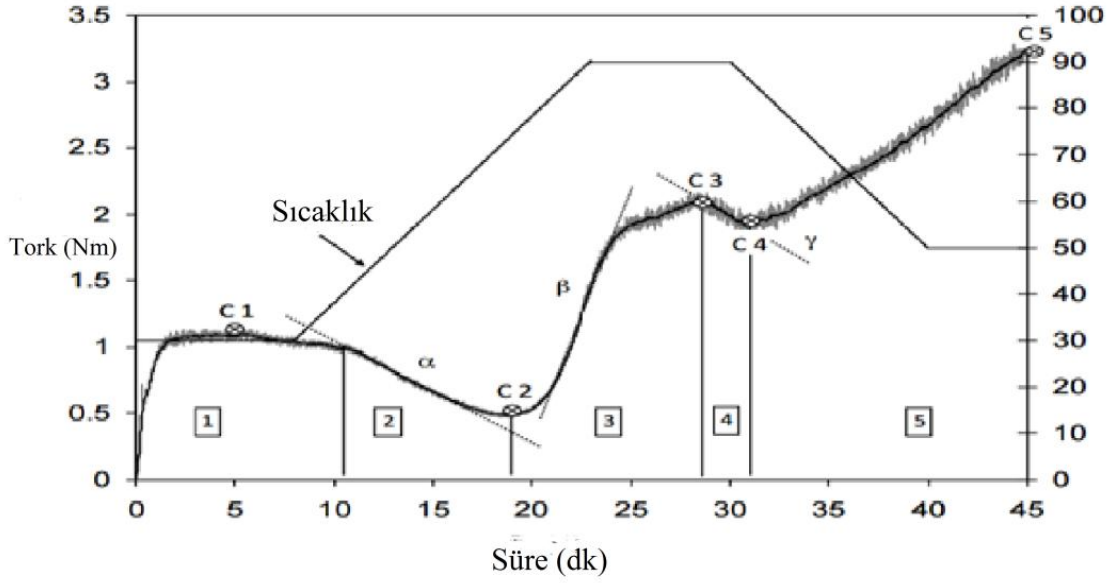
Aynı zamanda pentozanların hidrolizi sırasında açığa çıkan su ekmeğin pişmesi sırasında nişastanın jelatinizasyonu için kullanılır. Böylece hamurun işlenebilirliği kolaylaşarak fermantasyon toleransını, pişme stabilitesini, fırında hacim artışını ve ekmek hacmini artırır. Ekmek içi rengini, gözenek yapısını ve dokusunu iyileştirir (Erem ve Certel, 2006; Güner ve Dağlıoğlu, 2008). Ayrıca bu enzimler bayatlamayı geciktirirken sağlığa faydalı besinlerin artmasına da yardımcı olmaktadır (Erem ve Certel, 2006; Shah ve ark., 2006).

2.15. Hamur Reolojisine Etki Eden Faktörler

Bir hamurun enerji değeri (ekstensograf kurvesinin altında kalan alan), gelişme süresi (hamur oluşumu için geçen süre), stabilite süresi (hamurun oluşumundan sonra hamur yapısının bozulmadan stabil kaldığı süre), yumuşama derecesi (farinografta eğrinin ortası ile 500 konsistens çizgisi arasındaki düşüş miktarı), su absorpsiyonu (unun su tutma kapasitesi) ve viskozite gibi özellikleri o hamurun reolojik özellikleri olarak kabul edilmektedir (Aydoğan ve ark., 2012). Hamurun reolojik özellikleri ürünlerin işlenmesi, ürünlerin fiziksel özellikleri ve son ürün kalitesi gibi faktörler üzerinde büyük bir öneme sahiptir (Biçer, 2011). Hamur reolojisinin tespitinde farinograf, ekstansograf, konsistograf, amilograf ve miksolab gibi reolojik analiz cihazları kullanılmaktadır (Aydoğan ve ark., 2012). Bunlar arasında miksolab sıcaklık değişimleri sırasında hamurda meydana gelen değişiklikleri deneysel bir yöntemle ölçmeye yarayan yeni nesil bir cihazdır.

Mixolab® (Chopin, Fransa) hamurun stabilitesi, gelişme süresi, su tutma kapasitesi gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra nişasta özellikleri ve amilaz aktivitesinin tespitinde kullanılan aynı anda gluten kalitesi hakkında bilgi veren hamurun reolojik özelliklerini ölçmeye yarayan bir cihazdır. Mixolab® iki adet yoğurma kolu arasında hamuru yoğurmakta ve aynı zamanda sıcaklık değişimine tabi tutmaktadır. Bu esnada gerçek zamanlı olarak yoğurma kollarında elde edilen tork (Nm) ölçülmektedir (Anonim, 2005). Cihaz daha az örnekle (50 g) daha kısa sürede (45 dakika) sonuç vermektedir. Ayrıca diğer reolojik analiz cihazlarının ayrı ayrı verdiği sonuçları tek bir analizde ortaya çıkarmaktadır (Şahin ve ark., 2014).

Örnek bir Mixolab® grafiği Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Grafik beş bölümden oluşmaktadır. Birinci aşamada hamur sıcaklığı 30°C’de sabit tutulmakta olup hamurun stabilite, elastikiyet ve su tutma gibi yoğurma özellikleri ölçülmektedir. Bu aşamada hamur deformasyonu başlayana kadar paletlerden elde edilen tork (Nm) maksimuma ulaşana kadar bir artış göstermektedir. Hamurun stabilitesi hamur direncinin 1.1 ± 0.05 Nm torkun üzerinde kaldığı süre (dakika) olarak ifade edilmektedir (Anonim, 2005). 1.1 Nm torka ulaşan hamurun bu bölgede zaman açısından uzun süre kalması hamurun konsistansı ve stabilitesi açısından istenen bir durumdur. Bu sürenin uzun olması protein yapısının güçlü olmasının göstergesidir (Rosell ve ark., 2007). İkinci aşamada 30°C olan sıcaklık kademeli olarak 60°C’ye çıkarılmaktadır. Sıcaklığın yükselmesi ile proteinlerin denatürasyonu başlamakta ve hamurun paletlere gösterdiği direnç azalmaktadır. Bu aşamada belirlenen α açısı 30°C’lik C1 periyodun sonundan 60°C’ye kadar ulaşan C2 periyodunun sonuna kadar çizilen eğrinin eğimini vermekte olup ısıya bağlı protein zayıflama hızının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Anonim, 2005). Sıcaklığın 90°C’ye çıkarıldığı üçüncü aşamada nişastanın jelatinizasyonuna bağlı olarak konsistenste bir artış meydana gelmekte bu da paletlere etki eden torku yükseltmektedir. Bu aşamada nişasta molekülleri şişer ve su tutarak amiloz moleküllerini yapının dışına iter, bu da viskozitede bir artışa neden olur (Kahraman ve ark. 2008). Bu aşamada tespit edilen β açısı C2 ve C3 arasındaki eğrinin eğimini vermekte olup jelleşme hızını göstermektedir (Anonim, 2005). Bu açı ne kadar dik ise hamur viskozitesi yüksek yani hamur daha sert, tersi durumda ise hamur daha yumuşak ya da akışkan olarak düşünülmektedir. Sıcaklığın sabit tutulduğu dördüncü aşamada amilolitik aktivite sonucunda konsistenste azalma meydana gelmektedir. γ açısı C3 ve C4 arasındaki eğrinin eğimini göstermekte olup enzimatik bozunma hızını vermektedir (Anonim, 2005). Bu değer kullanılarak ürünün amilaz aktivitesi hakkında fikir yürütülebilir. Sıcaklığın kademeli olarak 90°C’den 50°C’ye düşürüldüğü C5 bölgesinde jelleşen nişasta sıvılaşmaya başlamaktadır ve burada nişastanın retrogradasyonu tespit edilmektedir (Şahin ve ark., 2014).



Şekil 2.5. Hamur için tipik Mixolab® grafiği

Miksolab® cihazı kullanılarak bazı ekmeklik buğdayların reolojik özellikleri (Köksel ve ark., 2009), kek üretiminde kullanılan unun kalite özellikleri (Öztürk ve ark., 2008), transglutaminaz enziminin yulaf ununun reolojik özellikleri üzerine etkisi (Huang ve ark., 2010), farklı moleküler yapıda ki hidrokolloidlerin hamur yapısı üzerine etkisinin (Rosell ve ark., 2007) tespiti gibi birçok çalışma başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan bir çalışmada buğday ununa inulin, şeker pancarı lifi, bezelye lifi ve bezelye kabuğu ilave edilmiş ve miksolab cihazı kullanılarak hamurun stabilitesi, gelişme süresi, nişastanın jelleşme ve yapışma özellikleri gibi reolojik özellikleri tespit edilmiştir. Farklı bir çalışmada şeker pancarı lifi ilavesinin hamurun viskoelastik yapısını bozduğu ve daha zayıf hamur oluşumuna neden, inulin ilavesinin hamur stabilitesini arttırdığı tespit edilmiştir. İlave olarak miksolab sonuçları farinograf sonuçları ile karşılaştırılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir (Rosell ve ark., 2010).

Hadnadev ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada pirinç, mısır, karabuğday, amarant ve soya unları gibi alternatif ürünlerin reolojik özelliklerini miksolab cihazını kullanarak tespit etmişlerdir. Pirinç ve karabuğday ununun buğday ununa benzer reolojik özellikler gösterdiği ancak buğday ununun reolojik özelliklerini tam olarak sağlayan herhangi bir hammaddeye rastlanmadığı belirlenmiştir. Bu hammaddelerin karışımlarının buğday ununa benzer reolojik profil göstereceği ayrıca farklı hammaddeler ile buğday ununun

ekmek üretiminde ki özelliklerinin sağlanamadığı sadece buğday ununun fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilebileceği rapor edilmiştir. Farklı bir çalışmada buğday ununa 4 farklı (%5, 10, 15 ve 20) oranda kenevir unu ilave edilmiş sedimantasyon değeri, düşme sayısı ve spesifik ekmek hacmi bazı özellikleri belirlenmiş, ayrıca unların reolojik özellikleri miksolab cihazı ile tespit edilmiştir. Araştırma sonucunda ilave edilen oranların reolojik özelliklere olan etkileri farklılık göstermekte olup en büyük farklılıkların hamur gelişme süresinde ve nişastanın retrogradasyon aşamasında olduğu belirtilmektedir (Svec ve Hruskova, 2015).

Buğday ununa kimyon ve zencefil ilavesini hamur yoğurma özelliklerine ve pişme kalitesine etkisi incelenmiştir. Miksolab verilerine göre kimyon ilavesinin hamur stabilitesini ve C2 tork değerini değiştirmediği, %5 düzeyinde zencefil ilavesinin ise hamur stabilitesi ve C2, C3, C4 tork değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir (Abdel-Samie ve ark., 2010). Farklı bir çalışmada buğday ununa 3 farklı (%3, 5 ve 7) oranda üzüm çekirdeği unu ilave edilmiş ve miksolab cihazı kullanılarak reolojik özellikleri değerlendirilmiş, üzüm çekirdeği unu ilavesi hamur stabilitesini arttırırken tork değerlerini düşürmüş ve hamurun reolojik özelliklerini iyileştirmiştir (Mironeasa ve ark., 2012). Buğday ununa yer değiştirme esasına göre soya protein izolatu ve fruktooligosakkarit ilave edilerek insan sağlığı ve hamur reolojisi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada 0-20 g/100g aralığında soya protein izolatu, 0-10 g/100g aralığında fruktooligosakkarit ilave edilerek ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Reolojik analiz sonuçları miksolab cihazı ile elde edilmiştir. İlave edilen katkı maddelerinin hamur stabilitesini düşürdüğü fakat hamurun gelişme süresini uzattığı C2, C3 ve C4 tork değerlerini düşürdüğü rapor edilmiştir (Schmiele ve ark., 2017).

Karabuğday 5 farklı (%10-50) oranda buğday ununa yer değiştirme esasına göre ilave edilmiş ve reolojik özellikleri incelenmiştir. Karabuğday unu ilavesini hamurun gelişme süresini uzatmış, stabilite değerini ise düşürmüştür. İlave edilen karabuğday miktarı arttıkça meydana gelen düşme de artmıştır. Buğday ununun %60.5 olan su tutma kapasitesi karabuğday ilavesi ile %57.8'e kadar düşmüştür. Ayrıca tüm tork değerlerinin karabuğday ilavesi ile azaldığı rapor edilmiştir (Sedej ve ark., 2011). Diğer bir çalışma da buğday ununa farklı partikül büyüklüğüne sahip kestane unu ilavesinin

hamur reolojisi üzerine etkileri incelenmiştir. Miksolab sonuçları daha küçük partikül boyutuna sahip kestane unlarının su tutma kapasitesini ve gelişme süresini arttırdığı, fakat hamur stabilitesini düşürdüğünü göstermektedir (Moreira ve ark., 2010).

Sharma ve ark. (2017) yaptıkları çalışma da buğday ve darı ununu 3:1 oranında karıştırarak paçal un elde etmişler ve bu undan chapatti ekmeği üreterek elde edilen unun reolojik özelliklerini tespit etmişlerdir. Çalışmada kullanılan bu karışım unun daha düşük retrogradasyona neden olduğu belirtilmektedir. Benzer şekilde buğday ununa 5 farklı oranda darı unu ilave eden Aprodu ve Banu (2014) buğday ununun su tutma kapasitesinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Yapılan farklı bir çalışmada buğday ununa 5 farklı oranda (%0-25) arpa kavuzu ilave edilmiş ve reolojik özelliklerde meydana gelen değişimler miksolab cihazı ile tespit edilmiştir. Buğday ununa arpa kavuzu ilavesi su tutma kapasitesini %54.2'den %62.4 yükselttiği, hamur gelişme süresini ortalama %20 düşürdüğü, stabilite değerini ise yükselttiği rapor edilmektedir. Ayrıca C2 tork değerinin benzer değerler gösterdiği C3 ve C5 tork değerinin düştüğü ve C4 tork değerinin ise yükseldiği görülmektedir (Blandino ve ark., 2015).

Aleoron bakımından zengin un, tam buğday unu, çavdar unu ve tam çavdar ununun dört farklı oranda (%15, 40, 75 ve 100) yer değiştirme esasına göre buğday ununa ilave edildiği ve miksolab cihazı ile reolojik özellikleri tespit edildiği çalışmada aleuron bakımından zengin un ile tam buğday unu hamur stabilitesini, gelişme süresini, su tutma kapasitesini ve C2 tork değerini yükseltirken çavdar unu ilavesi azalmaya neden olmuştur. Özellikle çavdar unları ilavesi C4 ve C5 tork değerlerini daha çok düşürdüğü bildirilmiştir (Bucella ve ark., 2016). Buğday ununa dört farklı oranda keten tohumu unu ilave edilerek reolojik özellikler üzerinde ki etkilerinin incelendiği çalışma sonucunda keten tohumu unu ilavesinin hamurun su tutma kapasitesi, gelişme süresi ve yoğrulma tolerans indeksini arttırdığı hamur stabilitesini ise düşürdüğü ayrıca artan oranda keten tohumu unu ilavesinin hamur uzayabilirliğini düşürdüğü rapor edilmiştir (Koca ve Anıl, 2007). Una %0.9 oranında suda çözünür arabinoksilan izolat ilavesinin unun su tutma kapasitesini %1.3 daha fazla arttırdığı ve polisakkaritlerden kaynaklanan fazla su tutma kapasitesinin hamurun gelişme süresini arttırdığını ayrıca ekme hacmini geliştirdiği bildirilmiştir (Biliaderis ve ark., 1995). Farklı bir çalışmada una 4 farklı

oranda (%0.5, 1, 1.5 ve 2.5) suda çözümlenir arabinoksilan ilavesinin hamur viskozite değerini yükselttiği görülmektedir (Harasztos ve ark., 2016). Una arabinoksilan ilavesinin unun reolojik özelliklerinde meydana getirdiği değişimler arabinoksilanın moleküler ağırlığına, ferulik asit miktarına ve arabinoz/ksiloz oranına bağlıdır (Morales-Ortega ve ark., 2013).

2.16. Beslenme Açısından Önemli Nişasta Fraksiyonları ve Sağlık Açısından Önemleri

Bugün her ne kadar ekmeğ nör gıda olarak kabul edilse de ekmeğın fazla tüketiminde içerisinde bulunan nişastadan dolayı çeşitli sorunlarla (obezite, diyabet, kalp damar rahatsızlıkları gibi) karşılaşmaktadır. İnsan diyetinde önemli bir yeri olan nişasta *in vitro* sindirim hızı ve oranı dikkate alınarak hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) olarak sınıflandırılmaktadır. Metabolik hastalıkların önlenmesi ve kontrolü bağlamında yavaş sindirilebilir nişasta ve dirençli nişasta oranı yüksek, hızlı sindirilebilir nişasta oranı düşük gıdaların seçimi önemlidir (Englyst ve ark., 1992; Aarathi ve ark., 2003; Venn ve Mann, 2004; Dona ve ark., 2010).

Sindirim süreci, temel olarak karmaşık bir molekülün vücudun kullanabileceği en basit şekle dönüşmesi olarak tanımlanabilir. Nişasta molekülünün sindirim süreci çok adımlı bir yapıdadır. Ağızda başlayan sindirim önce midede ve ardından ince bağırsakta devam eder. Tüm sindirim süresince farklı enzimlere substrat olan nişasta monosakkaritlerine kadar parçalanmakta ve ardından emilim sağlanarak kana karışmaktadır (Niedziocha, 2017). Gıdalarda ki nişastanın sindirim hızı gıda maddesinin botanik kökenine, nişasta granüllerinin amiloz içeriğine, fizikokimyasal yapısına (kristal yapısı, zincir uzunluğu, molekül ağırlığı vb.), nişasta jelatinleşmesinin derecesini belirleyen ısıl işlem ve nem içeriğine, diyet lifi varlığına göre farklılık göstermektedir (Shumoy ve Raes, 2017). Glikozun kana karışma hızı glisemik indeks değeri ile tespit edilmektedir. Günümüzde gıdaların glisemik indeks değerlerinin tespiti yerini nişastanın sindirim hızı tespitine bırakmaya başlamıştır (Lee ve ark., 2013).

Glisemik indeks değeri yüksek gıdalar kan glikoz seviyesinin ani yükselmesine neden olmakta bu durumda diyabet başta olmak üzere insülin direnci, obezite, kalp damar hastalıkları gibi birçok hastalığın oluşmasını tetiklemektedir (Karl ve ark., 2015). Glisemik indeks değeri yüksek gıdaların hızlı sindirilebilir nişasta içeriklerinin de yüksek olduğu bilinmektedir. Kan glikoz seviyesinin istenen düzeyde artması yavaş sindirilebilir nişasta içeriği yüksek gıdalar ile mümkündür (Miao ve ark., 2015).

Taneli gıdalarda (buğday, arpa vb.) dokusal bütünlüğü bozan ve partikül boyutunu küçülten öğütme ve saflaştırma gibi işlemler, gıdaların sindirim hızları ve oranlarını yükseltmektedir. Buna karşılık, tahıl ve baklagillerin tüm tane olarak tüketilmesi ya da tüm tane veya kırılmış tanelerin unlu mamullere katılması gıdaların sindirim hızları ve oranları ile GI değerlerini düşürmektedir. Mekanik ve termal uygulamalar nişastanın yapısını ve sindirilebilirliğini değiştirmektedir. Örneğin pişirme işlemi doğal nişasta granüllerinin yarı kristal yapısını değiştirmekte ve yavaş sindirilebilir nişasta ve dirençli nişasta içeriğinin azalmasına, hızlı sindirilebilir nişasta içeriğinin artmasına neden olmaktadır (Collar ve ark., 2014). Yavaş sindirilebilir nişasta kaynağı olarak (>%50) doğal tahıl nişastaları ideal bir kaynak durumundadır (Zhang ve ark., 2006).

Yüksek glisemik indeksli bir ürün olan buğday ekmeğinin glisemik indeks değerinin düşürülmesi yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Glisemik indeks değerinin düşürülmesi amacıyla araştırmacılar temelde 3 farklı yönteme yönelmiştir. Bunlar farklı hammaddelerin ilave edilmesi, öğütme prosesinde ek uygulamalar ve pişirme işlemi sonrası uygulanan farklı yöntemlerdir. Bu yöntemlerde geleneksel öğütme işlemine ilave olarak yüksek hava basınçlı turbo öğütme sisteminin eklenmesi ve yüksek antioksidan aktiviteye sahip bazı bitkilerin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca hamur yoğurma süresinin kısaltılıp fermantasyon süresinin uzatılması, ekşi hamur fermantasyonunun tercih edilmesi, kullanılan maya miktarının azaltılması, ekmeğin hacminin düşürülmesi, pişmiş ürünlerin dondurulması veya pişirme öncesi dondurularak bekletilmesi ve diyet lifi ilavesi önerilmektedir. İlave olarak buğday ununa yüksek amilozlu unlar (mısır, bazı pirinç ve arpa unları), yulaf lifi, β glukan bakımından zengin arpa lifi, inülin, arabinoksilan, guar gam, pisilyum lifi, salba (*Salvia hispanica L.*) lifi gibi farklı materyaller üzerinde çalışmalar mevcuttur (Borcak ve ark., 2018).

Ekmek üretim prosesinde dirençli nişasta oluşabilmesine rağmen, pişirme aşamasında nişastanın büyük bir kısmı jelleşmekte bu da hızlı sindirilebilir nişasta içeriğini arttırmaktadır (Collar ve ark., 2014). Benzer şekilde kahvaltılık gevrek gibi ekstrüde pişmiş tahıl ürünlerinde de termal uygulamanın yanı sıra yüksek basınç ve kesme işlemleri de nişasta granüllerine zarar vermekte ve nişastanın jelleşme derecesini arttırmaktadır. Makarna üretiminde tam tersi bir durum gözlemlenmiş olup yoğun protein ağı su moleküllerinin nişasta granüllerine geçişini ve α amilazın nişastaya etkisini sınırlandırmakta bu da nişastanın jelatinizasyon derecesini düşürmektedir (Englyst ve ark., 1992). Bazı bisküvilerin düşük nem içeriğine sahip olması nişasta granüllerinin jelatinizasyon derecesini düşük olmasına neden olmaktadır. Bu da bisküvilerin kahvaltılık gevrek ve fırın ürünlerine göre daha yüksek yavaş sindirilebilir nişasta içeriğine sahip olmasını sağlamaktadır (Englyst ve ark., 2003).

Yapılan bir çalışmada buğday kepeği ilaveli ekmeklerde %76.6 toplam nişasta, %68.0 hızlı sindirilebilir nişasta, %2.0 yavaş sindirilebilir nişasta ve %6.6 dirençli nişasta fraksiyonları tespit edilmiş olup pirinç ve mısır katkılı unlardan elde edilen ekmeklere kıyasla bu değerler daha yüksek bulunmuştur (Taş ve El, 2000). Collar ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada buğday ununa teff, yeşil bezelye ve karabuğday karışımı ilave ederek 100 g taze ekmeğe göre hızlı sindirilebilir nişasta içeriğini %57.1 azaltmış, yavaş sindirilebilir nişasta içeriğini %12.9 ve dirençli nişasta içeriğini %2.8 arttırmıştır. Zabidi ve Aziz (2009) üç farklı (%10, 20 ve 30) oranda chempedak (*Artocarpus integer*) tohumu ununu buğday ununa ilave ederek nişasta hidroliz hızı ve glisemik indeks değerlerini tespit etmişlerdir. Bütün oranlarda nişasta hidroliz hızı düşmüş ayrıca dirençli nişasta içeriği yükselmiştir. Dirençli nişasta içeriğinde meydana gelen artışın glisemik indeks değerini de düşürdüğünü rapor etmişlerdir.

Sharma ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada buğday ununa darı unu ilave etmişler Chapatti ekmeği üretmişler ve önemli nişasta fraksiyonlarında değişimleri tespit etmişler darı unu ilavesi ekmekte ki çözünür nişasta ve amiloz değerlerini yükseltmiş yavaş sindirilebilir ve dirençli nişasta içeriklerini yükselttiği hızlı sindirilebilir nişasta içeriğini ise düşürdüğü rapor etmişlerdir. Benzer bir çalışmada Chapatti ekmeğinin taze

ve bayat durumdaki önemli nişasta fraksiyonları irdelenmiş ve bayatlama ile ekmekte ki hızlı sindirilebilir nişasta içeriğinin azaldığı yavaş sindirilebilir nişasta içeriğinin ise arttığı glisemik indeks değerinin de düştüğü bildirilmiştir (Moza ve Gujral, 2018). Farklı depolama sıcaklıklarının ekmekte ki dirençli nişasta içeriğine etkisinin incelendiği bir çalışmada buğday ekmeği 7 gün boyunca 3 farklı sıcaklıkta (3.5°C, 17°C ve 20°C) depolanmış ve dirençli nişasta içeriğinde ki değişim takip edilmiştir. 1. gün sonunda tüm sıcaklık derecelerinde dirençli nişasta içeriği artış gösterirken en yüksek artış 3.5°C’de görülmüştür. 7. gün sonunda dirençli nişasta içeriğinde 3.5°C’lik depolamada yaklaşık 10 katlık bir artış belirlenirken diğer sıcaklıklarda 2 katlık bir artış olduğu bildirilmiştir (Sullivan ve ark., 2017).

Makarna hamuruna glukajel, inulin, psilyum ve yulaf kepeği %15 oranında yer değiştirme esasına göre ilave edilmiş ve makarnanın nişasta sindirilebilirliğinde ki değişim irdelenmiştir. İlave edilen tüm diyet lifleri mevcut nişastaların sindirim hızını önemli derecede azaltmış ve serbest glikoz miktarının düşmesine neden olmuştur. Ayrıca ilave edilen diyet lifleri içerisinde en büyük etkiyi sırasıyla inulin, psilyum ve yulaf kepeği neden olduğu bildirilmiştir (Foschia ve ark., 2015). Bustos ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada tüm sindirim sistemi göz önüne alındığında beyaz ekmekte toplam nişasta hidrolizi %87 iken, bu oran glutensiz ekmekte %76.5, rafine undan üretilen makarnada %72.6, tam buğday unundan üretilen makarnada %92, glutensiz makarnada %54.3 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca en düşük toplam nişasta hidroliz oranının %45 ile kurabiye örneklerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bir başka çalışmada 9 farklı kavuzsuz arpa çeşidinin önemli nişasta fraksiyonları incelenmiştir. Arpa örneklerinin toplam nişasta içerikleri %56.3-68.0 arasında, hızlı sindirilebilir nişasta içeriği %14.4-19.6 arasında, yavaş sindirilebilir nişasta içeriğinin %19.8-25.7 arasında, dirençli nişasta içeriğinin ise %13.1-31.6 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Moza ve Gujral, 2016). Etiyopya bölgesinde tarımı yapılan Teff (*Eragrostis tef*) tahıl olup, 7 farklı teff tohumunun önemli nişasta fraksiyonları incelenmiştir. Örneklerin toplam nişasta içerikleri, serbest glikoz miktarları, dirençli nişasta içerikleri, yavaş sindirilebilir ve hızlı sindirilebilir nişasta içeriklerinin sırasıyla %66-76, %1.8-2.4, %17-68, %19-53, %12-30 arasında değiştiği

belirlenmiştir. Teff tohumun orta-yüksek glisemik indekse sahip gıdalar içerisinde sınıflandırılabilineceği bildirilmektedir (Shumoy ve Raes, 2017). Simsek ve El (2015) yaptıkları çalışmada farklı pişirme metotlarının gölevez (*Colocasia esculenta*) bitkisinin önemli nişasta fraksiyonlarına etkisini incelemişler ve gölevez bitkisinin toplam nişasta içeriğinin %14.9-18.0, hızlı sindirilebilir nişasta içeriğinin %9.6-13.9, yavaş sindirilebilir nişasta içeriğinin %2.5-2.6, dirençli nişasta içeriğinin %1.5-2.1, hızlıca kullanılabilir glikoz içeriğinin %11.6-15.6 ve nişasta hidroliz indeksinin %63.8-76.8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Ekmeklik buğday unu ($0.7 < \% \text{ Kül} \leq 0.8$) ile kaba (>850 mikron) ve ince (200 mikron) buğday kepeği Tokat ilindeki Birsan Birlik Gıda San. Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Ekmeklik buğday ununun yaş gluten değeri $>\%28$, gluten indeks değeri >60 , su kaldırma değeri $>\%58$, nem değeri maksimum $\%14.5$, protein değeri $>\%10.5$ 'tir. Kaba kepekler 20 nolu (850μ) eleklerin elek üstünden, ince kepekler ise 7 nolu (200μ) eleklerin elek altından elde edilmiştir.

Hemiselülaz (*Aspergillus oryzae*, Polenzyme \times 1000 Enzyme) Polen Gıda (İstanbul, Türkiye)'den, guar gam Havancızade (İstanbul, Türkiye)'den temin edilmiştir. Toplam diyet lifi kiti (K-TDFR), amiloglikozidaz (3300 U/ml) Megazyme (İrlanda)'dan, glikoz oksidaz peroksidaz (GOPOD) kiti BIASIS (Türkiye)'den, pankreatin (Porcine pancreas 4 \times USP), invertaz (3000 EU/ml), 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu (ABTS), 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ), 2,2 difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilokroman-2-karboksilik asit (Trolox), 2-(3,4-Dihidroksifenil)-3,5,7-trihidroksi-4H-1-benzopiran-4-bir dihidrat (kuercetin), MES-TRİS, kafeik Asit, 4-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, ferulik asit, 4-hidroksisinamik asit, 4-hidroksi-3,5 dimetoksi benzoik asit, D-glukoronik, m-hydroxydiphenly, asetik asit, üronik asit ve furfural Sigma–Aldrich (St. Louis, MO, ABD)'den, Folin–Ciocalteu reaktifi, demir(III) klorit heksahidrat, potasyum persülfat, D(+)glikoz, D(+)ksiloz Merck (Almanya)'dan, 3,4,5-trihidroksibenzoik asit (gallik asit) ve DNS (3,5-dinitrosalicylic asit) Alfa Aesar (Almanya)'dan, aminex HPX87H kolonu Biorad'dan (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, ABD), ankom XT4 kartuşları Ankom Technology (ABD)'den alınmıştır. Kullanılan diğer kimyasallar analitik standartta olup Sigma (Sigma Chemical Company, MO, ABD) ve Merck (Merck KGaA, Darmstadt, Almanya) firmalarından temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Analitik yöntem

Kepeklerin ve ekmeklerin rutubet ve kül içerikleri gravimetrik olarak (AACC 08-01.01, 2004), protein içerikleri mikro kjeldahl yöntemi ile (AOAC 955.04, 2000), toplam yağ içeriği ankom yağ ekstraksiyon cihazı ile gravimetrik olarak AOAC 920.39 metodu kullanılarak, toplam şeker miktarı ise fenol-sülfürik asit yöntemi ile ksiloz standardı kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Dubois ve ark., 1956). Kepeklerin ve hidrotermal işlem sonrası arta kalan katı kısmın lignin miktarı iki aşamalı asit hidrolizasyonundan sonra gravimetrik olarak (ASTM, 1993), üronik asit içeriği m-fenilfenol metodu ile D-glukoronik asit standardı kullanılarak belirlenmiştir (Melton ve Smith, 2001). Hidrolizatların indirgen şeker miktarı 3,5-dinitrosalisilik asit (DNS) metodu ile ksiloz standardı kullanılarak (Miller, 1959) belirlenmiştir.

3.2.2. Nem

Sabit ağırlığa getirilen kurutma kapları içerisine 3 ± 0.25 'şer gram kepek veya ekmek örneklerinden tartılmıştır. Örnekler 105°C 'de etüvde (Memmert 100-800, Almanya) sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Her bir örnek (kaba kepek, ince kepek ve ekmek) için analiz 3 paralel şekilde yapılmıştır (AACC 08-01.01, 2004). %Nem içerikleri Eşitlik 3.1. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = [(M_1 - M_2) / m] \times 100 \quad (3.1)$$

M_1 = Alınan örnek ağırlığı+sabit tartıma getirilen kurutma kabının darası (g)

M_2 = Kurutulmuş örnek+sabit tartıma getirilen kurutma kabının darası (g)

m = Alınan örneğin (kaba kepek, ince kepek ve ekmek) ağırlığı (g)

3.2.3. Kül

Sabit tartıma getirilmiş porselen krozelere kurutulmuş örneklerden 1 ± 0.2 gram konulmuş kül fırınının (Protherm PLF115M, Türkiye) sıcaklığı kademeli olarak artırılmış ve örnekler 550°C 'de yakılmıştır. Yakma işlemine örnekler tamamen yanana kadar (siyah nokta kalmayıp tamamen beyaz renk alana kadar) devam edilmiştir. Her bir örnek (kaba kepek, ince kepek ve ekmek) için analiz 3 paralel şekilde yapılmış ve Eşitlik 3.2. kullanılarak hesaplanmıştır (AACC 08-01.01, 2004).

$$\% \text{ Kül} = 100 (B-A)/M \quad (3.2)$$

A= Yakma kabı darası (g)

B= Kül + yakma kabı (g)

M= Örnek miktarı (g)

3.2.4. Protein içeriği

Azot içeriklerinin belirlenmesinde mikro kjeldahl yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 2000). Kjeldahl tüplerine 1 ± 0.05 gram örnek tartılmış ve üzerine 2 g K_2SO_4 , 0.2 g CuSO_4 ve 10 ml konsantre H_2SO_4 ilave edildikten sonra yaş yakma işlemine maruz bırakılmıştır. Örnekler kjeldahl yakma ünitesinde (Gerhardt KB8, Königswinter, Almanya) yaklaşık 2-4 saat süreyle 350°C 'de berraklaşınca kadar yakılmıştır. Yakılan örnekler soğuduktan sonra üzerine 20 ml saf su ilave edilip destilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Destilasyon ünitesinde örnek üzerine 35-40 ml %40'luk (w/w) NaOH ilave edilmiş ve destilatın 25 ml %4'lük borik asit çözeltisi içerisinde toplanması sağlanmıştır. Destilasyon sonrası borik asit içerisinde toplanan destilat 0.02 N HCl ile titre edilerek Eşitlik 3.3. yardımıyla %azot değerleri bulunmuştur. Azot oranlarının 5.70 faktörü ile çarpılması sonucu örneklerin protein değerleri hesaplanmıştır.

$$\% \text{Azot} = \frac{(V_1 - V_0) \times 0.014 \times N}{\text{Örnek Miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

V_1 = Titrasyonda örnek için harcanan HCl miktarı (ml)

V_0 = Şahit için harcanan HCl miktarı (ml)

N = Titrasyonda kullanılan HCl'in normalitesi

3.2.5. Toplam yağ içeriği

Kaba kepek, ince kepek ve ekmeklerin yağ oranlarının belirlenmesi için 1-2 g kurutulmuş örnek (G3) darası alınmış kartuşlar içerisine tartılarak ağız kısımları yapılandırılmış ve toplam ağırlık (G2) kaydedilmiştir. Örnekler yağ ekstraksiyon cihazının (Ankom XT10 Extractor, NJ, Amerika Birleşik Devletleri) haznesine konularak petrol eter ile 95°C'de 60 dakika süre ile ekstraksiyona bırakılmıştır. Ekstraksiyonu tamamlanan örnekler tekrar etüve alınarak 105±2°C'de kalıntı çözücünden arındırılmıştır. Etüvden alınan örnekler sabit tartıma getirildikten sonra tartılıp (G1) Eşitlik 3.4. kullanılarak yüzde yağ oranları belirlenmiştir.

$$\% \text{ Yağ} = [(G2-G1) / G3] \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.6. Toplam karbonhidrat

Kaba kepek, ince kepek ve hidrolizatların toplam karbonhidrat içerikleri, fenol sülfürik asit metoduna göre belirlenmiştir. 50 µl örnek üzerine 50 µl %80'lik fenol çözeltisi ilave edildikten sonra vortex (Velp Scientifica ZX3, Usmate, İtalya) ile 10 saniye karıştırılmış ardından üzerine 2 ml konsantre H₂SO₄ ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Ardından örnekler spektrofotometre (Perkin Elmer UV/Vis spectrometer, Lambda EZ 201, CA, ABD) ile 490 nm'deki absorbans değerleri okunmuştur. Kalibrasyon grafiğinin çizilmesinde farklı konsantrasyonlarda ksiloz içeren çözeltiler (0-100 µg/ml) kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır (Geater ve Fehr, 2000).

3.2.7. Klason ve asitte çözümlü lignin

Hidrotermal işlem sonrası arta kalan katı kısım ve kepek örneklerin lignin içeriği, örneklerin iki aşamalı asit hidrolizasyonuna (%72 ve %4 H₂SO₄) maruz bırakılması ile belirlenmiştir. Bu amaçla 0.3 g örnek test tüplerine tartılmış ve üzerlerine 3 ml %72'lik H₂SO₄ ilave edilmiş ardından 30°C'deki çalkalamalı su banyosu içinde 2 saat bekletilmiştir (ilk yarım saatte 10 dakika aralıklarla karıştırılmıştır) daha sonra asit içeriği %4'e seyreltilmiştir. Örnekler 4 saat kaynatılmış ve sabit tartıma getirilmiş porlu süzgeçlerden süzümüştür. Filtratın absorbansı 205 nm'de (absorptivite katsayısı, 110 L/g-cm) spektrofotometrede (Perkin Elmer UV/Vis spectrometer, Lambda EZ 201) ölçülerek asitte çözümlü lignin bulunmuştur. Süzgeçte kalan kısımlar 100 ml sıcak su ile yıkanarak porlu süzgeçten süzümüştür. Etüvde 105°C'de kurutulmuş ve sabit tartıma geldikten sonra tartılmıştır. Analiz örnekler için 3 er paralel halinde yapılmış ve Eşitlik 3.5 kullanılarak hesaplanmıştır (ASTM, 1993).

$$\% \text{ Lignin} = [(M_1 - M_2) / m] \times 100 \quad (3.5)$$

M₁ = Alınan örnek ağırlığı+sabit tartıma getirilen porlu süzgecin ağırlığı (g)

M₂ = Kurutulmuş örnek+sabit tartıma getirilen porlu süzgecin ağırlığı (g)

m = Alınan örneğin ağırlığı (g)

3.2.8. Üronik asit içeriği

Hidrotermal işlem sonrası arta kalan katı kısımdan ve kepek örneklerinden 5 mg cam test tüplerinin içerisine tartılmış ve üzerine 1 ml konsantre H₂SO₄ ilave edilerek buzlu ortamda 5 dakika boyunca magnetik karıştırıcı da karıştırılmıştır. Süre sonunda 1 ml konsantre H₂SO₄ ilave edilerek 5 dakika daha karıştırılmıştır. Ardından üzerine 0.5 ml destile su ilave edilerek 5 dakika daha karıştırma işlemine devam edilmiş ve bu işlem bir kez daha tekrar edilmiştir. Karıştırma işleminden sonra karışım 10 ml'lik balon jöjeye aktarılmış ve destile su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Tamamlanan örnek santrifüj tüplerine aktarılmış ve 2000×g'de 10 dakika santrifüj (Boeco U-32R, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonrası berrak üst kısımdan 400 µl örnek alınarak test tüplerine

aktarılmış ve üzerine 40 µl sülfamik asit / potasyum sulfamate (4M, pH 1.6) ve 2.4 ml 75mM Na-tetraborat ilave ederek vorteksle kuvvetlice karıştırılmıştır. Test tüpleri kaynar su banyosuna alınarak 100°C'de 20 dakika bekletilmiş ardından buzlu su içerisinde 10 dakika boyunca soğutulmuştur. İki test tüpüne 80 µl m-hydroxydiphenly çözeltilisi (0.15 g 3-phenylphenol %0,5'lik NaOH ile çözülmüş ve 100 ml'ye tamamlanmıştır) bir test tüpüne de kontrol örneği olması amaçlı 80 µl %0.5'lik NaOH ilave edilerek vorteksle karıştırılmıştır. 10-60 dakika içinde örnekler 525 nm'de spektrofotometrede (Perkin Elmer UV/Vis spectrometer, Lambda EZ 201, ABD) ölçülmüştür. Sonuçlar % (mg üronik asit/100 mg örnek) olarak ifade edilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda glukoronik asit içeren çözeltiler (0-40 µg/µL) kullanılarak oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır (Melton ve Smith, 2001).

3.2.9. İndirgen şeker tayini

İndirgen şeker DNS metodu ile glikoz standardı kullanılarak belirlenmiştir. Ekstraksiyon sonucunda elde edilen örnekler karıştırılmış ve bu karışımdan 50 µl örnek alınarak üzerine önce 950 µl distile su ve 1.5 ml DNS çözeltilisi ilave edilmiştir. 100°C'de 5 dakika kaynatma işleminden sonra, örnekler buzlu su içerisinde oda sıcaklığına soğutulmuş ve oluşan renk spektrofotometrede (Perkin Elmer UV/Vis spectrometer, Lambda EZ 201, ABD) 560 nm'de okunmuştur. Sonuçlar mg/ml ksiloz olarak ifade edilmiştir (Miller, 1959).

3.2.10. Kepeklerin hidrotermal işlemlerle muamelesi

Kaba kepekler 8:1 (g su/g kepek) oranında distile su ile karıştırılarak 130-160°C aralığında 4 farklı sıcaklıkta 30 dakika yüksek basınç (PARR, ABD) reaktöründe hidrotermal işleme tabi tutulmuştur. Hidrolizasyon sonucu elde edilen materyal filtre edilmiş ve elde edilen hidrolizatlardaki ksiloz miktarı HPLC'de belirlenmiştir. Ardından hidrolizattan 5 ml alınarak 3 saat %4'lük sülfirik asit ile hidrolize edilmiştir. Asitle hidrolizasyon sonrası hidrolizattaki ksiloz miktarındaki artış göz önüne alınarak ksilan miktarı hesaplanmıştır (Garrote ve ark., 1999).

Yapılan analizler sonucunda 150°C’de hidrotermal işleme karar verilmiş ve daha sonraki deneyler ve ekmek üretimlerine yetecek kadar 150°C’de hidrolizat üretimleri gerçekleştirilmiştir. Hidrolizatlar kullanılıncaya kadar -18°C’de depolanmıştır. Katı kısım ise 50°C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve kullanılıncaya kadar +4°C’de depolanmıştır.

3.2.11. Polisakkarit analizi

Lignin analizinde iki aşamalı hidrolizasyon işlemi sonucu elde edilen hidrolizat HPLC’de aşağıda belirtilen yöntem ile analiz edilerek atıkların polisakkarit kompozisyonu bulunmuştur (Browning, 1967). Hidrolizatta bulunan monosakkarit miktarından, yüzde polisakkarit miktarı hesaplanmıştır (glikoz: glukoz (selüloz), ksiloz: ksilan, arabinoz: arabinan). Atıklardaki asetil grupların miktarı da, HPLC’de asetik asit miktarını ölçerek belirlenmiştir.

Elde edilen hidrolizatlarda bulunan ksiloz, glikoz, arabinoz ve asetik miktarları refraktometrik dedektöre (Perkin Elmer Model 200) ve kolon fırınına (Perkin Elmer) sahip Perkin Elmer yüksek basınç sıvı kromatografisi (HPLC) sisteminde analiz edilmiştir. Kolon olarak Aminex HPX87H (Biorad) kullanılmıştır. Örnekler enjeksiyon öncesi 0.20 µm boyutlu filtreden geçirilmiş ve hareketli faz olarak 5 mM H₂SO₄ kullanılmıştır. Örnekler 45°C’de ve 0.5 ml/dk akış hızı ile 70 dakikalık bir süre zarfında 5 mM H₂SO₄ ile kolondan elüte edilmiştir (Canettieri ve ark., 2007). Ksiloz, glikoz, arabinoz, asetik asit, konsantrasyonu, standart pik alanları esas alınarak hesaplanmıştır.

3.2.12. Reolojik analizler

Aşağıda belirtilen materyaller ekmek üretimi için farklı oranlarda hazırlanıp kullanılmıştır. Bu amaçla katı materyaller buğday ununa yer değiştirme esasına göre farklı oranlarda ilave edilirken, sıvı materyaller hamur yoğurma suyuna yer değiştirme esasına göre ilave edilmiştir. Ekmek üretiminde kullanılacak materyaller ve karışım oranları aşağıda sıralanmıştır.

- Kaba kepek (KK) (%10, %20 ve %30);
- İnce kepek (İK) (%10, %20 ve %30);
- Hidrotermal işlem sonrası kalan katı kısım (HİSKK) (%10)
- Hidrotermal işlemlerle muamele edilmiş kaba kepek (HK) (%10, %20, %30, %50, %100);
- Enzim ilave edilmiş kaba kepek (EKK) (%10, %20 ve %30);
- Enzim ilave edilmiş hidrotermal işlemlerle muamele edilmiş kaba kepek (EHK) (%10, %20, %30, %50, %100);

Yukarıda belirtilen karışımların reolojik özellikleri Mixolab[®] (Chopin Technologies, Villeneuve La Garenne, Fransa) cihazı kullanılarak yapılmıştır. Analizde standart “Chopin+” protokolü (ICC Method 173) modifiye edilerek takip edilmiştir. Buna göre hamur 30°C’de 8 dakika tutulduktan sonra 15 dakika içinde 90°C’ye ısıtılmış (4°C/dakika sıcaklık artış hızı) ve 90°C’de 7 dakika tutulduktan sonra 50°C’ye soğutma gerçekleştirilmiş ve bu sıcaklıkta 5 dakika bekletilerek analiz tamamlanmıştır. Toplam analiz süresi 45 dakika olup; yoğurma paletlerinin dönüş hızı 80 rpm’dir. Mixolab[®] çalışma koşulları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Mixolab çalışma koşulları

Ayarlar	Değerler
Karıştırma hızı	80 rpm
Hedef tork (C1 için)	1100 Nm
Hamur ağırlığı	75.0 g
Tank sıcaklığı	30°C
1. Adım sıcaklığı	30°C
1.Adım süresi	8 dakika
2.Adım sıcaklığı	90°C
1.Adım sıcaklık değişim süre ve hızı	15 dakika 4.0°C / dakika
2. Adım süresi	7 dakika
2.Adım sıcaklık değişim süre ve hızı	10 dakika -4.0°C / dakika
3.Adım süresi	5 dakika
3.Adım sıcaklığı	50°C
Toplam analiz süresi	45 dakika

3.2.13. Zeleny sedimentasyon testi

Kaba ve ince kepek; buğday ununa yer değiştirme esasına göre 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) ilave edilmiş örneklerin normal sedimentasyon değerleri AACC Metot 56-60'a göre yapılmıştır (AACC, 2004).

3.2.14. Ekmek üretimi

Ekmek pişirme denemelerinde, direkt ekmek pişirme metodu (Anonim, 1990), Türk usulü ekmek yapım yöntemine modifiye edilerek ekmek yapımında kullanılmıştır. 100 gram un esasına göre; %3 maya, %1.5 tuz ve Mixolab'dan elde edilen su kaldırma değerinin 2 puan üzeri su ve 3 farklı oranda buğday ununa ya da hamur yoğurma suyuna yer değiştirme esasına göre KK, İK, HİSKK, HK, EKK ve EHK'nın farklı oranları kullanılarak ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmek üretim akım şeması Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Hamur bileşenleri olgun hamur elde edilene kadar yoğrulmuş ve ardından 30°C'de 60-90 dakika kitle fermantasyonuna bırakılmıştır. Fermantasyon

sonunda hamur hacmi orijinal hacminin 5 misline kadar artış göstermiş ve süngerimsi bir yapı kazanmıştır. 100 g ekmek olacak şekilde elde edilen hamurdan kesilmiş ve tartılmıştır. Kesilecek hamur miktarı Eşitlik 3.6. kullanılarak belirlenmiştir.

$$X=(A \times B) / C \quad (3.6)$$

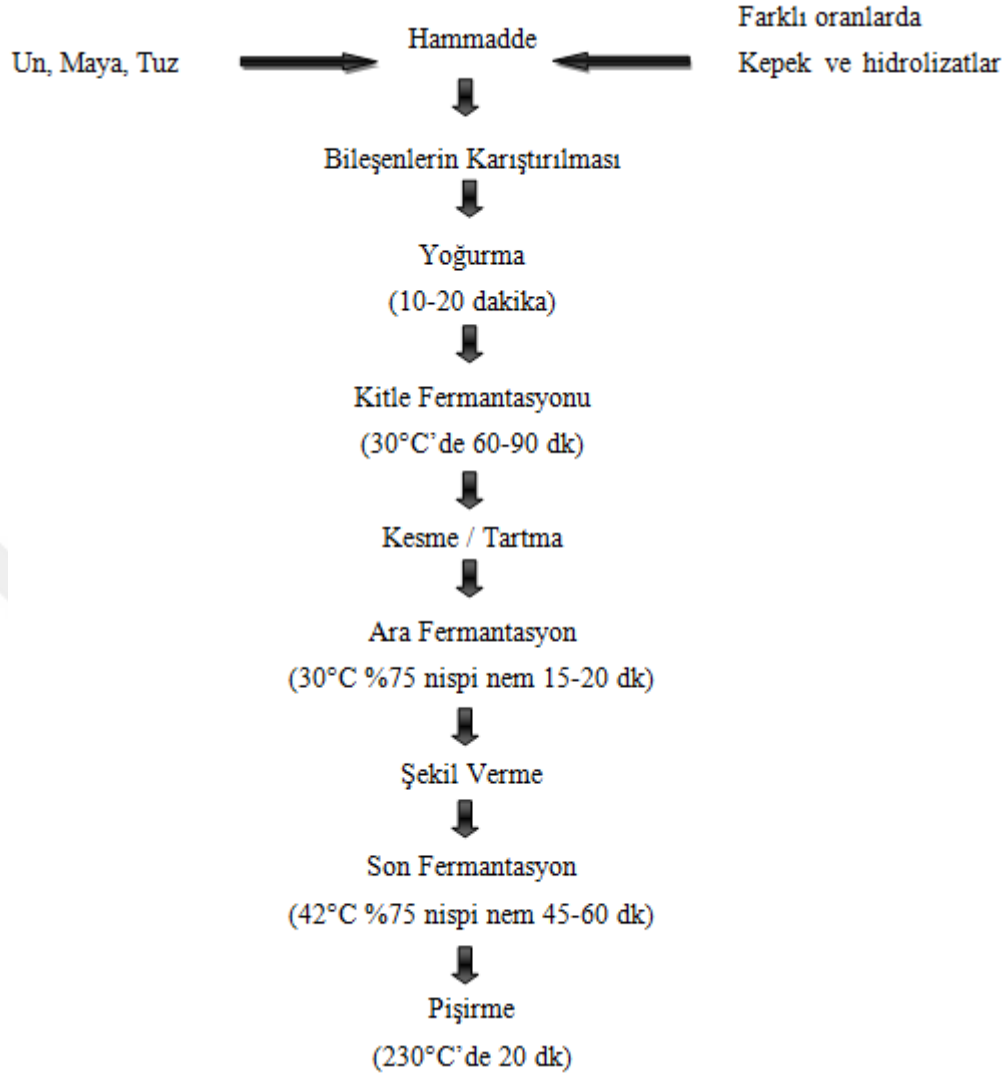
X= Hamur gramajı (g)

A= Ekmek kuru madde miktarı (%)

B= Ekmek gramajı (g)

C= Hamur kuru madde miktarı (%)

Kesilip tartılan ve yuvarlak yapılmış hamurlar işleme kolaylığı sağlanması açısından 30°C’de %75 nispi nemde 15-20 dakika ara fermantasyona tabi tutulmuştur. Fazla meydana gelen gaz çıkışını sağlayıp ve ekmeğe istenilen şekli verdikten sonra hamurlar önceden yağlanmış özel ekmek kalıplarına (10*13*6*8*5cm) yerleştirilerek (Ek 7.12) 42°C’de %75 nispi nemde 45-60 dakika son fermantasyona tabi tutulmuştur. Fermantasyon sonucunda maksimum hamur yüksekliğine ulaşan hamurlar 230°C’de konveksiyonlu buharlı (%60 nispi nem) fırında 20 dakika süreyle pişirilmiştir. Üretilen ekmekler analize alınmadan önce oda koşullarında 5 saat soğumaya bırakılmıştır.



Şekil 3.2. Ekmek üretim akım şeması

3.2.15. Ekmek analizleri

Ağırlık ve hacim analizi

Üretilen ekmekler fırından çıkarıldıktan sonra 5 saat oda koşullarında soğumaya bırakılmış ve ardından 3 paralel olacak şekilde ağırlıkları ölçülmüştür. Ekmeklerin hacimleri ebatları bilinen bir kabın içerisinde fiğ tohumu yardımıyla yer değiştirme prensibine göre tespit edilmiştir. Ekmeklerin spesifik hacim değerleri ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanması ile hesaplanmıştır (Elgün ve ark., 2005).

Tekstür analizi

Üretilen ekmeklerin farklı zaman aralıklarında sertlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, tekstür analiz cihazı (Zwick Z0.5, Almanya) kullanılarak, 10 mm'lik baskı derinliğinde 2 cm çapında yuvarlak başlık kullanılarak Aydın ve Öğüt (1991)'e göre sertlik değeri (Newton/cm²) belirlenmiştir (Çizelge 3.2). Fırın çıkışından 5 saat sonra soğuyan örnekler polietilen torbalarda paketlenmiştir. 0, 24, 48 ve 72 saat sonunda ekmek paralellerinden 3 tanesi polietilen torbalarından çıkarılarak testere ağızlı bıçak ile özel yapılmış kalıbı içinde 20 mm kalınlığında 5 dilime kesilmiştir. Kenarlarda kalan dilimler uzaklaştırıldıktan sonra tekstür analiz cihazı ile sertlik değeri tespit edilmiştir.

Çizelge 3.2. Tekstür analiz cihazı çalışma koşulları

Ayarlar	Değerler
Vtest	35.0 mm/dk
Vreturn	500 mm/dk
Vpos1	500 mm/dk
Vpos2	10 mm/dk
Lmax	10 mm
Fv	0.1 N

Renk analizi

Ekmeklerin kabuk ve iç rengi Hunter kolorimetresi (Minolta, CR-300, NJ, Amerika Birleşik Devletleri) kullanılarak ölçülmüştür (Singh ve ark., 2005). Cihaz standart beyaz plaka kullanılarak kalibre edildikten sonra örneklerin L, a ve b değerleri ölçülmüştür. ΔE (toplam renk farklılığı) değeri Eşitlik 3.7. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta E = \{ (L - L_{ref})^2 + (a - a_{ref})^2 + (b - b_{ref})^2 \}^{1/2} \quad (3.7)$$

Beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları

Ekmeklerin toplam glikoz (TG), hızlıca kullanılabilir glikoz (HKG), toplam nişasta (TN), hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) içerikleri ile nişasta hidroliz indeksi (NHI) değerleri Englyst ve ark. (1992) tarafından geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan in vitro sindirim yöntemi takip edilmiştir. Beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları analizi akım şeması Ek7.10'da verilmiştir.

Örnekler tartılmadan önce havanda öğütülmüş ve öğütülen örnekler tartılarak (1 ± 0.01 g) 15 ml hacimli cam deney tüplerine aktarılmış ve üzerine sindirim sisteminin viskozitesini simüle etmek için 50 mg guar gamı ve midedeki mekanik sindirimi simüle etmek için 15 adet 4 mm'lik cam boncuk ve 4 ml asetat tamponu (0.5 M, pH 5.2 ve 5 mM CaCl₂ içeren) ilave edilerek homojen süspansiyon oluşturmak amacıyla vorteksle 30 sn karıştırılmıştır. Tüplerin sıcaklığının 37°C'ye ayarlanması için çalkalamalı su banyosunda (37°C'de 10 dk, Memmert, Almanya) bekletilmiştir. Tüplerin içerisine hidrolitik enzim karışımından (0.90 g pankreatin-Sigma P7545) 4 ml suda çözündürülmüş ve magnetik karıştırıcıda 10 dakika karıştırılmıştır. Ardından 1500 g'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve süpernatantı ayrılmıştır. Pankreatin süpernatantından 2.7 ml alınıp üzerine 0.3 ml amiloglikozidaz (0.32 ml amiloglikozidaz üzerine 0.4 ml distile su ilave edilerek dilüsyon yapılmış) ve 0.2 ml invertaz (10 mg/ml) ilave edilmiş ve vorteksle karıştırılmıştır) 1 ml ilave edilmiş ve çalkalamalı su banyosunda 37°C'de 160 devir/dk çalkalama yönünde yatay konumda 120 dakika çalkalanmıştır. Böylece örneklerdeki sakkaroz ve nişastanın hidrolizi gerçekleştirilmiştir. Çalkalanan tüplerden 20. ve 120. dakikalarda 0.2 ml örnek alınmış ve 4 ml %95'lik etanol içeren tüplere aktarma yapılarak vortekslenmiş ve reaksiyon durdurulmuştur (**G20, G120**). 120 dakikalık çalkalamalı inkübasyondan sonra örneklerdeki nişastanın tamamen çirşlendirilmesi için tüpler kaynar su banyosunda 30 dakika bekletilmiş ardından hemen buzlu su içerisinde 15-20 dakika ($\sim 0^{\circ}\text{C}$) soğutulmuş ve vorteksle karıştırılmıştır. Tüplere 7M KOH çözeltisinden 10 ml ilave edildikten sonra buzlu su içeren su banyosunda ($\sim 0^{\circ}\text{C}$) 160 devir/dk yatay konumda 30 dakika çalkalanmıştır. Süre sonunda 1 ml örnek alınmış ve 10 ml 0.5M asetik asit içeren tüplere aktarılarak

vorteksle karıştırılmış ve nişastanın tamamen hidrolizini sağlamak için tüplere 40 µl amiloglikozidaz (megazyme, 3300 U/ml) (1:7 oranında distile su ile seyreltilmiş enzim karışımı) ilave edilmiş ve 70°C’de 30 dakika inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonunda tüpler su banyosundan alınarak kaynar su banyosunda (~100°C) 10 dakika bekletilmiş hemen ardından oda sıcaklığına soğutulmuştur. Soğutulan örnekleri seyreltmek için 40 ml saf su eklenmiştir (TG). G20, G120 ve TG içeren fraksiyonlar 4000×g’de 10 dakika santrifüjlenmiş (Boeco U-32R, Almanya) ve süpernatantlarda ki glikoz miktarları glikoz oksidaz peroksidaz (GOPOD) yöntemi ile belirlenmiştir. Toplam Nişasta (TN), Hızlı Sindirilebilir Nişasta (HSN), Yavaş Sindirilebilir Nişasta (YSN), Dirençli Nişasta (DN), Nişasta Hidroliz İndeksi aşağıdaki gibi hesaplanmıştır

$$TN = (TG - SG) \times 0.9$$

$$HKG = G20$$

$$HSN = (G20 - SG) \times 0.9$$

$$YSN = (G120 - G20) \times 0.9$$

$$DN = TN - (HSN + YSN)$$

$$NHI = (HSN / TN) \times 100$$

Serbest glikoz miktarı

Örnekler tartılmadan önce havanda öğütülmüş ve öğütülen örnekler tartılarak (1±0.01 g) 15 ml hacimli cam deney tüplerine aktarılmış ve üzerine sindirim sisteminin viskozitesini simüle etmek için 50 mg guar gamı ve midedeki mekanik sindirimi simüle etmek için 15 adet 4 mm’lik cam boncuk ve 4 ml asetat tamponu (0.5 M, pH 5.2 ve 5 mM CaCl₂ içeren) ilave edilerek homojen süspansiyon oluşturmak amacıyla vorteksle 30 sn karıştırılmıştır. Tüplerin sıcaklığının 37°C’ye ayarlanması için çalkalamalı su banyosunda (37°C’de 10 dk) bekletilmiştir. Ardından tüplere 0.2 ml invertaz (300 U/mg’lik invertazdan 50 mg tartılıp 5 ml distile suda çözündürülmüştür) ilave edilmiş çalkalamalı su banyosunda 37°C’de 160 devir/dk yatay konumda 120 dakika çalkalanmıştır. 120. dakikada 0.2 ml örnek alınmış ve 4 ml %95’lik etanol içeren tüplere aktarma yapılarak vortekslenmiş ve reaksiyon durdurulmuştur (SG). Ardından tüpler 4000×g’de 10 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatantlarda ki glikoz miktarları GOPOD yöntemi ile belirlenmiştir. Analiz akım şeması Ek 7.11’de verilmiştir.

Glikoz oksidaz peroksidaz (GOPOD)

Glikoz miktarları glikoz analiz kiti (Biyozim, Türkiye) kullanılarak tespit edilmiştir. Beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları ve serbest glikoz miktarı analizlerinden elde edilen örneklerden ve standartlardan test tüplerine 0.05 ml alınarak 37°C’de su banyosunda analiz sıcaklığına ulaşınca kadar bekletilmiştir. Ardından örneklerin üzerine 0.05 ml glikoz analiz reaktifi (Glikoz oksidaz, Peroksidaz, 4-Aminoantipirin 0.2 mM), 0.40 ml glikoz analiz tamponu (0.4 M Potasyum dihidrojen fosfat, 0.2 mM fenol) ve son hacim 2.50 ml olacak şekilde destile su ilave edildikten sonra 37°C’de 20 dakika su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 505 nm’de spektrofotometrede absorbens değerleri kaydedilmiş sonuçlar mg/ml cinsinden hesaplanmıştır.

D(+)glikoz standardı kullanılarak farklı derişimlerdeki glikoz çözeltileri ile kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur.

Diyet lifi tayini

Ekmeklerin toplam diyet lifi (TDL) ve çözünmeyen diyet lifi (ÇZDL) içerikleri standart AOAC–991.43 (AOAC, 2000) ve AACC–32-07 (AACC, 2004) metotları takip edilerek ve diyet lifi analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Diyet lifi analizi akım şeması Ek 7.9’da verilmiştir.

Havanda öğütülen örneklerden 1.000±0.005 g örnek 100 ml’lik ağzı kapaklı cam tüplere aktarılmış üzerine 40 ml MES-TRİS tamponu (pH 8.2) ilave edilmiştir. Örneklerin tamponda tamamen çözünmesi için magnetik karıştırıcı da 10 dk karıştırılmıştır. Ardından 50 µl ısıya dayanıklı α-amilaz (3000 U/ml) ilave edilmiş ve 30 dk çalkalamalı su banyosunda 98-100°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda örnekler su banyosundan alınmış 10 ml destile su ile cam tüpün kenarında kalan kalıntılar örneğe dahil edilmiş ve karışım 60°C’ye soğutulmuştur. Soğutulan karışıma 100 µl proteaz solüsyonu (350 tirozin U/ml) ilave edilerek 60°C’de 30 dakika çalkalamalı su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda karışıma 5 ml 0.561 N’lik HCl ilave edilerek pH 4.1-4.8 aralığına getirilmiştir (pH da aşırı düşme meydana

gelmesi durumunda %5'lik NaOH ile ayarlama yapılmıştır). Uygun pH düzeyi ayarlandıktan sonra karışıma 200 µl amiloglikozidaz (3300 U/ml) ilave edilmiş ve 60°C'de 30 dk çalkalamalı su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. Celite 545 ile birlikte kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş goach krozeleri (40-60 µm gözenekli) süzme işleminden önce yaklaşık 3 ml destile su ile yıkanmış ve ardından karışım vakum yardımıyla süzümüştür. Ardından 10 ml 70°C'lik destile su ile cam kabın içinde kalan kalıntılar yıkanarak ana örneğe dahil edilmiştir. Ardından örnekler 10 ml %95'lik etanol ve 10 ml aseton olmak üzere iki defa yıkanmış ve süzümüştür. Süzme işleminden sonra krozeler 103°C'lik etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Kurutulan örnekler 3.2.3 ve 3.2.4'e kül ve toplam protein analizi gerçekleştirilmiştir. Tortu ağırlığından kül ve toplam protein miktarları çıkarılarak çözünmez diyet lifi miktarı hesaplanmıştır.

Süzme işleminden arta kalan sıvı kısım (filtrat) çözünür diyet lifinde kullanılmıştır. Elde edilen filtratlara ağırlıklarının 4 katı olacak şekilde 60°C'de %95'lik etanol ilave edilmiş ve 1 saat boyunca oda koşullarında çökelti oluşması için bekletilmiştir. Süre sonunda celite 545 ile birlikte kurutulmuş ve sabit tartıma getirilmiş goach krozeleri (40-60 µm gözenekli) vakum yardımıyla süzme işlemine geçilmiştir. Süzme işleminde öncelikle krozelerden 15 ml %78'lik etanol geçirilmiş ve ardından filtrat süzümüştür. Krozelerde kalan kalıntı üzerinden 2 defa ayrı ayrı olmak üzere sırasıyla 15 ml %78'lik etanol, 15 ml %95'lik etanol ve 15 ml aseton ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ardından krozeler 103°C'lik etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Kurutulan örnekler 3.2.3 ve 3.2.4'e kül ve toplam protein analizi gerçekleştirilmiştir. Tortu ağırlığından kül ve toplam protein miktarları çıkarılarak çözünür diyet lifi miktarı hesaplanmıştır.

Toplam fenolik madde tayini

Toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde ve toplam antioksidan madde tayinlerinde kullanılmak üzere kepek ve ekmek örnekleri ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. 25 g örnek üzerine 50 ml %50'lik aseton ilave edilmiş ve 1 saat çalkalanmış ve ardından aseton ayrılmıştır. Bu işlem 3 defa tekrar edilmiştir ve

asetonlar birleştirilmiştir. Ardından 2500xg'de 10 dk santrifüj (Boeco U-32R, Almanya) edilmiş ve süpernatant 45°C'de yaklaşık 10 ml kalana kadar evapore edilmiş ve son hacim destile su ile 25 ml'ye tamamlanan ekstraktlar kullanılmaya kadar -18°C'de depolanmıştır (Eberhardt ve ark., 2000).

Hidrolizatlarda ve ekmeklerde toplam fenolik madde içerikleri 2 N Folin- Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılarak Singleton ve ark., (1965) tarafından tanımlanan yöntemle göre belirlenmiştir. 2 N 100 µl Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı, 100 µl ekstrakt veya 100 µl standart gallik asit çözeltileri, 2,3 ml saf su ve 1 ml %7 sulu sodyum karbonat çözeltisi karıştırılmış, oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiş ve 750 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüş ve sonuçlar "gallik asit eşdeğeri" olarak açıklanmıştır.

Toplam flavonoid madde tayini

Toplam flavonoid madde tayini Li ve ark. (2015) tarafından tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır. 0.5 ml ekstrakt ve standart çözeltilere 2 ml saf su ve 0.15 ml %5 NaNO₂ ilave edilerek karıştırılmış, 5 dakika inkübasyondan sonra, 0.15 ml %10 AlCl₃ ilave edilerek karıştırılmış ve tekrar 5 dakika beklenmiştir. Örnek 1 ml 1M NaOH ile karıştırıldıktan sonra 15 dakika boyunca reaksiyona girmesi için beklenmiş ve absorbansı 415 nm'de spektrofotometrede (Perkin Elmer UV/Vis spectrometer, Lambda EZ 201, CA, ABD) okuması yapılarak toplam flavonoid miktarları belirlenmiştir. Standart olarak etanolde hazırlanmış 200 mg/l kuersetin çözeltisi kullanılmış ve sonuçlar "kuersetin eşdeğeri" olarak ifade edilmiştir.

Toplam antioksidan aktivite tayini

Kaba kepek hidrolizatlarında ve ekmeklerde antioksidan tayini aşağıdaki 3 yöntemle belirlenmiştir.

Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP): FRAP yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Benzie ve Strain (1996) tarafından tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır. Örnekler (100 µl) veya uygun konsantrasyonda ki troloks standart çözeltisi (100 µl) ve 2900 µl çalışma solüsyonu (20 mM sodyum asetat (pH 3.6) tampon çözeltisi, 20 mM

sulu demir (III) klorür çözeltisi ve 10 mM sulu TPTZ çözeltisi 10/1/1 oranında karıştırılarak FRAP çalışma çözeltisi elde edilmiştir) karıştırılmış ve 30 dk karanlık oda koşullarında bekletilmiştir. Süre sonunda 593 nm’de spektrofotometrede absorbans değerleri kaydedilmiş sonuçlar “trolox eşdeğeri” cinsinden verilmiştir.

Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC): TEAC yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Re ve ark. (1999) tarafından açıklanan yöntemle göre yapılmış ve örneklerin TEAC değerleri “mmol troloks eşdeğeri” olarak hesaplanmıştır. 7 mM sulu ABTS çözeltisi ve 2.45 mM sulu potasyum persülfat çözeltisi karışımı (1/1, v/v) 12-16 saat süreyle koyu renkli şişede +4°C’de reaksiyona bırakılarak ABTS radikal katyonu (ABTS'+) stok çözeltisi elde edilmiştir. Analizler öncesinde ABTS'+ stok çözeltisi 20 mM sodyum asetat (pH 4.5) ile farklı oranlarda seyreltilmiş ve 734 nm’de 0.700 (±0.02) absorbans değeri ayarlanmıştır. (ABTS'+ çalışma çözeltisi). Bekletilen çözelti Na-Asetat tamponu (20 mM, pH 4.5) ile 100 µl ekstrakt veya troloks standart çözeltileri (100 µl) üzerine 2900 µl çalışma solüsyonu ilave edilmiş ve 30 dk karanlıkta bekletildikten sonra 734 nm’de absorbans değerleri okunmuş sonuçlar “trolox eşdeğeri” cinsinden verilmiştir.

DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi: DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemiyle antioksidan kapasite tayini Brand-Williams ve ark. (1995) tarafından açıklanan yöntemle göre yapılmıştır. 50 µl ekstrakt veya troloks standart çözeltileri (50 µl) üzerine 1.95 ml 100µM DPPH ilave edilmiş ve karıştırıldıktan sonra 10 dk bekletilmiştir. Ardından 517 nm’de absorbans değerleri okunmuş ve sonuçlar “trolox eşdeğeri” cinsinden verilmiştir.

Duyusal analiz

Ekmekler üzerindeki duyusal değerlendirmelerde 30-50 yaş aralığında 10 panelist ile gerçekleştirilen duyusal değerlendirme de ekmeklerin; simetri, kabuk rengi, kabuk görünümü, gözenek yapısı, ekmek içi rengi, çiğnenebilirlik ile tat ve aroma kriterleri toplamda 100 puan olacak şekilde geliştirilmiş (Çoşkuner, 2003) ve kullanılan duyusal analiz formu Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Örnek duyusal analiz formu

Tanımlama		Örnek kodu	Örnek kodu	Örnek kodu
1. EKMEĞİN ŞEKLİ VE SİMETRİ DURUMU	Puan			
Ekmeğin simetrisi ve kalınlığı her yerinde eşit	10			
Ekmeğin bir bölgesinde simetri yok	8			
Ekmeğin birkaç bölgesinde simetri yok	6			
Ekmeğin yarısından fazlasında simetri yok	4			
Ekmekte simetri yok ve kalınlık eşit değil	2			
2. EKMEK KABUK RENGİ				
Kahverengi- sarı	10			
Açık kahverengi - parlak koyu sarı	8			
Açık kahverengi – sarı	6			
Koyu kahverengi – açık sarı	4			
Koyu kahverengi	2			
3. EKMEĞİN KABUK GÖRÜNÜMÜ				
Kabuk düzgün, yüzeyde çatlaklar yok	10			
Kabuk düzgün, yüzeyde birkaç çatlak var	8			
Kabuk düzgün, yüzeyde çatlaklar var	6			
Kabuk düzgün değil çok sayıda çatlak ve yapı bozukluğu var	4			
4. GÖZENEK YAPISI				
Gözenek yapısı oldukça düzenli, homojen	15			
Gözenek yapısı düzensiz: Büyük gözenekler ve farklı boyutlarda çok sayıda gözenek var	10			
Gözenek yapısı mevcut değil (belirgin değil)	5			
5. EKMEK İÇİ RENGİ				
Beyaz - açık krem renğinde	20			
Krem renğinde	16			
Sarımsı - koyu krem renğinde	12			
Sarı - açık kahverengi	8			
Koyu sarı veya esmer	4			
6. ÇİĞNENEİLİRLİK				
Çiğnenmesi kolay, ağızda kalıntı bırakmıyor	15			
Çiğnerken az yapışkan veya parçalanma zor ve ağızda kalıntı bırakıyor	10			
Çiğneme esnasında çok yapışkan ve hamurumsu veya çok kuru, çok zor parçalanıyor ve ağızda kalıntı bırakıyor	5			
7. TAT ve AROMA				
Çok iyi, tipik kendine özgü tat ve aromaya sahip	20			
İyi, tipik kendine özgü tat ve aromaya sahip	16			
Kabul edilebilir	12			
Kötü, yabancı tat ve aromaya sahip	8			
Tüketilmeye uygun değil	4			
8. TÜKETİCİ OLARAK HANGİ EKMEK YA DA EKMEKLERİ TERCİH EDERSİNİZ	X			

3.2.16. İstatistiksel Analiz

Sonuçlar 2 paralel 3 tekerrür olarak elde edilmiştir. SPSS istatistiksel bilgisayar programı sonuçları analiz etmek amacıyla kullanılmış ve (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. Deneyleerde bulunan değerler, Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kaba ve İnce Kepeğin Kompozisyonu

Öğütmede yan ürün olarak açığa çıkan ve zengin bir bileşime sahip olan buğday kepeği son yıllarda insan beslenmesinde popüler bir ürün olmuştur. Üretim hattında kepek genel olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Kaba kepek kırma sistemi sonunda elde edilen kaba materyal, ince kepek ise redüksiyon sisteminin son kademelerindeki elek üstü materyaldir (Özkaya ve Özkaya, 2005). Her ikisi de temel olarak selüloz ve kısmen nişasta hidrolizinden ileri gelen glukan ve ksilandan oluşmakta ve bunu lignin takip etmektedir. Çalışmada incelenen buğday kaba ve ince kepeklerinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 4.1’de verilmiştir. KK’da hemiselüloz ve kül miktarının İK’den daha fazla olduğu toplam lignin içeriğinin %13.7 (%7.51 klason, %6.14 asit çözümlü lignin) olduğu ve hem asitte çözümlü hem de asitte çözünmez lignin (klason) içeriğinin de İK’ten yüksek olduğu görülmektedir. Asetik asit içeriği İK’den fazla iken, üronik asit içeriği ise daha düşük bulunmuştur. KK’nın toplam yağ içeriği İK’dan düşük selüloz ve protein miktarı ise daha yüksek tespit edilmiştir.

Kaba ve ince kepek karışımlarından yapılacak olan ekmeğin kalitesi ve yapısı hakkında bir ön bilgi edinmek amacıyla öncelikle sedimantasyon testi yapılmıştır. Standart unda 36 ml olan sedimantasyon değeri farklı oranlarda kaba kepek ilavesi ile sırasıyla 20.5, 15 ve <10 ml olarak belirlenirken ince kepek ilavesi ile 24, 18.5 ve 13.5 ml olarak tespit edilmiştir. Fazla miktarda gluten ihtiva eden unlarda çökme yavaş olduğundan sedimantasyon değeri de yüksek olmaktadır. Unların bir kısmı kepeklerle yer değiştirildiğinden ve örneklerdeki un miktarı da azaldığından gluten miktarı da azalmış ve standarda göre sedimantasyon değeri düşmüştür. Bu düşüşün kaba kepekte ince kepeğe göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1. Kaba ve ince kepeğin kompozisyonları

Bileşen	Oran (g/100 g kuru ağırlık)	
	Kaba Kepek	İnce Kepek
Glukan	25.6±0.3	29.6±2.5
Ksilan	24.0±0.1	16.6±4.4
Arabinan	12.1±0.1	7.52±2.68
Asetik asit	0.01±0.00	0.001±0.000
Üronik asit	3.16±0.11	5.33±0.00
Klason lignin	7.51±0.15	2.23±0.03
Asit çözümlü lignin	6.14±0.17	5.53±0.07
Ham selüloz	13.1±0.1	4.7±0.2
Protein	14.6±0.3	12.5±0.4
Yağ	2.57±0.06	3.52±0.05
Kül	6.69±0.03	4.04±0.03

Maes ve Delcour (2002) yaptıkları çalışmada buğday kepeğinin %17 protein, %51.7 selülozik olmayan şeker kalıntıları, %5.9 kül, %11 selüloz, %6 yağ, %10 lignin ayrıca %28.5 glikoz, %16.9 ksiloz ve %10.1 arabinoz içerdiğini belirlemişlerdir. Buğday kepeğinin kimyasal bileşiminin incelendiği bir başka çalışmada ise %18.9 protein, %6.8 nişasta, %6.9 kül, %29 glikoz, %22.1 ksiloz, %10.7 arabinoz ve %8.9 lignin tespit edilmiştir (Koegelenberg ve Chimphango, 2017). Farklı çalışmalarda şeker kompozisyonu incelenen buğday kepeğinde; %8.87 arabinoz, %13.94 ksiloz (Messia ve ark., 2016), %42.5 glikoz, %15.4 ksiloz, %3.1 arabinoz, %2.7 galaktoz ve %3.4 klasonda lignin (Lequart ve ark., 1999) tespit edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan KK'lar protein ve yağ içeriği bakımında literatürde kullanılan kaba kepeklere göre az da olsa düşük düzeyde bulunurken ksilan içeriği bakımından ise literatürden yüksek bulunmuştur. KK'nın elde edildiği buğday çeşidinin, yetiştiği bölgenin, kepek boyutlarında ve üretim metotlarındaki farklılıklar KK'nın kompozisyonunda farklılıklara neden olmaktadır (Verma ve ark., 2009).

4.2. Kaba ve İnce Kepeğin Fonksiyonel Özellikleri

Gelişen yaşam koşulları ile insanlar daha sağlıklı ve fonksiyonel ürünlere eğilim göstermektedir. Bu bağlamda fenolik madde içeriği ile buğday kepeği dikkat çekmektedir. Çalışmada kullanılan kaba ve ince kepeğin toplam fenolik içerikleri incelenmiştir. Lignin bitki hücre duvarlarında bulunan p-kumaril, koniferol (guasil) ve sinapil (şiringil) alkol birimlerinin ester, eter ve karbon-karbon bağlarıyla bağlanmasıyla oluşan heterojonik aromatik bir polimerdir (Bugg ve ark., 2011). p-Kumarik asit ve ferulik asit gibi fenolik asitler lignin ve polisakkaritler ile çapraz bağlanmaktadır (Sun ve ark., 1997). Buğday kepeğinde baskın fenolik asit ferulik asit olsa da (Koh ve Ng, 2009), yapısındaki aromatik bileşiklerinin türevlerinde yapılan çalışmalarda yaygın miktarda tespit edilmiştir. Bu nedenle sonuçlar 7 farklı asit eşdeğeri cinsinden Çizelge 4.2’de sunulmuştur. İnce kepeğin toplam fenolik madde içeriği kaba kepeğe göre daha fazla bulunmuştur. Bu durumun ince kepekteki yüzey alanının artışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Unun ise fenolik madde içeriği her iki kepek örneğine göre daha düşüktür.

Çizelge 4.2. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun toplam fenolik madde içerikleri

Toplam Fenolik Madde (mg /100 g)	Kaba Kepek	İnce Kepek	Un *
Gallik Asit Eşdeğeri	124.55±2.23 ^b	151.83±3.76 ^a	59.14±1.76 ^c
Kafeik Asit Eşdeğeri	57.12±1.02 ^b	69.58±1.71 ^a	27.35±0.80 ^c
4-Hidroksibenzoik Asit Eşdeğeri	173.75±3.19 ^b	212.73±5.37 ^a	80.30±2.52 ^c
Vanilik Asit Eşdeğeri	124.57±2.23 ^b	151.85±3.76 ^a	59.15±1.76 ^c
Ferulik Asit Eşdeğeri	123.42±2.23 ^b	150.70±3.76 ^a	58.01±1.76 ^c
4-Hidroksisinamik Asit Eşdeğeri	130.21±2.23 ^b	157.49±3.76 ^a	64.79±1.76 ^c
4-Hidroksi-3,5 Dimetoksi Benzoik Asit Eşdeğeri	184.37±3.19 ^b	223.34±5.37 ^a	90.92±2.52 ^c

a,b,c aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05).

*Un %76 randıman ile üretilmiştir.

Yapılan bir araştırmada buğday kepeğinin toplam fenolik madde iğeriği 1258-3157 ($\mu\text{g GE/g}$) olarak tespit edilmiştir (Vaher ve ark., 2010). Brewer ve ark. (2014) ise toplam fenolik madde içeriklerini inceledikleri örneklerde 0.45-0.64 mg FAE/g olarak tespit etmişlerdir. Farklı ęalıřmalarda buğday kepeğinin toplam fenolik madde iğeriği 1.24 mg GE/g (Zhu ve ark., 2010), 2800-5643 mg GE/kg (Vitaglione ve ark., 2008) olarak tespit edilmiştir. 20 farklı buğday tipinin kepeklerinin incelendiği bir ęalıřmada toplam fenolik madde iğeriği 2700-3500 $\mu\text{g GE/g}$ (Moore ve ark., 2006) bulunmuştur. Kepek boyut büyüklüğü, ekstraksiyonda kullanılan ęözücü ve diğer parametreler ekstrakte edilen fenolik madde miktarını etkilemektedir (Rosa ve ark., 2013; Brewer ve ark., 2014). ęalıřmamızda elde edilen kaba ve ince kepeklerin fenolik madde iğeriklerindeki farklılığın kepek boyutunun büyüklüğünden veya ekstraksiyon yönteminden kaynaklandığı düşünölmektedir (Rosa ve ark., 2013).

Antioksidan kapasitesi biręok faktörden etkilendiğinden değerlendirilmesinde birden fazla yöntem kullanılması gerekmektedir (Song ve ark., 2010). DPPH (serbest radikallerini süpürme kapasitesi), antioksidan kapasitesini ölçmede kullanılan ve menekşe rengindeki 2-2-difenil-1-pikrihidrazil radikalinin 2-2-difenil-1-pikrihidrazine dönüşmesi esnasında kaybolan rengin spektrofotometrede ölçülmesi esasına dayanmaktadır (Suresh Kumar ve ark., 2013). Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi, ABTS⁺ radikali süpürme kapasitesi hem lipofilik hem de hidrofilik özellikte olan bileşenlere uygulanabilen mavi-yeşil renkli ABTS⁺ radikal katyonunun renk kaybı esasına dayanmaktadır (Re ve ark., 1999; Prior ve ark., 2005; Okan ve ark., 2013). Demir indirgeme yöntemi ile antioksidan kapasitesi ferik iyonlarını(III) ferrous(II) iyonlarına indirgenmesi esnasındaki renk değişimi esasına dayanır (Song ve ark., 2010). KK, İK ve unun DPPH, TEAC/ABTS⁺ ve FRAP yöntemleri ile ölçölen antioksidan aktivite değerleri ęizelge 4.3'de sunulmuştur. Her üç yöntemde de ölçölen en yüksek antioksidan aktivite İK'e aittir. Un ise en düşük antioksidan aktiviteye sahiptir. Antioksidan aktivite analizlerinin ve fenolik/flavonoid madde analizlerinin sonuçları paralellik göstermektedir. İnce kepeğin paręacık boyutu daha küçük olup ekstraksiyon esnasında daha fazla yüzey alanına sahip olduğundan daha fazla antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşiklerin ekstrakta geğmesi antioksidan aktiviteyi de artırmaktadır.

Çizelge 4.3. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun toplam flavonoid ve antioksidan içerikleri

	Kaba Kepek	İnce Kepek	Un
Toplam Flavonoid (mg KE/100 g)	52.36±1.50 ^b	69.55±2.32 ^a	6.27±0.04 ^c
DPPH (µmol TE/100 g)	3.09±0.07 ^b	4.05±0.31 ^a	1.14±0.05 ^c
FRAP (µmol TE/100 g)	9.32±0.07 ^b	12.51±0.05 ^a	2.39±0.34 ^c
TEAC (µmol TE/100 g)	7.37±0.14 ^b	10.15±0.32 ^a	2.21±0.11 ^c

a,b,c aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Yapılan bir araştırmada, buğday kepeğinin toplam DPPH serbest radikallerini süpürme kapasitesi 120-310 µmol TE/g olarak tespit edilmiştir (Vaher ve ark., 2010). Farklı ekstraksiyon koşulları ile yapılan çalışmada, buğday kepeğinin %28.07 DPPH aktivitesine sahip olduğu rapor edilmiştir (Abozed ve ark., 2014). 7 farklı buğday türünün kepeklerinde yapılan çalışmada toplam DPPH serbest radikallerini süpürme kapasitesi %59.19-67.21 (% inhibisyon), toplam demir indirgeme kapasitesi (FRAP) 17.45-19.74 µmol TE/g, toplam oksijen radikali absorbans kapasitesi (ORAC) 45.02-124.29 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Zhou ve ark., 2004). Brewer ve ark. (2014) toplam DPPH serbest radikallerini süpürme kapasitesi %14.58-13.70 (% inhibisyon), toplam demir indirgeme kapasitesi (FRAP) 23.4-12.28 µmol FeSO₄/g, toplam oksijen radikali absorbans kapasitesi (ORAC) 3.03-33.05 µmol TE/g olarak tespit etmişlerdir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde çalışmamızda elde edilen veriler bakımından kaba ve ince kepeğin antioksidan içeriklerinde literatüre göre farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Uygulanan ekstraksiyon koşulları, buğday çeşidi ve kepek boyutu gibi etkenlerin farklı olması nedeniyle toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinde farklılıklar meydana gelmektedir.

Toplam flavonoid içeriği ise kepeklerin polifenol içeriğini yansıtmakta olup (Abozed ve ark., 2014), ince kepekte en yüksek oranda bulunmuştur. Kaba kepek ince kepek ile kıyaslandığında kaba kepeğin daha düşük düzeyde flavonoid içerdiği görülmektedir.

Unda ise toplam flavonoid içeriği ince kepek örneklerinin, onda birinden daha düşük olarak saptanmıştır. Brewer ve ark. (2014) toplam flavonoid içeriklerini 185.96 ile 206.74 µg kateşin/g olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen veriler, literatürden yüksek bulunmuştur.

Diyet lifi içeriği yüksek gıdalarda buğday kepeği ön sıralarda yer almaktadır. Çizelge 4.4’de kepeklerin ve unun toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi içerikleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Kaba kepeğin, ince kepeğin ve unun diyet lifi içerikleri

	Kaba Kepek %	İnce Kepek %	Un %
Toplam Diyet Lifi (ÇZDL+ÇDL)	63.96±0.58 ^a	33.77±0.09 ^b	0.89±0.02 ^c
Çözünmez Diyet Lifi (ÇZDL)	58.95±0.62 ^a	29.48±0.10 ^b	0.78±0.01 ^c
Çözünür Diyet Lifi (ÇDL)	5.01±0.04 ^a	4.29±0.02 ^b	0.11±0.01 ^c
ÇZDL/ÇDL	11.76	6.87	7.09

a,b,c aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kepeklerin partikül boyutu büyüdükçe ve endosperm kısmı uzaklaştırıldıkça içerdikleri diyet lifi miktarında artış olmaktadır. İK’de %33.77 olan toplam diyet lifi, KK’da %63.96’ya kadar yükselmiştir. Çözünmez diyet lifinin çözünür diyet lifine oranı incelendiğinde KK’nın 11.76 İK’nın ise 6.87 olduğu belirlenmiştir. ÇZDL/ÇDL lif oranı buğday kepeğinin fonksiyonel, diyetsetel, yapısal ve duyusal özellikleri açısından önemli göstergedir (Özkaya ve ark., 2017). Messia ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada buğday kepeğinin toplam diyet lifini %37.23 çözünmez diyet lifini %34.09 ve çözünür diyet lifini %3.10 olarak tespit etmişlerdir. Esposito ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada buğday kepeğinin çözünmez diyet lifini %35 ve çözünür diyet lifini %1.5 bulmuşlardır. Vitaglione ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada buğday kepeğinin %36.5-52.4 toplam diyet lif, %35.0-48.4 çözünmez diyet lifi, %1.5-4.0 arasında çözünür diyet lifi içerdiğini rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada da 100 g buğday kepeğinde %51.8 toplam diyet lifi tespit edilmiştir (Rosa ve ark., 2013). Çalışmamızda kullanılan kaba ve ince kepekler diyet lifi bakımından literatürle kıyaslandığında daha yüksek düzeyde diyet lifi içerdikleri tespit edilmiştir.

4.3. Kepeklerin Hidrotermal İşlemlerle Muamelesi

Ekmek üretiminde buğday kepeği kullanımı ile düşük hacim, bozuk gözenek yapısı, iç yapıda sertleşme ve alışılmışın dışında bir tat ve koku gibi istenilmeyen sorunlar meydana gelebilmektedir. Buğday kepeğinin neden olduğu teknolojik ve duysal sorunları gidermede farklı yöntemler kullanılmaktadır. Kepek parçacık boyutunun küçültülmesi (Glitsso ve Bach Knudsen, 1999; Wang ve ark., 2002), L-askorbik asit gibi un güçlendirici katkı maddelerinin kullanılması, hemiselülaz ve pentozanaz gibi hücre duvarını parçalayan enzimlerin ekme yapımında kullanılması (Wang ve ark., 2002; Katina ve ark., 2006), kepeğin kullanım öncesi fermente edilmesi (Katina ve ark., 2006) veya vital gluten takviyesi (Dizlek ve ark., 2013) gibi yöntemler ile meydana gelen sorunlar giderilmeye çalışılmaktadır. Alternatif bir yöntem de buğday kepeğinin hidrotermal işlemlerle yüksek sıcaklıkta muamelesidir.

Hidrotermal işlemler, buğday kepeğinin su varlığında belirli bir süre yüksek sıcaklıkta tutulması ile gerçekleştirilmektedir. Bu esnada hemiselüloz yapıların bir kısmı parçalanarak çözünür olarak hidrolizata geçmektedir. Ayrıca ekme üretiminde, teknolojik açıdan zarar veren selüloz, lignin gibi kısımlar katı atık bölümünde kalmaktadır. Hidrotermal işlemler herhangi bir kimyasala ihtiyaç duymaması ve kolay uygulanabilirliği ile bazı avantajlara sahip bir yöntemdir (Garrote ve ark., 2002; Kabel ve ark., 2007).

Kaba kepek 130-160°C aralığında dört farklı sıcaklıkta 30 dakika süre ile su varlığında hidrolize edilmiştir ve elde edilen hidrolizatların bileşimi Çizelge 4.5'de verilmiştir. Sıcaklık artışına paralel olarak glikoz, arabinoz, ksilooligosakkarit ve furfural miktarlarında yükselmeler meydana gelmektedir. Glikoz miktarı sıcaklık artışıyla beraber artmış ve 160°C'de 0.88 g/L'ye yükselmiştir. Ksiloz miktarı, sıcaklığın artması ile artış göstermiş, 160°C'de ise azalmıştır. 130°C'de 0.46 g/L olan ksiloz miktarı 150°C'de 0.98 g/L seviyesine kadar, arabinoz içeriği ise 130 ve 140°C'de yakın değerler gösterirken 150°C'de 5 katlık bir artışla 0.55 g/L'ye, 160 C'de ise 10 katlık bir artışla 1.60 g/L seviyesine kadar yükselmiştir. 130-150°C aralığında hidrolizatların üronik asit ve asetik asit miktarları arasında önemli bir fark olmamasına rağmen,

160°C’de artmıştır. Hidrolizatların glukooligosakkarit ve ksilooligosakkarit miktarları, 150°C ve üzerindeki sıcaklıklarda önemli düzeyde artmıştır. 140°C’de 0.91 g/L olan ksilooligosakkarit miktarı, 150°C’de 2.6 katlık artışla 2.40 g/L düzeyine yükselmiştir (p<0.05). Artan sıcaklık derecesi ile şeker dehidratasyon ürünü olan furfural miktarlarında da artış meydana gelmektedir. 160°C’de elde edilen hidrolizatın diğer sıcaklıklara göre daha fazla furfural, asetik asit, üronik asit ve fenolik madde içermesi nedeniyle, ekmeğin üretimi esnasında maya gelişimi ve diğer biyokimyasal faaliyetler üzerinde olabilecek negatif etkileme potansiyeli bulunmaktadır. 150°C’de elde edilen hidrolizatta 130 ve 140°C’de elde edilen hidrolizatlara göre furfural, üronik asit ve fenolik madde içeriklerinde de önemli bir artış gözlenmemiş; ancak oligosakkarit ve indirgen şeker içeriği daha yüksek bulunmuştur. Bu sıcaklıkta elde edilen hidrolizatın maya gelişimi ve diğer biyokimyasal faaliyetleri pozitif yönde destekleyebilecek potansiyeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.5. Farklı sıcaklıklarda uygulanan hidrotermal işlemler sonucunda elde edilen hidrolizatların bileşimi

Bileşen	Miktar			
	130°C	140°C	150°C	160°C
Glikoz (g/L)	0.12±0.01 ^d	0.47±0.12 ^c	0.63±0.01 ^b	0.88±0.14 ^a
Ksiloz (g/L)	0.46±0.02 ^c	0.81±0.20 ^{ab}	0.98±0.01 ^a	0.70±0.19 ^{ab}
Arabinoz (g/L)	0.13±0.01 ^d	0.16±0.00 ^c	0.55±0.01 ^b	1.60±0.01 ^a
Asetik asit (g/L)	0.22±0.02 ^b	0.22±0.05 ^b	0.25±0.00 ^b	0.40±0.07 ^a
Glukooligosakkarit (g/L)	0.72±0.16 ^b	0.98±0.10 ^b	2.82±0.36 ^a	2.45±0.42 ^a
Ksilooligosakkarit (g/L)	0.28±0.05 ^c	0.91±0.07 ^b	2.40±0.26 ^a	2.67±0.37 ^a
Arabinoooligosakkarit (g/L)	0.04±0.00 ^c	0.35±0.07 ^b	0.68±0.12 ^a	0.35±0.08 ^b
Furfural (g/L)	0.27±0.00 ^d	0.29±0.00 ^c	0.30±0.00 ^b	0.32±0.00 ^a
Üronik asit (µg/L)	3.92±0.40 ^b	3.41±0.48 ^b	3.92±0.40 ^b	13.35±1.04 ^a

a,b,c,d aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05).

Farklı sıcaklıklarda uygulanan hidrolizasyon işlemi sonucunda arta kalan katı kısımların bileşimleri de incelenmiştir (Çizelge 4.6). Hidrolizasyon sıcaklık dereceleri yükseldikçe, arta kalan katı kısmın lignin içeriklerinde artış, karbonhidrat içeriklerinde ise azalmalar meydana gelmektedir. Bu azalma kepeklerin karbonhidrat içeriklerinin çözünür hale geçmesinden kaynaklanmaktadır. Toplam şekerlerin miktarı 130°C’de 54.42 g/100 g seviyesinde iken, sıcaklık artışı ile 160°C’de 28.47 g/100 g seviyesine kadar düşmüştür. Uygulanan sıcaklık derecelerinin asetik asit içeriğinde herhangi bir değişime neden olmadığı üronik asit, kül ve asitte çözünmez lignin içeriğinin ise sıcaklık artışına paralel olarak yükselme gösterdiği tespit edilmiştir. Hidrolizasyon sonrası arta kalan katı kısmın yapısında bulunan ksiloz miktarı sıcaklığın artması ile azalmış 130°C’de %24.13 olan ksiloz miktarı 160°C’de %12.11 seviyesine kadar düşmüştür. 130°C’de %13.78 olan arabinoz içeriği 160°C’de %5.71 seviyesine düşmüştür.

Çizelge 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan hidrolizasyon işlemi sonucunda arta kalan katı kısımların bileşimi

Bileşen		Miktar (g/100 g hidrolizasyon sonrası kalan katı kısım)			
		130°C	140°C	150°C	160°C
Şeker	Toplam	54.42	29.50	34.18	28.47
	Glikoz	16.51±0.48 ^a	8.10±2.05 ^c	12.12±2.34 ^{bc}	10.65±2.23 ^c
	Ksiloz	24.13±0.44 ^a	13.43±3.30 ^b	14.03±2.67 ^b	12.11±2.61 ^b
	Arabinoz	13.78±0.01 ^a	7.97±1.75 ^{bc}	8.03±1.42 ^{bc}	5.71±1.43 ^c
Asetik asit		0.01±0.01 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
Üronik asit		3.73±0.06 ^{bc}	3.51±0.02 ^{bc}	4.53±0.83 ^{ab}	4.96±0.41 ^a
Klason lignin		10.70±0.18 ^d	13.21±0.16 ^c	14.38±0.33 ^b	16.30±0.60 ^a
Asitte çözünür lignin		3.94±0.05 ^d	5.21±0.34 ^a	4.49±0.11 ^b	4.16±0.02 ^{cd}
Kül		0.44±0.01 ^c	0.44±0.01 ^c	0.55±0.00 ^b	0.61±0.00 ^a
Diğer		26.76	48.13	41.87	45.49

a,b,c,d aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Şimdiye kadar zeytin budama atıklarından (Cara ve ark., 2012), bira üretiminde kullanılan tahıllardan (Carvalho ve ark., 2004), badem kabuğundan (Nabarlatz ve ark., 2007), pirinç sapından (Moniz ve ark., 2014), ayçiçeği sapından (Akpınar ve ark., 2010), okaliptüs kabuğundan, pirinç kepeğinden, arpa kavuzundan (Parajo ve ark., 2004; Nabarlatz ve ark., 2007), mısır koçanından (Kabel ve ark., 2002), palmiye yapraklarından (Sabiha-Hanim ve ark., 2011), fındık kabuğundan (Surek ve Buyukkileci, 2017), bambudan (Xiao ve ark., 2013) olmak üzere hidrotermal ön işlem görmüş çeşitli lignoselülozik materyaller ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda farklı materyaller hidrotermal işlemlere tabi tutulmuş ve oluşan hidrolizatların bileşimleri irdelenmiş, oligosakkarit, ksilooligosakkarit veya ksiloz üretimleri gerçekleştirilmiştir. Surek ve Buyukkileci (2017) fındık kabuğundan en yüksek ksilooligosakkarit verimini 190°C'de 5 dakikalık hidrotermal işleme 3.70-3.75 g/L olarak tespit etmiş, sıcaklığın artması ile furfural ve asetik asit miktarlarının da artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Cara ve ark. (2012) zeytin budama atıklarından 180°C'de hidrotermal işleme en yüksek ksilooligosakkarit verimini %60.4 olarak belirlemiş ve farklı polimerizasyon derecelerinde ürünler elde etmişler, 220°C'ye kadar furfural miktarının yükseldiğini ve maksimum 3.3 g/L olduğunu rapor etmişlerdir. Nabarlatz ve ark. (2007) ise mısır koçanı, badem kabuğu, pirinç kabuğu, buğday ve arpa samanı gibi tarımsal atıklardan 179°C'de 23 dakikalık hidrotermal işleme maruz bırakmış ve ksilooligosakkarit üretimini %30-60 verim ile gerçekleştirmişlerdir. En yüksek asetik miktarının pirinç kabuğu (%1.7) ve badem kabuğunda (%2.2) olduğu, örneklerde en fazla %0.1 oranında furfural olduğunu tespit etmişlerdir. Sıcaklık artışı furfural ve asetik asit miktarını artırmış, bu çalışmada kullanılan sıcaklıklar ile daha düşük seviyelerde asetik asit ve furfural miktarına sahip hidrolizatlar elde edilmiştir.

4.4. Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Toplam Fenolik ve Antioksidan İçerikleri

Tahıllarda serbest ve bağlı fenolik maddeler özellikle perikarpın üst katmanında bulunmaktadır. Serbest fenolik maddeler organik solventler ile ekstrakte edilebilirken, arabinoksilanlara ve lignine ester/eter bağı ile bağlı fenolik maddelerin (Bunzel ve Steinhart, 2004) ayrılması için farklı yöntemler (asit, baz, sıcaklık vb.) gerekmektedir. Lignin; klason ve asitte çözümlenir lignin olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kepeğin

yapısında bulunan lignin yüksek sıcaklıklarda kısmen parçalanarak asitte çözünür lignini oluşturmaktadır. Bu esnada ligninden ayrılan bir kısım fenolik asitler serbest hale geçmektedir (Akpınar ve ark., 2012). Ligninin asitte çözünür kısmında bulunan fenolik asitler, üründeki fenolik madde miktarında ve antioksidan aktivitelerinde artışa neden olmaktadır. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içerikleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Hidrolizasyon sıcaklığında meydana gelen sıcaklık artışına paralel olarak, toplam fenolik madde içeriğinin 807.63 µg/ml’den 1983.15 µg/ml seviyesine kadar yükseldiği, 3 farklı yöntemle belirlenen antioksidan aktivite miktarlarının da benzer şekilde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Hidrolizasyon işlemi sırasından sıcaklığın etkisi ile yapıda bağlı durumda olan fenolik asitler serbest forma geçmekte fenolik madde miktarının artışına neden olmaktadır.

Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatların toplam antioksidan aktivite içerikleri

	130°C	140°C	150°C	160°C
Toplam fenolik (µg GE/ml)	807.63±5.26 ^d	1110.26±14.49 ^c	1156.84±9.24 ^b	1983.15±6.62 ^a
FRAP (µmol Trolox /L)	35.30±0.01 ^d	48.00±0.03 ^c	54.70±0.11 ^b	60.80±0.04 ^a
DPPH (µmol Trolox /L)	47.38±0.56 ^d	55.97±0.14 ^c	59.21±0.28 ^b	64.23±0.42 ^a
ABTS (µmol Trolox /L)	59.48±0.53 ^d	60.01±0.15 ^c	64.48±0.22 ^a	63.42±0.53 ^b

a,b,c,d aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Kim ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, buğday kepeğini asit ve alkali hidrolizasyona tabi tutarak fenolik madde içeriğindeki değişimleri incelemiş ve buğday kepeğinde 2.55 µg/g 4-hidroksibenzoik asit, 2.44 µg/g ferulik asit ve 3.20 µg/g vanilik asit bulunduğunu tespit etmişlerdir. Verma ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada farklı buğday çeşitlerinin kepeklerini asit ve alkali ile hidrolize etmişler ve kepeklerin DPPH aktivitesini asit

hidrolizasyonda %9.7-26.6, alkali hidrolizasyon da %15.0-17.4 arasında değiştiğini ABTS antioksidan aktivitesinin ise asit hidrolizasyonda 6.0-8.9 $\mu\text{mol TE}$, alkali hidrolizasyonda 8.6-10.9 $\mu\text{mol TE}$ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çalışmamızda üretilen hidrolizatların antioksidan aktiviteleri literatürden yüksek bulunmuştur.

Fenolik bileşiklerin sahip oldukları besinsel avantajların yanında hamur reolojisi üzerinde bazı karakteristik etkileri mevcuttur (Temple, 2000; Hsu ve ark., 2004). Yapılan çalışmalarda gluten proteinlerindeki disülfit bağlarının parçalanması ile serbest radikallerin oluştuğunu ve bu serbest radikallerin fenolik asitler ile reaksiyona girdiğini (Danno ve Hosoney, 1982; Okada ve ark., 1987), ayrıca optimum yoğurma sresinden sonra, hamurdaki gluten ağlarının zarar görmesine neden olduğu, böylece hamurun stabilitesinin düşürdüğü (Koh ve Ng, 2009) bildirilmiştir.

4.5. Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Reolojik zellikleri

Reolojik analizler unların ekmekçilik değerini incelenmesini sağlamaktadır (Dikici ve ark., 2006). Miksolab karıştırma ve ısıtma esnasında protein ve nişastanın hamurun reolojik özelliklerine katkısını tek bir testle belirlenmesine imkan sağlamaktadır (Hadnadev ve ark., 2011). Miksolab verilerinde C1; karıştırma boyunca ulaşılan maksimum torku, C2; mekanik yoğurma ve artan sıcaklığa bağlı olarak proteinlerdeki zayıflamayı, C3; nişasta jelatinizasyon oranını, C4; meydana gelen sıcak jel formunun stabilitesini, C5; soğutma süresince nişastanın retrogradasyonunu, C3-C4 farkı; amilaz aktivitesini, C5-C4 farkı ise son ürünün raf ömrünü göstermektedir (Svec ve Hruskova, 2015). Kaba kepek 4 farklı sıcaklıkta (130°C, 140°C, 150°C ve 160°C) 30 dakika süreyle hidrolizasyon işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen hidrolizatların reolojik zellikleri Miksolab cihazında tespit edilmiştir. Hidrolizatlar; 3 farklı oranda (%10, %20 ve %30) hamur yoğurma suyuna ilave edilmiş ve hamur üzerindeki reolojik özellikleri incelenmiştir (izelge 4.8A ve B).

Çizelge 4.8A'da su tutma kapasitesi olarak ifade edilen terim, örneklerin yoğurma esnasında 1.1 Nm torka ulaşıncaya kadar aldığı su miktarıdır (şahin ve ark., 2014). Bütün sıcaklık derecelerinde örneklerin su tutma kapasitesinde; ilave edilen hidrolizat

miktarının artışına paralel olarak yükselme olduğu, standart unda %58.9 olan su tutma kapasitesi, hidrolizat ilavesi ile %59.5-61.2 aralığına yükseldiği görülmüştür. Gelişme süresi ise hamurun ilk oluşmaya başladığı ana kadar geçen süreyi ifade etmektedir. Bu veriyi hamurun bileşimi etkilemektedir (Rosell ve ark., 2007). Hidrolizasyonda sıcaklığın artması ile gelişme sürelerinde genel olarak bir düşme eğilimi tespit edilmiştir. Gelişme süresi 4.03-5.24 dakika arasında ölçülmüş olup en düşük gelişme süresi 160°C'de %30'luk ilave düzeyinde görülmüştür. Hidrolizat ilavesinin hamur gelişme süresini düşürmesi teknolojik açıdan istenen bir durumdur. Maksimum torka eriştikten sonra (gelişme süresi) hamurun uygulanan kuvvete dayanma süresi, hamurun yoğrulmaya karşı dayanıklılığı ifade etmekte aynı zamanda hamur stabilitesini göstermektedir (Rosell ve ark., 2007). Standart unda 8.97 dakika olan stabilite değeri, en fazla 160°C'de düşmüş, 150°C'de %30 düzeyine kadar hidrolizat ilavesinin stabilite değerini diğer örneklere göre daha az düşürdüğü belirlenmiştir. Miksolab analizi sırasında, sıcaklığın 30°C'den 90°C'ye çıktığı anda, proteinlerde destabilizasyon meydana gelmektedir. C2 değeri ile ifade edilen bu kısım hamurun protein içeriği ile ilgilidir (Rosell ve ark., 2007), hamurdaki proteinlerin yoğrulma esnasında zayıflama derecesini gösteren bir veri olup, yoğrulma ve ısınma ile tork değeri düşmektedir. Standart unda 0.49 Nm olan C2 tork değeri farklı sıcaklıklarda elde edilen hidrolizatların eklenmesi ile düşmüştür (Çizelge 4.8A). Hamur bünyesindeki proteinlerin yoğrulma boyunca zayıflamaması ve ağ yapısını koruması istenen bir durumdur.

Nişastanın jelatinize olması ile birlikte hamurun yoğurma kollarına gösterdiği direnç C3 olarak ifade edilmekte, bu değer, bütün sıcaklıklarda elde edilen ve ilave edilen hidrolizat oranı arttıkça azalma eğilimi göstermektedir (Çizelge 4.8A). Sıcaklığın 90°C'de sabit olduğu C4 bölgesi oluşan nişasta jelinin stabil kaldığı bölgeyi göstermekte, ayrıca C4 bölgesi amilolitik aktivite değeri olarak da kabul edilmektedir. 130°C'de ortalama 1.67 Nm olan C4 tork değeri 160°C'de ortalama 1.80 Nm'ye yükselmektedir (Çizelge 4.8B). C3-C4 arasındaki fark nişasta jelinin ısıtılma sırasındaki stabilitesi ve amilaz aktivitesi ile ilgilidir (Şahin ve ark., 2014). Standart unda 0.02 olan bu fark açılmakta ve hidrolizat ilavesine bağlı olarak 0.15'e kadar çıkmaktadır.

Ekmeğin bayatlama mekanizmasında önemli bir yere sahip olan nişastanın retrogradasyonu C5 değeri ile ilişkilidir (Şahin ve ark., 2014). Sıcaklık 90°C'den 50°C'ye düşürüldüğünden dolayı, sıcaklıktaki düşüşle birlikte hamurun viskozitesi de yükselmiştir. Viskozitenin C4'ten C5'e yükselmesi hamurun soğutulması ile birlikte nişastanın retrogradasyonundan kaynaklanmaktadır. Standart unda 2.66 Nm olan C5 tork değeri, 130°C'de ortalama 2.22 Nm düşmüştür. Hidrolizatlar arasında hidrolizasyon sıcaklığın artışına paralel olarak elde edilen hidrolizatların tork değeri de yükselmiş ve en yüksek 160°C'de ortalama 2,59 Nm olarak standarttan daha düşük ölçülmüştür (Çizelge 4.8B).

Çizelge 4.8A. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatlara ait reolojik analiz sonuçları

Sıcaklık	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite (dk)	Su Tutma Kapasitesi (%)	C2 Tork (Nm)	C3 Tork (Nm)	
0	4.70±0.02 ^f	8.97±0.02 ^a	58.9±0.05 ^j	0.49±0.02 ^a	1.79±0.01 ^a	
130°C	%10	4.80±0.02 ^e	8.63±0.02 ^b	59.5±0.05 ^l	0.43±0.02 ^{bcd}	1.72±0.01 ^{cd}
	%20	5.02±0.02 ^c	7.68±0.03 ^f	60.5±0.10 ^f	0.44±0.02 ^{bc}	1.62±0.02 ^e
	%30	5.14±0.04 ^b	7.15±0.01 ^l	60.9±0.05 ^c	0.45±0.02 ^b	1.59±0.03 ^e
140°C	%10	4.52±0.02 ^h	7.72±0.04 ^f	59.6±0.05 ^{hi}	0.43±0.02 ^{bcd}	1.71±0.03 ^{cd}
	%20	4.58±0.02 ^g	7.30±0.02 ^h	60.5±0.05 ^{ef}	0.40±0.02 ^d	1.72±0.02 ^{cd}
	%30	5.24±0.01 ^a	5.82±0.02 ^k	61.1±0.05 ^b	0.41±0.01 ^{cd}	1.60±0.02 ^e
150°C	%10	4.57±0.01 ^g	8.65±0.05 ^b	59.8±0.10 ^g	0.44±0.02 ^{bc}	1.77±0.02 ^{ab}
	%20	4.92±0.02 ^d	8.13±0.02 ^e	60.6±0.05 ^{de}	0.46±0.02 ^{ab}	1.79±0.02 ^a
	%30	5.23±0.01 ^a	8.22±0.02 ^d	61.3±0.10 ^a	0.41±0.02 ^{cd}	1.74±0.01 ^{bc}
160°C	%10	4.09±0.03 ^j	8.54±0.01 ^c	59.7±0.05 ^h	0.45±0.01 ^b	1.71±0.03 ^{cd}
	%20	4.20±0.02 ^l	7.38±0.02 ^g	60.7±0.10 ^d	0.41±0.01 ^{cd}	1.70±0.01 ^{de}
	%30	4.04±0.01 ^k	6.65±0.03 ^j	61.2±0.10 ^a	0.40±0.02 ^d	1.67±0.02 ^e

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Çizelge 4.8B. Farklı sıcaklıklarda üretilen hidrolizatlara ait reolojik analiz sonuçları (devam)

Sıcaklık		C4 Tork (Nm)	C5 Tork (Nm)	α	β	γ
		0	1.80±0.02 ^a	2.67±0.01 ^a	-0.079±0.001 ^a	0.572±0.002 ^a
130°C	%10	1.65±0.04 ^f	2.18±0.02 ^l	-0.079±0.003 ^a	0.278±0.004 ^j	-0.023±0.001 ^h
	%20	1.69±0.03 ^{def}	2.22±0.01 ^{gh}	-0.107±0.004 ^e	0.374±0.003 ^h	-0.011±0.001 ^f
	%30	1.67±0.02 ^{ef}	2.26±0.02 ^f	-0.113±0.001 ^f	0.462±0.001 ^f	-0.003±0.001 ^e
140°C	%10	1.65±0.02 ^f	2.21±0.04 ^{hi}	-0.095±0.001 ^d	0.135±0.001 ^l	-0.005±0.001 ^e
	%20	1.67±0.02 ^{ef}	2.25±0.03 ^{fg}	-0.093±0.001 ^d	0.229±0.001 ^k	-0.051±0.001 ^l
	%30	1.75±0.03 ^{bc}	2.31±0.03 ^e	-0.093±0.001 ^d	0.351±0.001 ^l	0.031±0.001 ^b
150°C	%10	1.72±0.02 ^{cd}	2.48±0.03 ^d	-0.080±0.002 ^a	0.566±0.001 ^b	-0.021±0.001 ^{gh}
	%20	1.73±0.01 ^{cd}	2.51±0.01 ^d	-0.088±0.003 ^c	0.536±0.003 ^d	-0.022±0.002 ^{gh}
	%30	1.71±0.03 ^{cde}	2.48±0.01 ^d	-0.084±0.005 ^b	0.502±0.004 ^e	-0.020±0.002 ^g
160°C	%10	1.78±0.02 ^{ab}	2.62±0.02 ^b	-0.077±0.001 ^a	0.551±0.003 ^c	-0.003±0.001 ^e
	%20	1.81±0.01 ^a	2.56±0.01 ^c	-0.077±0.002 ^a	0.501±0.001 ^e	0.027±0.001 ^c
	%30	1.81±0.01 ^a	2.61±0.01 ^b	-0.080±0.001 ^a	0.412±0.003 ^g	0.037±0.001 ^a

α Açısı C1 periyodun sonundan C2 periyodunun sonuna kadar çizilen eğrinin eğimini vermekte olup, ısıya bağlı protein zayıflama hızının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Açının düşmesi hamurun zayıflamaya başladığının ve yapının daha hızlı bozulmaya başlayacağını bir göstergesidir. 160°C’de kullanılan tüm hidrolizat oranları ve 150°C’de elde edilen hidrolizatın %10 ilavesi α açısı bakımından standart una istatistiksel açıdan benzerlik göstermektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.8B). Sıcaklığın 90°C’ye çıkarıldığı üçüncü aşamada tespit edilen β açısı, C2 ve C3 arasındaki eğrinin eğimini vermekte olup, jelleşme hızını göstermektedir. Bu açı ne kadar dik, başka bir ifade ile eğim ne kadar 1’e yakın ise hamur viskozitesi yüksek, yani hamur daha sert, tersi durumda ise hamur daha yumuşak ya da akışkan olarak düşünülmektedir. β açısı en yüksek standart unda, en düşük 140°C elde edilen hidrolizat ilavesinde belirlenmiş, 150°C’de elde edilen hidrolizattan %10 oranında kullanıldığında bu açı, standart unun

açısına istatistiki olarak benzerlik göstermiştir ($p < 0.05$). γ açısı C3 ve C4 arasındaki eğrinin eğimini göstermekte olup enzimatik bozunma hızını vermektedir. Bu değer kullanılarak ürünün amilaz aktivitesi hakkında fikir yürütülebilmektedir. 160°C 'de elde edilen hidrolizat ilave oranı arttıkça γ açısının yükseldiği belirlenmiştir. Bu artışa amilaz inhibitörü olan fenolik madde miktarının artmasının da etkisi olduğu öngörülmektedir. Bu açının yükselmesi, amilaz aktivitesinin yavaşladığının ya da enzimatik bozunma hızının düştüğünün bir göstergesi olabilir.

Tüm değerler incelendiğinde hidrolizasyonda kullanılan sıcaklığın reolojik özelliklere etkilerinin olduğu ve sıcaklık yükseldikçe bu etkinin daha fazla olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışı ile hidrolizatta indirgen şekerler, çözünür oligomerler ve fenolik bileşikler de artmaktadır. Bununla beraber 160°C 'de hamurun stabilitesi daha fazla düşmekte ve hamur gelişme süresi en düşük seviyeye inmektedir. Ayrıca proteinlerdeki zayıflamayı ve nişasta jelatinizasyon oranını veren C2 ve C3 tork değerlerinde diğer hidrolizatlara göre daha fazla düşme görülmektedir. 150°C 'de üretilen hidrolizatların hem kompozisyon hem de reolojik özellikler açısından ekmek üretiminde kullanılmasına ve bu sıcaklıkta üretilen hidrolizatların reolojik özelliklerinin daha detaylı incelenmesine karar verilmiştir.

Kaba kepeğin 150°C 'de hidrotermal işlemler ile elde edilen hidrolizatlar hamur yoğurma suyuna 5 farklı oranda (%10, 20, 30, 50 ve 100) ilave edilmiş ve reolojik özellikleri Çizelge 4.9A ve B'de sunulmuştur. Hidrolizat ilavesinin, hamurun su tutma kapasitesini artırdığı tespit edilmiştir. Artan hidrolizat oranlarında su tutma kapasitesi %58.9'dan %63.9'a kadar artış göstermiştir. %100 HK ilavesine kadar su tutma kapasitesi ilave edilen hidrolizatın içerdiği hemiselüloz ve diyet lifler nedeniyle artış göstermiştir. Hemiselülaz enzimi ilave edilmiş hidrolizatların hamurun su tutma kapasitesini standart örneğe göre arttırdığı ve hidrolizat katkılı ürünlere benzer etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9A).

Direkt kepek kullanımının hamur reolojik özellikleri üzerine etkisi incelendiğinde KK ilaveli unlarda su absorpsiyon değerinin İK'e göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Özellikle %30 KK ilaveli örneklerin su absorpsiyonu %75'e ulaşmıştır (Çizelge 4.9A).

Kepeklerin partikül boyutları arttıkça bünyelerinde tutabildikleri su miktarında artış görülmektedir. KK'ya üretim esnasında hemiselülaz enzimi ilave edilmesi (EKK) su tutma kapasitesinde istatistiksel açıdan önemli bir değişime neden olmamıştır.

Buğday kepeğinin yapısında bulunan, suda çözünebilen ve çözünmeyen olmak üzere iki tipi olan arabinoksilan ağırlığının yaklaşık 10 katı suyu tutabilmektedir (Courtin ve Delcour, 2002; Jiang ve ark., 2005). Yapılan çalışmalarda beyaz una %25 kepek ilavesinin su tutma kapasitesini %62.1'den %64'e (Boita ve ark., 2016), buğday kepeğinden elde edilen arabinoksilanın ve liflerin unun su tutma kapasitesini %2 seviyesinde arttırdığı (Koegelenberg ve Chimphango, 2017), ekmek üretiminde buğday kepeği ve dirençli nişasta ilavesinin (Almeida ve ark., 2013) ve çözünür diyet lifleri (maltodekstrin, pektin, inulin) ilavesinin ise hamurun su tutma kapasitesini önemli derecede arttırdığı (Arufe ve ark., 2017) bildirilmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler literatüre benzerlik göstermektedir.

Özellikle hamurun yapısında bulunan proteinler gelişme süresi üzerinde etki göstermektedir. Una buğday kepeği ilavesi genellikle yüksek gelişme süresine ve yüksek hamur stabilitesine neden olmaktadır. Gelişme süresi ne kadar uzun olursa hamur o kadar geç kabarmakta ve dolayısıyla yoğurma süresi de uzun olmaktadır (Göçmen, 1991). Hamura %30 düzeyine kadar HK ilavesi gelişme süresini arttırırken %50 ve daha üzerinde HK ilavesi hamurun gelişme süresini düşürmeye başlamıştır, %100 HK ilavesinde gelişme süresi 3.31 dk'ya kadar düşmüştür. Hidrolizatların protein içeriğinin düşük olması ve hemiselülozun daha çözünür formda olmasının bu düşmeye neden olduğu öngörülmektedir. Benzer durum enzim katkılı hidrolizat ilaveli örneklerde de görülmektedir. Kepek ilavesinin hamurun gelişme süresine etkisi incelendiğinde ise bu sürenin arttığı görülmektedir (Çizelge 4.9A). En yüksek gelişme süresi %30 KK ilaveli örnekte gözlenmiştir. Kaba kepeğe enzim ilavesi kısmen de olsa gelişme süresini düşürmüştür. Yapılan çalışmalar una kepek ilavesinin gelişme süresini uzattığını göstermektedir (Laurikainen ve ark., 1998; Sanz Penella ve ark., 2008; Gomez ve ark., 2011).

Hamur yoğurma suyuna artan düzeyde hidrolizat ilavesinin hamurun stabilite değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Standart unda 8.97 dakika olan stabilite süresi, %10 HK ilaveli hamurda 8.65 dk'ya %100 HK ilave edilen örneklerde 4.54 dk'ya kadar düşmüştür. HK'ya enzim ilavesinin de benzer etkiye neden olduğu görülmekte, stabilite değeri 8.59-4.44 dk aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9A). Stabilite değerinin düşük olması istenen bir durum değildir. Kepek ilaveleri ise stabilite değerini yükseltmiş, aynı örneklere enzim ilave edildiğinde ise stabilite değerinin önemli seviyede düştüğü gözlenmiştir. Boita ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada beyaz una 4 farklı oranda buğday kepeği ilave etmişler ve %25 kepek ilavesine kadar stabilite değerinin sabit kaldığı, daha yüksek kepek ilavelerinde düşmeler meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda %30 seviyesine kadar direkt kepek ilavesinin stabilite değerlerini yükselttiği tespit edilmiştir.

Hidrolizatların protein içermemesi ve artan miktarda ilave edildiğinde kullanılan un miktarında da azalmaya neden olduğundan, hamura hidrolizat ilavesi oransal olarak mevcut protein miktarını da düşürmektedir. HK ilaveli ekmeklerde kullanıldığı miktara göre C2 tork değeri 0.44-0.49 Nm aralığında değiştirmektedir. Enzim ilavesi de C2 değerini 0.47-0.48 Nm aralığında değiştirerek büyük bir artışa ya da düşüşe neden olmamıştır. Standart unda 0.49 Nm olan C2 değeri KK ilavesi ile artmaktadır (Çizelge 4.9A). KK'nın yapısında daha fazla protein içermesinin bu artışa neden olduğu tahmin edilmektedir. Hamurun bileşimine diyet lifi ilave edilmesi pişirme süresince proteinlerin birleşmesine ve agregasyonuna önemli ölçüde etki etmekte (Gan ve ark., 1992), nişastanın vizkozitesiteni de etkilemektedir (Santos ve ark., 2008). Hemiselüloz enziminin ilavesi ile hemiselüloz parçalanmakta hamurda hemiselülozun tuttuğu su serbest kalmakta ve hamur daha yumuşak bir yapı kazanmaktadır (Poldermans ve Schoppnik, 1999). KK'ya enzim ilavesi ile bu değer kısmen düştüğü görülmektedir. Hamura İK ilavesi C2 tork değerlerinde kısmi düşüşe neden olsa da istatistiksel açıdan önemli düzeyde gözlenmemiştir.

C3 tork değeri standart unda 1.79 Nm'dir. %30 HK ilavesine kadar C3 tork değeri önemli düzeyde değişmemiş, %50 ve %100 HK ilavesinde ise artışlar meydana gelmeye başlamıştır. HK'nın yapısında bulunan hemiselülozun su bağlaması, yoğurma kollarına

etki etmekte, C3 değerini artırmaktadır. Benzer durumun EHK'larda da görüldüğü tespit edilmiş, %100 EHK ilavesine kadar C3 tork değeri artmıştır. Direkt kepek ilavesi ise C3 değerini hidrolizatlara göre daha fazla artırmıştır. Bu artışa yapıda bulunan hemiselülozların bağladıkları su ile şişmesi ve bundan dolayı yoğurma kollarına direnç göstermesi neden olmuştur. Artan oranlarda İK ilavesi C3 değerini 1.67 Nm'ye kadar düşürmüştür (Çizelge 4.9A).

Standart unda 1.80 Nm olarak ölçülen C4 tork değeri %50 ve %100 HK ilavesi ile kısmen artmıştır. Benzer durum enzim ilave edildiğinde de gözlenmiştir. Hamura kaba kepek ilavesi ile C4 değeri, kademeli olarak azalmış ve %30 kepek ilaveli örneklerde 1.42 Nm, %30 EKK örneklerinde 1.35 Nm olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9B). Benzer etki İK ilaveli unlarda da görülmüştür. Kepek miktarındaki artış yapıya zarar vermekte oluşan jel stabil kalamamakta bu da C4 tork değerinin düşmesine neden olmaktadır. Farklı oranlarda kepek ilavesi C4 değerini düşürmüş ve C3-C4 arasındaki fark özellikle %30 ilaveli kaba kepek örneklerinde maksimuma ulaşmıştır. Özellikle kepeklerde fenolik bileşiklerin fazla olması ve bu fenolik bileşiklerin de amilazları inhibe etmesi C4 değerini etkilemiştir (Ikeda ve ark., 1994). Hidrolizat miktarındaki artışa bağımlı olarak C3-C4 farkında (<0.1) ise kepek örneklerinde olduğu gibi büyük oranda fark gözlenmemiştir. Arabinoksilanlara bağlı halde bulunan ferulik asitler dimer yapı oluşturarak jel yapının meydana gelmesi üzerinde etki edebilmektedir (Bender ve ark., 2018).

Standart unda 2.67 Nm olan C5 tork değeri, %30 HK'nın üzerinde hidrolizat miktarına bağımlı olarak yükselmiştir. C5 tork değerindeki bu değişimin hidrolizatların bünyesindeki artan diyet lifi miktarı ile ilişkili olduğu öngörülmektedir. Direkt kepek ilavesi ise C5 tork değerini kullanılan kepek türü ve miktarına bağımlı olarak düşürmüştür (Çizelge 4.9B). İlave edilen kepek oranlarının artması ile hamurun yapısı bozulmaktadır. Gluten ağları içerisine giren kepek fraksiyonları gluten ağlarını zayıflatmakta veya kırmaktadır. Hamur yapısının bozulması nedeniyle oluşan jel yapı daha hızlı bozulmakta bu da daha düşük C5 tork değerine neden olmaktadır.

C5-C4 farkının azalması, bayatlama hızının azaldığının bir göstergesi sayılmaktadır. Standart unda 0.87 olan C5-C4 farkı %30'un üzerinden hidrolizat kullanıldığında 0.98'e kadar yükselmiştir. Direkt kepek ilavesinin kullanılan nişasta miktarındaki azalmaya bağımlı olarak C5-C4 farkını düşürdüğü ve en fazla azalmanın İK ilaveli örneklerde meydana geldiği tespit edilmiştir. C5-C4 farkındaki azalma, kepek oranı arttıkça artmıştır. Her ne kadar ekmeğin bayatlamasının temel nedeni nişastanın retrogradasyonu olduğu düşünülse de, yüzeysel kurumunun ve nişasta ile gluten arasında meydana gelen bağlanmaları da (Martin ve ark., 1991) göz önünde bulundurmak gerekir. Nişasta retrogradasyonundan ileri gelen C5-C4 farkı tek başına ekmeğin bayatlaması hakkında fikir edinmek için yeterli değildir.

α Açısı hamurun yumuşamaya başladığının bir göstergesi olup, hamur stabilitesinin düşmesinden dolayı, düşük α açısı istenen bir durum değildir. Standart unda -0.079 olan α açısı %30 HK ilave düzeyine kadar artış göstermiş %50 ve %100 HK ilave düzeyinde ise düşmüştür. Bu düşüşün ilave edilen hidrolizatlar ile birlikte miktarında artış olan hemiselülozdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Benzer durum EHK ilaveli ekmelerde de görülmektedir. KK ve İK ilavesi α açısını yükseltmektedir. Kontrol ekmeğinde 0.572 olan β açısı hidrolizat ilavesi ile kademeli azalma göstermiş ve daha akışkan ve yapışkan bir hamur oluşmasına neden olmaya başlamıştır. EHK ilavesinde de aynı azalmaya rastlanmıştır. Una KK ilavesi β açısını düşürmüştür; fakat bu düşüş hidrolizat katkılı örnekler göre daha düşük düzeyde kalmıştır. γ Açısı %100 HK ilaveli unlarda yükselmiş, bu durum amilaz aktivitesinin yavaşladığını ya da enzimatik bozunma hızının düştüğünü göstermektedir. Direkt kepek ilave edilen örneklerde ise ilave edilen kepek miktarı ile bağımlı olarak bu açı değişmiştir (Çizelge 4.9B).

Çizelge 4.9A. Ekmek üretiminde kullanılan örneklere ait reolojik analiz sonuçları

	Gelişme Süresi (dk)	Stabilite (dk)	Su tutma kapasitesi (%)	C2 Tork (Nm)	C3 Tork (Nm)
KONTROL	4.70±0.02 ^{kl}	8.97±0.02 ^c	58.95±0.05 ^s	0.49±0.02 ^d	1.79±0.02 ^h
%10 HK	4.57±0.01 ^l	8.65±0.05 ^d	59.70±0.10 ^r	0.44±0.02 ^{gh}	1.77±0.02 ^{hi}
%20 HK	4.92±0.02 ^j	8.13±0.02 ^f	60.65±0.05 ^p	0.46±0.02 ^{efg}	1.79±0.02 ^h
%30 HK	5.23±0.01 ^l	8.22±0.02 ^f	61.44±0.16 ⁿ	0.41±0.02 ^l	1.74±0.01 ^{ij}
%50 HK	3.45±0.10 ^{op}	5.62±0.20 ^l	61.85±0.05 ^m	0.49±0.01 ^d	1.86±0.01 ^f
%100 HK	3.31±0.06 ^p	4.54±0.26 ^m	64.00±0.10 ^k	0.44±0.03 ^{gh}	1.84±0.04 ^{fg}
%10 EHK	4.30±0.01 ^m	8.59±0.02 ^d	59.80±0.10 ^r	0.43±0.01 ^{hi}	1.72±0.00 ^j
%20 EHK	4.37±0.01 ^m	8.12±0.01 ^f	60.60±0.10 ^p	0.43±0.00 ^{hi}	1.78±0.01 ^h
%30 EHK	4.56±0.01 ^l	7.49±0.02 ^h	60.95±0.05 ^o	0.43±0.01 ^{hi}	1.82±0.01 ^g
%50 EHK	3.75±0.40 ⁿ	5.96±0.14 ^k	61.80±0.10 ^m	0.48±0.01 ^{de}	1.84±0.02 ^{fg}
%100 EHK	3.50±0.13 ^o	4.44±0.16 ^m	64.20±0.10 ^j	0.47±0.00 ^{ef}	1.87±0.01 ^{ef}
%10 KK	5.78±0.01 ^g	8.40±0.02 ^e	64.55±0.05 ^h	0.53±0.00 ^c	1.90±0.01 ^e
%20 KK	8.19±0.01 ^a	8.61±0.02 ^d	70.10±0.10 ^d	0.55±0.00 ^b	1.98±0.01 ^c
%30 KK	8.33±0.01 ^a	9.53±0.01 ^a	74.70±0.10 ^c	0.58±0.00 ^a	2.04±0.01 ^b
%10 EKK	6.21±0.01 ^f	7.21±0.01 ^l	64.40±0.10 ^l	0.48±0.00 ^{de}	1.87±0.01 ^{ef}
%20 EKK	6.39±0.02 ^e	7.40±0.02 ^h	70.10±0.10 ^d	0.49±0.00 ^d	1.94±0.01 ^d
%30 EKK	7.21±0.02 ^d	7.64±0.01 ^g	74.60±0.10 ^c	0.51±0.00 ^c	2.00±0.01 ^c
%10 İK	4.81±0.01 ^{jk}	8.72±0.02 ^d	62.46±0.04 ^l	0.45±0.01 ^{fgh}	1.77±0.02 ^{hi}
%20 İK	5.47±0.02 ^h	9.17±0.01 ^b	65.53±0.03 ^g	0.46±0.00 ^{efg}	1.68±0.02 ^k
%30 İK	6.20±0.02 ^f	9.42±0.02 ^a	67.16±0.04 ^f	0.48±0.00 ^{de}	1.67±0.02 ^k
%10 HİSKK	7.59±0.01 ^c	6.25±0.03 ^j	68.24±0.06 ^e	0.55±0.02 ^b	1.99±0.04 ^c
%20 HİSKK	7.82±0.02 ^b	8.20±0.04 ^f	77.86±0.08 ^b	0.57±0.01 ^{ab}	2.10±0.03 ^a
%30 HİSKK	7.75±0.04 ^b	8.70±0.03 ^d	88.16±0.08 ^a	0.58±0.01 ^a	2.05±0.01 ^b

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Çizelge 4.9B. Ekmek üretiminde kullanılan örneklere ait reolojik analiz sonuçları

	C4 Tork (Nm)	C5 Tork (Nm)	α	β	γ
KONTROL	1.80±0.02 ^c	2.67±0.01 ^d	-0.079±0.001 ^{ef}	0.572±0.001 ^c	0.013±0.001 ^c
%10 HK	1.72±0.02 ^{ef}	2.48±0.03 ^g	-0.080±0.002 ^{efg}	0.566±0.001 ^d	-0.021±0.001 ^f
%20 HK	1.73±0.01 ^{ef}	2.51±0.01 ^{fg}	-0.088±0.003 ^{hij}	0.536±0.003 ^f	-0.022±0.002 ^f
%30 HK	1.71±0.03 ^f	2.48±0.01 ^g	-0.083±0.001 ^{fghi}	0.502±0.004 ^h	-0.020±0.002 ^f
%50 HK	1.91±0.02 ^b	2.81±0.03 ^c	-0.066±0.004 ^b	0.490±0.007 ⁱ	0,008±0.006 ^d
%100 HK	1.90±0.06 ^b	2.88±0.09 ^b	-0.058±0.006 ^a	0.462±0.007 ^k	0.023±0.003 ^a
%10 EHK	1.79±0.01 ^c	2.69±0.01 ^d	-0.071±0.001 ^{bcd}	0.564±0.001 ^d	-0.013±0.001 ^e
%20 EHK	1.75±0.01 ^{de}	2.54±0.01 ^f	-0.075±0.001 ^{cde}	0.528±0.003 ^g	-0.014±0.000 ^e
%30 EHK	1.70±0.01 ^f	2.44±0.00 ^h	-0.079±0.001 ^{ef}	0.505±0.001 ^h	-0.013±0.001 ^e
%50 EHK	1.88±0.03 ^b	2.78±0.00 ^c	-0.068±0.006 ^{bc}	0.489±0.001 ⁱ	0.018±0.004 ^b
%100 EHK	1.96±0.01 ^a	2.94±0.03 ^a	-0.068±0.016 ^{bc}	0.460±0.003 ^k	0.015±0.005 ^{bc}
%10 KK	1.71±0.00 ^f	2.59±0.00 ^e	-0.091±0.001 ^{jk}	0.550±0.002 ^e	-0.054±0.00 ⁱ
%20 KK	1.49±0.00 ⁱ	2.25±0.00 ^j	-0.087±0.001 ^{ghj}	0.554±0.002 ^e	-0.070±0.002 ^k
%30 KK	1.42±0.00 ^j	2.11±0.00 ^l	-0.080±0.000 ^{efg}	0.533±0.001 ^{fg}	-0.073±0.001 ^k
%10 EKK	1.57±0.00 ^h	2.20±0.00 ^k	-0.089±0.001 ^{ij}	0.534±0.002 ^{fg}	-0.039±0.003 ^g
%20 EKK	1.34±0.01 ^k	2.03±0.00 ^m	-0.093±0.001 ^{jk}	0.501±0.003 ^h	-0.071±0.001 ^k
%30 EKK	1.35±0.01 ^k	1.93±0.00 ⁿ	-0.087±0.001 ^{ghj}	0.479±0.001 ^j	-0.042±0.002 ^{gh}
%10 İK	1.61±0.01 ^g	2.28±0.01 ^j	-0.081±0.001 ^{efgh}	0.400±0.002 ^m	-0.061±0.001 ^j
%20 İK	1.39±0.00 ^j	1.78±0.01 ^o	-0.098±0.002 ^k	0.447±0.003 ^l	-0.051±0.001 ⁱ
%30 İK	1.34±0.01 ^k	1.64±0.01 ^p	-0.080±0.0023 ^{efg}	0.501±0.003 ^h	-0.051±0.001 ⁱ
%10 HİSKK	1.78±0.04 ^{cd}	2.34±0.02 ⁱ	-0.089±0.001 ^{ij}	0.382±0.003 ⁿ	-0.045±0.001 ^h
%20 HİSKK	1.40±0.03 ^j	-	-0.081±0.001 ^{efgh}	0.620±0.006 ^b	-0.097±0.001 ^l
%30 HİSKK	1.25±0.03 ^l	-	-0.078±0.001 ^{def}	0.696±0.008 ^a	-0.097±0.001 ^l

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

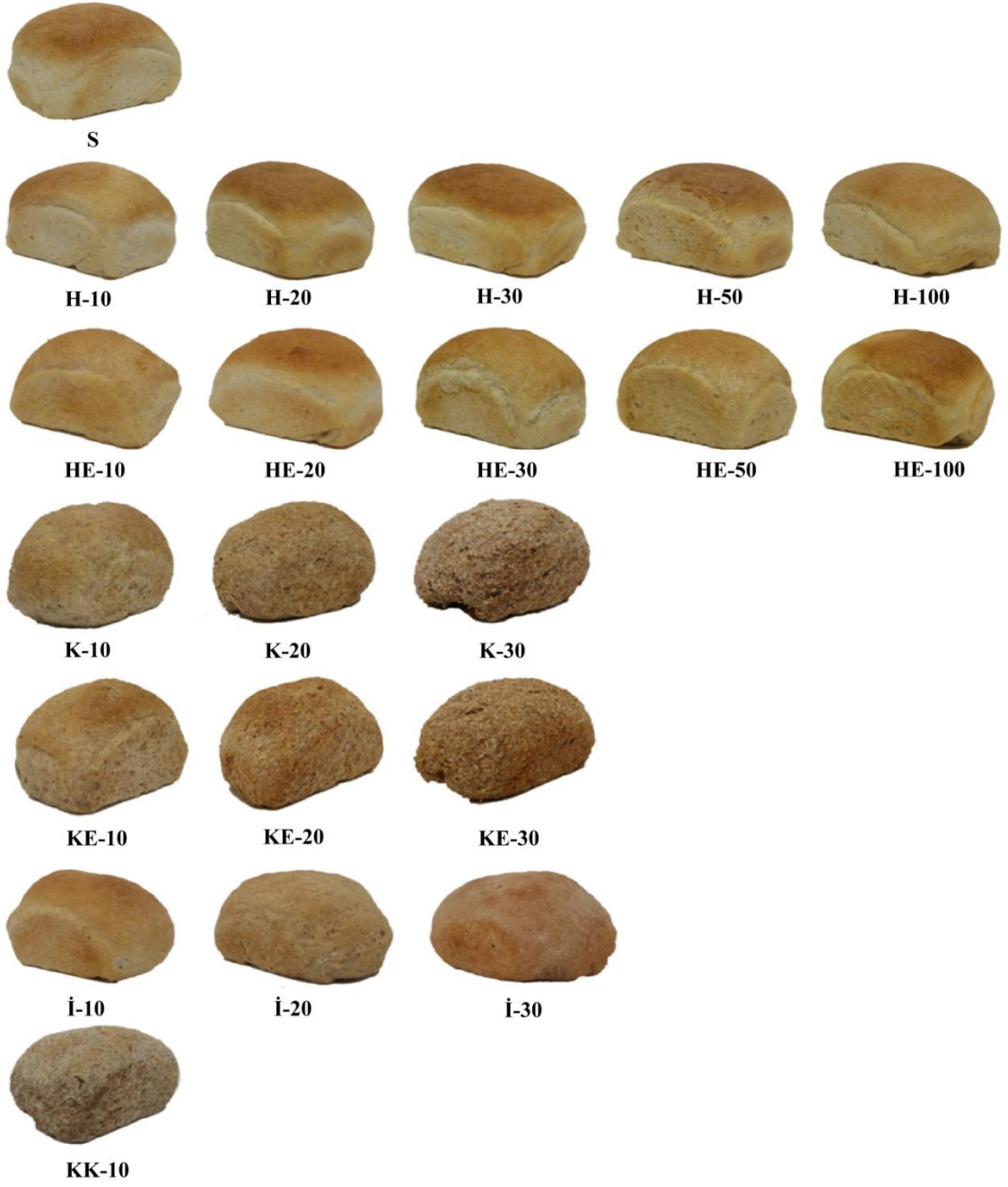
Kaba kepeğin 150°C’de hidrolizasyon sonrasında hidrolizat uzaklaştırıldıktan sonra kalan katı kısım (HİSKK) 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) una yer değiştirme esasına göre ilave edilmiş ve elde edilen hamurun reolojik özellikleri tespit edilmiştir. %20 ve %30 oranlarında ilave edilen HİSKK’ın fazla miktarda su tuttuğu ve %10’dan fazla ilavenin hamur yapısının daha akışkan ve yapışkan olmasına neden olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.9A). HİSKK’ın fazla miktarda selüloz içermesi sebebiyle su tutma kapasitesi yükselmektedir. Bundan dolayı %20 ve daha üzerinde hamura ilave edildiğinde fazla miktarda su tutmakta ve hacmi artmakta, hacim artışı ise miksolab cihazının hata vermesine ve analizin sonlanmasına neden olmaktadır. HİSKK’ın su tutma kapasitesi %68.24-88.16 arasında değişmiştir. HİSKK ilavesi ile hamurun gelişme süresi yaklaşık iki kat artmış hamur stabilite değerleri ise standart una göre düşmüştür. HİSKK ilaveli unlarda C2 tork değeri kademeli olarak artmış ve %30 HİSKK ilaveli unlarda 0.58 Nm olarak belirlenmiştir. HİSKK ilave edildiğinde C3 tork değeri 2.10 Nm’ye kadar yükselmiş (Çizelge 4.9A), C4 tork değerinde ise en büyük azalma HİSKK ilaveli ürünlerde gözlemlenmiş olup %30 HİSKK ilavesinde C4 tork değerinin 1.25 Nm’ye düştüğü belirlenmiştir. %10 HİSKK ilaveli unlarda 2.34 Nm olan C5 tork değeri %20 ve %30 HİSKK ilavesinde miksolab cihazının ölçememesinden dolayı tespit edilememiştir (Çizelge 4.9B). HİSKK ilaveli unlarda α açısı -0.089’dan -0.078’e düşmüştür. β açısında da α açısına benzer durum meydana gelmiş ve HİSKK ilave oranı arttıkça artmıştır. %10 HİSKK ilaveli unlarda γ açısı -0.045 iken %20 ve %30 HİSKK ilaveli unlarda -0.097 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9B). HİSKK ilavesinin hamur oluşumuna zarar vermesi ve fazla miktarda su tutması sebebiyle yapışkan hamur oluşumuna neden olduğu, hamur reolojik özelliklerini olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Lif açısından zengin hamurlar yüksek su tutma kapasitesine, düşük fermantasyon süresine ve toleransına sahip olmaktadır (Laurikainen ve ark., 1998). Daha önceden yapılan çalışmalarda ekmek hamuruna buğday kepeği ilavesinin hamurun su tutma kapasitesini yükselttiğini, yoğrulma süresini ve yoğrulma toleransını düşürdüğü ve ince kepeğin hamur yoğrulma toleransını ve yoğrulma süresini kaba kepeğe göre daha az düşürdüğü rapor edilmiştir (Gül, 2007). Ayrıca ekstansograf ile yapılan ölçümlerde 180 dakika sonunda ince kepek ilaveli unların kaba kepek ilaveli unlara göre daha stabil ve

enerji değeri yüksek olduğu belirlenmiştir (Zhang ve Moore, 1999). Schmiele ve ark. (2012) yılında buğday ununa kepek ilavesinin etkilerini araştırmışlardır. Başka bir çalışmada buğday ununa beş farklı oranda (%5, 10, 20, 30 ve 40) kepek ilavesinin hamurun su tutma kapasitesini ve uzama direncini arttırdığı, stabilite ve uzayabilirlik değerlerini düşürdüğü %30 düzeyinde kepek ilavesinin hamur stabilitesini, uzama direncini arttırırken, uzayabilirlik ile yoğrulma toleransını düşürdüğü bildirilmiştir (Nandeesh ve ark., 2011). Farklı bir çalışmada buğday ununa diyet lifi kaynağı olarak 4 farklı oranda hurma ilave edilmiş ve reolojik özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Diyet lifi ilavesinin su tutma kapasitesini ve gelişme süresini arttırdığı, %10 ilave düzeyine kadar hamur stabilitesini değiştirmediği ve uzayabilirlik seviyesini düşürdüğü rapor edilmiştir (Ahmed ve ark., 2013). Çalışmamızda unlara ilave edilen ve belirli oranda diyet lifi içeren hidrolizatlar unun su tutma kapasitesini arttırmış ve literatür ile benzerlik göstermiştir. Ayrıca gelişme süresini düşürmüş elde edilen bu bulgular ve Schmiele ve ark. (2012)'nin yaptıkları çalışmadan elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

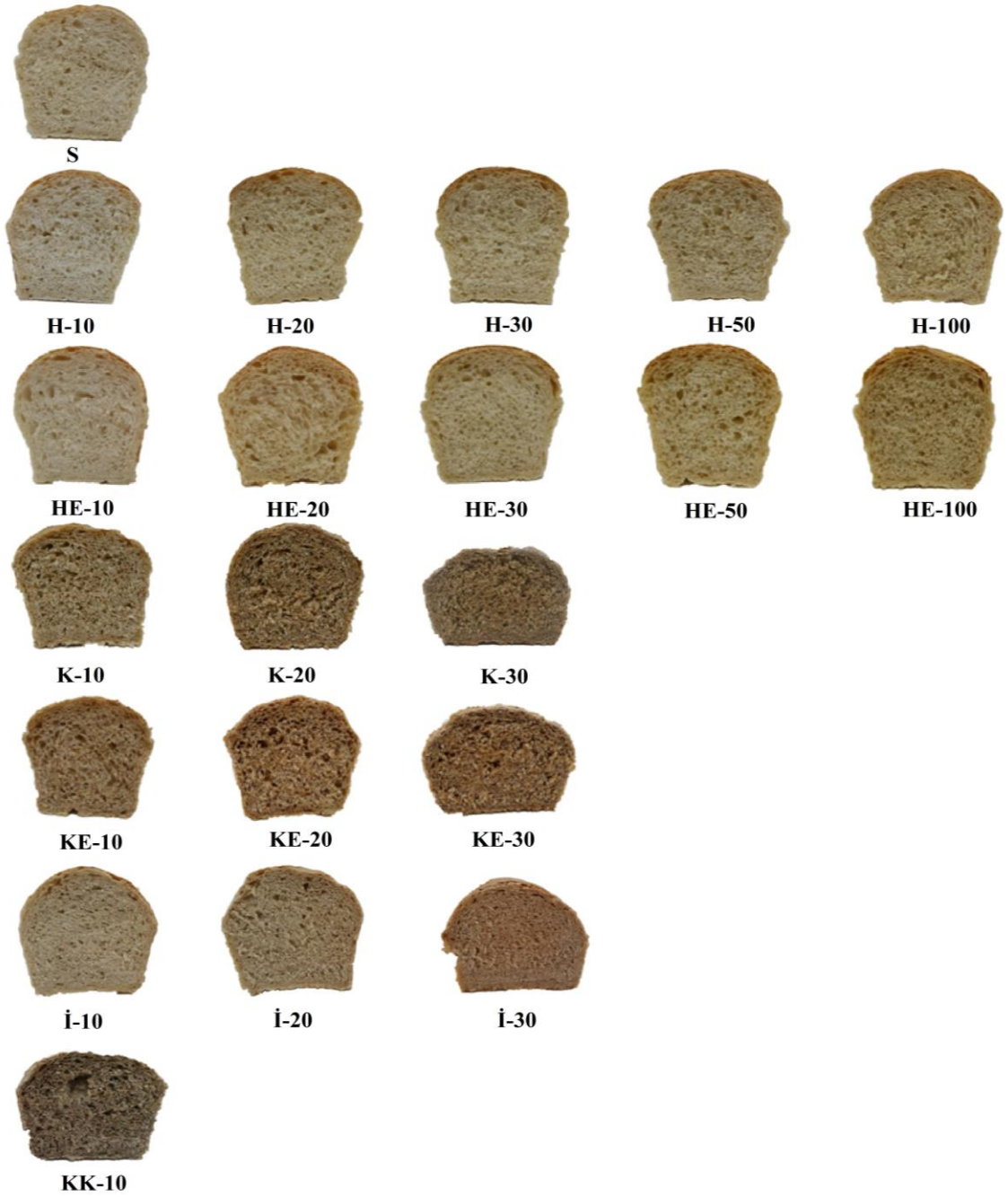
4.6. Ekmeklerin Fizikokimyasal Özellikleri

Genel olarak un, su, tuz ve mayanın bir araya getirilip yoğrulması ve fermantasyona tabi tutulduktan sonra pişirilmesi ile edilen ekmek şekilsel olarak ülke, şehir ve yörelere göre farklılık göstermektedir. Ülkemizde en çok üretimi yapılan ve tüketilen Türk tipi francala ekmeği göz önüne alındığında tüketiciler yüksek hacimli, arzu edilen renk ve dokuda ve homojen gözenek yapılı ekmekleri tüketmeyi tercih etmektedir. Fakat ekmek üretiminde kepek kullanımı, arzu edilen bu özellikleri olumsuz yönde etkilemektedir. Meydana gelen bu olumsuzlukları azaltmak veya gidermek için hidrotermal işlemlerle muamele edilmiş kepeğin ekmek üretimine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla 5 farklı oranda (%10, 20, 30, 50 ve 100) hidrolizat ilaveli ve enzim katkılı hidrolizat ilaveli ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen ekmeklerin resimleri Şekil 4.1a ve 4.1b’de sunulmuştur. Üretilen ekmek örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları Çizelge 4.10’da gösterilmektedir. En yüksek hacim ve yükseklik kontrol ekmeğinde ve %10-50 arasında HK ilave edilerek yapılan ekmeklerde gözlemlenmiştir. %100 HK ilavesinin ekmek hacminde kısmen düşüş meydana getirdiği, bunun ise HK’da çözünür formda bulunan hemiselüloz oranındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla beraber hidrolizasyon esnasında indirgen şeker miktarındaki artışın fermantasyon aşamasında mayaların çalışmasını arttırıcı etki yaptığı bu sayede hacimde hemiselülozların neden olduğu düşüklüğü kısmen de olsa telafi ettiği görülmektedir. Kontrol ekmeği 455 cm³ hacme sahipken direkt kepek katkılı örneklerde spesifik hacim 203-248.6 cm³’e kadar düşmüştür. KK’nın İK’ye göre partikül boyutlarının daha büyük olması ekmek hacmini, daha da düşürmektedir. Kaba kepeğin gluten ağ yapısını daha fazla bozması nedeniyle üretim esnasında yapının bozulmasına neden olduğu ve bu nedenle ekmek hacmini daha fazla düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 4.1a. Üretilen ekmeklerin dış görünüşleri

(S: Kontrol, H-10: %10 HK, H-20: %20 HK, H-30: %30 HK, H-50: %50 HK, H-100: %100 HK, HE-10: %10 EHK, HE-20: %20 EHK, HE-30: %30 EHK, HE-50: %50 EHK, HE-100: %100 EHK, K-10: %10 KK, K-20: %20 KK, K-30: %30 KK, KE-10: %10 EKK, KE-20: %20 EKK, KE-30: %30 EKK, İ-10: %10 İK, İ-20: %20 İK, İ-30: %30 İK, KK-10: %10 HİSKK)



Şekil 4.1b. Üretilen ekmeklerin iç gözenek yapıları

(S: Kontrol, H-10: %10 HK, H-20:%20 HK, H-30: %30 HK, H-50: %50 HK, H-100: %100 HK, HE-10: %10 EHK, HE-20: %20 EHK, HE-30: %30 EHK, HE-50: %50 EHK, HE-100: %100 EHK, K-10: %10KK, K-20: %20 KK, K-30: %30 KK, KE-10: %10 EKK, KE-20: %20 EKK, KE-30: %30 EKK, İ-10: %10İK, İ-20: %20 İK, İ-30: %30 İK, KK-10: %10 HİSKK)

Yapılan çalışmalarda da ekmeklere katılan kepek boyutunun ekmek hacmi üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve Moore, 1999; Kim ve ark., 2013). Ayrıca fırın ürünlerinde pirinç kepeği (Hamid ve Luan, 2000), patates lifi (Kaack ve ark., 2006), armut lifi (Guevara-Arauza ve ark., 2015), limon lifi (Chang ve ark., 2015), üzüm çekirdeği unu (Hoye ve Ross, 2011), nar kabuğu tozu (Altunkaya ve ark., 2013) gibi farklı lif kaynakları da incelenmiş, liflerinin belirli oranlara kadar ekmeklerin fiziksel özelliklerini iyileştirdiği, diyet lifi oranının artması ile fiziksel özellikler açısından arzu edilmeyen bir yapı kazandırdığı rapor edilmiştir.

Üretilen ekmeklerin hacminin ağırlığa bölünmesi ile elde edilen spesifik hacim değeri, 1.95 ile 5.09 cm³/g arasında değişmekte olup, en düşük spesifik hacim değerine %30 KK ilaveli ekmeklerde rastlanırken, en yüksek spesifik hacim %50 EHK ilaveli ekmeklerde tespit edilmiştir. Standart unda 4.61 cm³/g olan spesifik hacim değeri %50 HK ilavesine kadar artış göstermiş %100 HK ilavesinde ise 4.21 cm³/g'a kadar düşmüştür. Benzer durumun enzim ilave edilmiş hidrolizat katkılı ekmeklerde meydana geldiği görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, una %20 düzeyine kadar buğday kepeği ilave edilmesinin, ekmek hacmini düşürdüğü (Gomez ve ark., 2011), inulin, keçiyoynuzu lifi, bezelye lifi, jack meyvesi gibi çözünen lif içeriği yüksek sahip ürünlerle üretilen ekmeklerin lif katılmayan ekmeklere göre daha düşük hacimlere sahip olduğu rapor edilmiştir (Wang ve ark., 2002; Feili ve ark., 2013). Buğday ununa 3 farklı oranda darı unu katılmış ve üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin 2.16-3.55 cm³/g arasında değiştiği (Patil ve ark., 2016), farklı kepek boyutları ile yapılan bir çalışmada bu değer 1.95-5.09 cm³/g arasında olduğu (Curti ve ark., 2013), %20 oranında ilave edilen kepeğin ekmeğin spesifik hacmini 2.60 ml/g'dan 2.03 ml/g'a düşürdüğü, enzim ilavesinin ise bu düşüşü azalttığı (Messia ve ark., 2016) bildirilmiştir. Aydogdu ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada kekin yapısına yulaf, bezelye, elma ve limon lifleri ilave etmiş ve lif miktarındaki artış ile spesifik hacim değerlerinin düştüğünü rapor etmişlerdir. Kepek ilavesinin literatürdeki çalışmalarla benzer etkiler yaptığı ve ekmek spesifik hacmini azalttığı belirlenmiştir. Çalışmamızda üretilen %30 ve %50 HK ilaveli ekmeklerin daha yüksek spesifik hacim değerlerine sahip olduğu %100 HK ilavesinde ise kısmen düşme meydana geldiği fakat meydana gelen bu düşüşün direkt kepek ilavesine göre daha az düzeyde kaldığı bulunmuştur.

%10 düzeyinde HİSKK ilavesi, ekmeklerin hacimlerinde %10 KK ve EKK ilaveli ekmeklere göre daha fazla azalmaya neden olmuştur. HİSKK'nın hidrolizatlara göre daha fazla lignin ve çözünmeyen karbonhidratlar içermesinin bu azalmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.10. Ekmek örneklerinin fiziksel analiz sonuçları

	Hacim (cm ³)	Ağırlık (g)	Yükseklik (cm)	Spesifik Hacim (cm ³ /g)
KONTROL	455.0±12.12 ^d	98.3±0.57 ^f	7.74±0.08 ^{bc}	4.61
%10 HK	455.0±12.12 ^d	100.3±0.57 ^{de}	7.72±0.03 ^{bc}	4.53
%20 HK	479.7±5.77 ^c	100.0±0.00 ^e	7.64±0.05 ^c	4.79
%30 HK	502.7±6.11 ^{ab}	100.3±0.11 ^{de}	7.87±0.06 ^a	5.01
%50 HK	486.3±5.77 ^c	100.0±1.00 ^e	7.83±0.08 ^{ab}	4.86
%100 HK	430.3±10.50 ^e	102.0±0.00 ^{bc}	7.01±0.03 ^{fg}	4.21
%10 EHK	431.0±10.53 ^e	100.0±1.00 ^e	7.10±0.05 ^f	4.51
%20 EHK	493.3±10.50 ^{bc}	100.3±0.57 ^{def}	7.23±0.07 ^e	4.91
%30 EHK	498.7±5.77 ^c	100.6±1.15 ^{cde}	7.30±0.05 ^e	4.95
%50 EHK	511.0±6.08 ^a	100.3±1.52 ^{de}	7.53±0.06 ^d	5.09
%100 EHK	430.7±10.50 ^e	100.3±0.57 ^{de}	6.97±0.11 ^g	4.29
%10 KK	371.0±12.12 ^g	101.3±0.57 ^{bcd}	6.29±0.09 ⁱ	3.66
%20 KK	336.0±0.00 ⁱ	102.3±0.57 ^{ab}	5.21±0.13 ^l	3.28
%30 KK	203.0±12.12 ^k	103.3±0.57 ^a	4.77±0.04 ⁿ	1.96
%10 EKK	395.3±6.35 ^f	101.6±0.57 ^{bcd}	6.41±0.06 ^h	3.89
%20 EKK	339.3±5.77 ^{hi}	100.6±0.57 ^{cde}	5.06±0.03 ^m	3.37
%30 EKK	196.0±12.12 ^k	100.3±0.57 ^{de}	4.65±0.08 ^o	1.95
%10 İK	409.7±10.50 ^f	101.3±0.57 ^{bcd}	6.21±0.04 ⁱ	4.03
%20 İK	353.6±5.77 ^h	102.3±0.57 ^{ab}	5.44±0.05 ^k	3.45
%30 İK	248.6±5.77 ^j	100.3±0.57 ^{de}	4.78±0.08 ⁿ	2.47
%10 HİSKK	339.6±6.35 ^{hi}	101.3±0.57 ^{bcd}	5.93±0.08 ^j	3.35

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Tüketicilerin bir gıdayı tercih etmesinde ki temel faktörlerden birisi; gıdanın istenilen renk özelliklerine sahip olmasıdır (Anonim, 2012). Ekmekte parlak sarı kabuk rengi, homojen gözenek yapısı ve açık sarı renkte bir içyapı beklenmektedir. Ekmek üretiminde kepek kullanımı ise kabuk ve iç rengi koyulaştırmakta ve tüketici tercihlerini negatif yönde etkilemektedir. Tüm ekmek örneklerinin kabuk ve iç renkleri, uluslararası I'Eclairage komisyonu (CIE) tarafından geliştirilen üç nokta ölçüm yöntemi olarak bilinen yönteme göre L (karanlık-aydınlık), a (kırmızılık-yeşillik) ve b (sarılık mavilik) değerleri tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Üretilen ekmeklerin kabuklarının L değerleri 53.52-66.51 arasında, a* değerleri 2.67-12.23 arasında, b* değerleri ise 16.64-36.55 arasında değişmiştir. Ekmek kabuklarının renk değerleri incelendiğinde farklı oranlarda ilave edilen hidrolizat ilavesinin, kontrol ekmeğine göre L* değerlerinde azalmaya neden olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde direkt kepek ilavesi de L değerini düşürmüştür ve kepek oranı arttıkça meydana gelen düşme de artmaktadır. Ekmeklerin kabuk a* değerlerinin hidrolizat ilavesi ile önemli düzeyde yükseldiği belirlenmiştir. En yüksek kabuk a* değeri %100 HK ilaveli ekmeklerde görülmüştür. Hidrolizat ilavesi ekmeklerin kabuk b* değerlerini de yükseltmiş ve sonuçların 31.86-34.17 arasında değiştiği gözlenmiştir. Hidrolizat katkısı ile beraber enzim ilave edildiğinde de, benzer sonuçlar tespit edilmiştir. Direkt kepek kullanımı ise b değerini düşürmektedir. Kaba kepek ise ince kepeğe göre ekmeklerin kabuk renginin daha koyu kahverengi olmasına neden olmaktadır. Örnekler arası renk farkını ölçen ΔE (toplam renk farklılığı) değeri incelendiğinde, kontrol örneğine göre en düşük renk farklılığı %10 HK ilaveli ekmeklerde görülmektedir. ΔE değerinin düşük olması ekmek örneklerinin toplam renk değerleri açısından kontrole yaklaştığının bir göstergesidir.

Ekmek iç renkleri incelendiğinde hidrolizat ilavesi ile ekmeklerin iç rengi koyulaşmaktadır ve kontrol ekmeğinde 75.45 olan L* değeri, HK katkılı ekmeklerde ortalama 66.39 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12). Enzim ilavesi ise L* değerini değiştirmemektedir. Kepek ilavesi ise bu değeri 50.76'ya kadar düşmüştür. Kontrol ekmeğinde -1.01 olan iç a* değeri hidrolizat ilavesi ile yükselme göstermiş olup, benzer durum enzim ilavesinde de belirlenmiştir. En yüksek iç a* değeri ise %30 KK ile %30 EKK ilaveli ekmeklerde görülmektedir. İç b* renk değerleri incelendiğinde, hidrolizat ilaveli ekmeklerin kontrol ekmeğine yakın değerlere sahip olduğu, kaba ve ince kepek

ilavesinin iç b* renk değerini yükselttiği tespit edilmiştir. İç renkte en fazla farklılığın kepek ilaveli örneklerde meydana geldiği, en düşük farklılığın ise %30 HK ilaveli ekmeklerde ($\Delta E=7.06$) olduğu görülmüş kontrol ekmeğine en yakın iç renge sahip olduğu tespit edilmiştir.

HİSKK ile üretilen ekmeklerde ise, kabuk L* değerlerinin kontrol ekmeğine en yakın olduğu belirlenmiş, bununla beraber incelenen ekmekler arasında en düşük a* ve b* değerine sahip olduğu gözlenmiştir. Tüm ekmek örnekleri arasında %30 EKK ilaveli ekmekten sonra 27.55 ile toplam renk farklılığında en yüksek değeri alan ekmek olmuştur (Çizelge 4.12). HİSKK ilaveli ekmeklerin iç L* değeri 48.19 ile tüm ekmekler içinde en koyu olanı olmuştur. Ekmek iç a* değeri 3.61'e kadar yükselmiş, iç b* değeri ise 14.71 ile kontrol ekmeğine istatistiksel açıdan benzerlik göstermiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.12).

Hidrolizat ilavesi ile ekmeklerin kabuk renkleri daha koyu, iç rengi ise daha sarı bir renk almış, ancak meydana gelen bu renk değişimi, kepek ilaveli ürünlere göre oldukça düşük düzeyde kalmıştır (Çizelge 4.11). Ekmeğe KK ilavesinin, ekmeğin hem kabuk hem de iç renginde koyulaşmaya neden olduğu, ilave edilen kepek miktarının artması ile bu koyuluğun yükseldiği belirlenmiştir. Tüm renk değerleri göz önüne alındığında, HK ilavesi ile kontrol ekmeğine benzer renk özelliklerine sahip ekmek üretilmesinin mümkün olabileceği ve kepek ilavesinin meydana getirdiği koyu kabuk ve iç rengin oluşmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Ekmek örneklerinin kabuk renk analiz sonuçları

KABUK				
	L	a	b	ΔE
KONTROL	65.30±2.00 ^{ab}	7.96±0.19 ^{fg}	30.81±0.71 ^d	-
%10 HK	63.45±0.72 ^{cde}	8.45±0.89 ^{ef}	33.92±1.25 ^b	3.22
%20 HK	64.04±0.12 ^{bc}	9.16±0.22 ^d	34.17±0.87 ^b	3.65
%30 HK	63.83±1.15 ^{cd}	8.86±0.34 ^{de}	34.12±0.50 ^b	3.73
%50 HK	61.84±0.54 ^{fg}	9.12±0.14 ^d	33.26±0.33 ^b	4.40
%100 HK	61.90±0.09 ^{fg}	9.79±1.00 ^c	31.86±0.50 ^c	4.62
%10 EHK	62.14±0.33 ^{efg}	8.87±0.12 ^{de}	33.87±0.41 ^b	5.36
%20 EHK	66.51±0.41 ^a	10.15±0.28 ^c	36.55±0.07 ^a	5.62
%30 EHK	64.16±0.17 ^{bc}	12.23±0.03 ^a	33.46±0.47 ^b	5.15
%50 EHK	63.46±0.12 ^{cde}	11.84±0.21 ^{ab}	34.24±0.22 ^b	5.50
%100 EHK	62.38±0.60 ^{ef}	11.56±0.42 ^b	31.96±0.03 ^c	5.36
%10 KK	60.69±0.27 ^g	8.21±0.37 ^{efg}	27.53±1.00 ^{fg}	6.42
%20 KK	55.64±0.25 ¹	8.38±0.17 ^{ef}	27.94±0.40 ^{ef}	10.57
%30 KK	53.52±0.17 ^j	5.79±0.10 ^j	20.26±0.20 ¹	11.31
%10 EKK	61.96±0.35 ^{fg}	8.23±0.14 ^{efg}	31.09±1.00 ^{cd}	4.58
%20 EKK	57.67±1.63 ^h	7.67±0.16 ^{gh}	27.23±0.80 ^{fg}	8.69
%30 EKK	53.86±1.58 ^j	6.53±0.39 ¹	26.11±0.46 ^h	14.09
%10 İK	61.23±0.41 ^{fg}	7.64±0.12 ^{gh}	30.81±0.14 ^d	5.15
%20 İK	61.56±0.09 ^{fg}	7.17±0.04 ^h	28.85±0.14 ^e	5.35
%30 İK	62.49±0.37 ^{def}	7.62±0.16 ^{gh}	26.72±0.40 ^{gh}	5.52
%10 HİSKK	65.79±0.39 ^a	2.67±0.14 ^k	16.64±0.06 ^j	15.26

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Çizelge 4.12. Ekmek örneklerinin iç renk analiz sonuçları

	İÇ			
	L	a	b	ΔE
KONTROL	75.45±0.78 ^a	-1.01±0.01 ^{mn}	14.41±0.15 ^{lm}	-
%10 HK	67.48±0.50 ^{cde}	-1.30±0.10 ^p	14.41±0.15 ^{lm}	7.90
%20 HK	67.44±0.35 ^{de}	-1.18±0.05 ^{op}	13.97±0.30 ⁿ	7.55
%30 HK	68.05±0.21 ^c	-0.90±0.08 ^{lm}	14.12±0.09 ^{mn}	7.06
%50 HK	67.84±0.20 ^{cd}	-0.88±0.07 ^{lm}	14.36±0.23 ^{lm}	7.34
%100 HK	66.83±0.40 ^{fg}	0.23±0.06 ^l	16.63±0.20 ^l	8.75
%10 EHK	61.69±0.40 ^j	-1.10±0.02 ^{no}	13.33±0.33 ^o	7.38
%20 EHK	68.86±0.32 ^b	-0.66±0.02 ^j	15.44±0.35 ^k	6.38
%30 EHK	66.38±0.50 ^g	-0.82±0.01 ^{kl}	13.48±0.34 ^o	8.63
%50 EHK	67.19±0.36 ^{ef}	-0.73±0.01 ^{jk}	16.04±0.03 ^j	8.15
%100 EHK	67.55±0.17 ^{cde}	0.29±0.03 ^l	17.93±0.01 ^g	8.58
%10 KK	63.79±0.15 ^h	3.37±0.06 ^f	17.43±0.31 ^h	12.58
%20 KK	57.24±0.40 ^m	5.22±0.11 ^c	20.09±0.08 ^b	20.09
%30 KK	50.76±0.14 ^o	7.65±0.07 ^a	19.67±0.17 ^c	26.48
%10 EKK	61.02±0.15 ^k	2.74±0.22 ^g	17.12±0.25 ^h	15.11
%20 EKK	51.83±0.24 ⁿ	5.13±0.02 ^c	19.18±0.20 ^{de}	24.52
%30 EKK	48.33±0.23 ^p	7.05±0.11 ^b	21.77±0.17 ^a	29.10
%10 İK	67.23±0.06 ^{ef}	1.35±0.09 ^h	18.58±0.28 ^f	9.37
%20 İK	62.38±0.15 ^l	3.26±0.07 ^f	19.43±0.03 ^{cd}	14.45
%30 İK	57.82±0.12 ^l	4.47±0.07 ^d	18.86±0.04 ^{ef}	18.78
%10 HİSKK	48.19±0.26 ^p	3.61±0.11 ^e	14.71±0.20 ^l	27.55

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

İncelenen ekmeklerin kimyasal kompozisyonu Çizelge 4.13’de sunulmuştur. Hidrolizat ilavesi yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle yapıda daha fazla su tutmakta bu da ekmeğin kuru madde içeriğini düşürmektedir. Direkt kepek ilavesi ekmeklerin kurumadde içeriklerinde kısmi artışa neden olmuştur. Hidrolizat ilavesi ile ekmek örneklerinin kül içerikleri artmış, bir başka ifade ile mineral madde içeriklerinin arttığı tespit edilmiştir. Direkt kepek ilavesi de benzer etki göstermiş ve kül içeriğinde artışa neden olmuştur. Buğday ununa endosperm kısmına göre daha yüksek düzeyde protein içeriğine sahip olan kepek ilavesi, ekmeklerde protein oranında artışa neden olmuştur. Kontrol ekmeğinin yağ içeriği %0.63 olarak tespit edilmiş ve buğday ununda endosperm kısmına göre daha yüksek düzeyde yağ içeriğine sahip olan kepek, toplam yağ içeriğinde de artışa neden olmuştur. Hidrolizat ilavesi ile üretilen ekmeklerde toplam yağ ve toplam protein içeriğinde değişiklik gözlenmemiştir. HİSKK ekmek yapımında kullanılmış ve ekmeklerde yağ ve protein içeriğinde değişim meydana getirmediği kül içeriklerini ise arttırdığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Ekmek örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

	% Km	% Kül	% Protein	% Yağ
KONTROL	34.57±0.53 ^{de}	1.58±0.00 ^{lm}	11.36±0.15 ^g	0.63±0.03 ^f
%10 HK	32.85±0.41 ^{ij}	2.22±0.01 ^l	11.52±0.12 ^{fg}	0.63±0.05 ^f
%20 HK	32.36±0.18 ^l	2.64±0.11 ^g	11.50±0.13 ^{fg}	0.64±0.07 ^f
%30 HK	32.97±0.23 ^{hi}	2.75±0.04 ^f	11.53±0.23 ^{fg}	0.67±0.02 ^f
%50 HK	30.47±0.38 ^k	2.93±0.03 ^d	11.56±0.43 ^{efg}	0.68±0.03 ^f
%100 HK	34.22±0.14 ^{ef}	3.06±0.02 ^c	11.49±0.19 ^{fg}	0.70±0.02 ^f
%10 EHK	32.32±0.39 ^l	0.91±0.01 ^r	11.52±0.04 ^{fg}	0.68±0.05 ^f
%20 EHK	33.89±0.65 ^{gh}	1.16±0.02 ^p	11.45±0.23 ^{fg}	0.63±0.05 ^f
%30 EHK	33.52±1.00 ^{fgh}	1.28±0.00 ^o	11.59±0.07 ^{defg}	0.66±0.07 ^f
%50 EHK	33.26±0.51 ^{gh}	1.43±0.02 ⁿ	11.63±0.10 ^{defg}	0.63±0.04 ^f
%100 EHK	32.64±0.38 ^{hi}	1.56±0.00 ^m	11.51±0.11 ^{fg}	0.64±0.04 ^f
%10 KK	36.62±0.90 ^{ab}	2.63±0.02 ^g	11.60±0.10 ^{defg}	1.00±0.05 ^e
%20 KK	37.34±0.12 ^a	3.25±0.01 ^b	11.83±0.10 ^{cde}	1.22±0.03 ^d
%30 KK	37.21±0.11 ^a	3.85±0.00 ^a	12.18±0.06 ^a	1.42±0.03 ^c
%10 EKK	36.00±0.27 ^{bc}	1.61±0.00 ^{kl}	11.73±0.12 ^{cdef}	1.03±0.04 ^e
%20 EKK	34.37±0.20 ^{ef}	2.27±0.01 ^h	11.98±0.11 ^{abc}	1.20±0.03 ^d
%30 EKK	35.34±0.14 ^{cd}	2.86±0.00 ^e	12.12±0.05 ^{ab}	1.43±0.03 ^c
%10 İK	36.23±0.38 ^b	1.58±0.01 ^{lm}	11.52±0.04 ^{fg}	1.37±0.05 ^c
%20 İK	33.89±0.44 ^{efg}	1.64±0.01 ^k	11.62±0.14 ^{defg}	1.52±0.04 ^b
%30 İK	31.36±0.66 ^j	1.85±0.01 ^j	11.86±0.02 ^{bcd}	1.69±0.01 ^a
%10 HİSKK	33.05±0.67 ^{ghi}	1.82±0.00 ^j	11.36±0.13 ^g	0.67±0.01 ^f

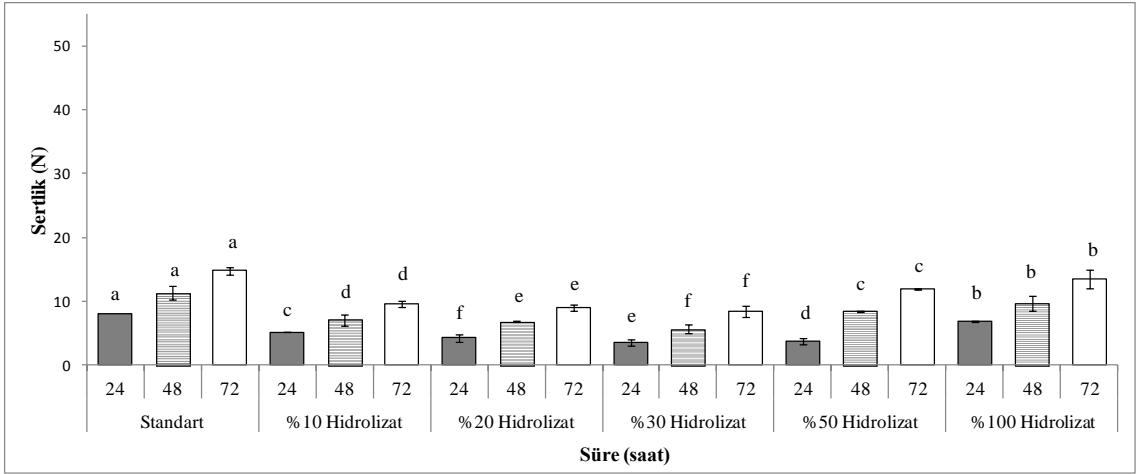
a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,p,r aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan ekmeğin tüketim miktarları göz önüne alındığında ekmeğin bayatlaması, önemli oranda kayıplara neden olmaktadır. Ekmeğin bayatlamasının temel nedeni nişastanın retrogradasyonu olduğu düşünülmekle birlikte, yapılan çalışmalar nişasta retrogradasyonunun tek faktör olmadığı, yüzeysel kurummanın ve nişasta ile gluten arasında meydana gelen bağlanmaların da bayatlama üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur (Martin ve ark., 1991). Ekmeğin üretimi ve depolanması boyunca tekstür ölçümleri ekmeğin bayatlaması hakkında fikir edinmek amacıyla kullanılmaktadır (Lassoued ve ark., 2008) ve üretim ve tüketim süresince ekmeğin kalitesinin ölçülmesinde önemli bir parametredir.

Ekmeğin 0, 24, 48 ve 72. saatlerde tekstür cihazı ile sertlik durumlarındaki artış tespit edilmiş ve sonuçlar Şekil 4.2(a,b,c,d,e,f)'de gösterilmiştir. %50 düzeyine kadar HK ilavesi ekmeğin içi yumuşaklığını artırırken, %100 düzeyinde yumuşaklık kontrol ekmeğine benzer bulunmuştur. Hidrolizatların su tutma kapasitesini artırması, ekmeğin içi yumuşaklığını 72. saate kadar korumasına ve de sertlik derecesinde düşüş meydana gelmesine neden olmaktadır. HK'ya hemiselülaz enzimi ilave edilmesinin de ekmeğin içi sertlik derecesinde artmaya neden olduğu görülmektedir. İlave edilen hemiselülaz enzimi, hemiselülozları parçalamakta ve hemiselülozlara bağlı durumda olan su açığa çıkarak ekmeğin içini yumuşamasına neden olmaktadır. Buğday ununa doğrudan kepek ilave edilerek üretilen ekmeğin daha düşük hacim ve daha sıkı bir içyapıya rastlanmakta (Çizelge 4.10), bu durum ekmeğin sertlik değerini de artırmaktadır. Fırın çıkışından 5 saat sonra yapılan 0. saat ölçümlerine göre kontrol ekmeğinde 3.58 N olan sertlik değeri, ilave edilen KK oranının artışına paralel olarak 6.94 N'dan 54.00 N düzeyine kadar çıkmaktadır. Benzer durum ince kepek ilave edildiğinde görülmektedir (Şekil 4.2e). EKK ilave edilmiş ekmeğin, KK ilaveli ekmeğe benzer özellik göstermiş olup sertlik değerleri kepek miktarı ve ölçüm zamanına bağımlı olarak 7.38 N-53.48 N arasında değişmiştir. HİSKK katkılı ekmeğin ise, yapısına bağlı olduğu fazla miktardaki sudan dolayı ekmeğin iç yapısının daha yumuşak olduğu ve 48. saatte bile sertlik değerinde önemli bir artışın olmadığı gözlenmiştir. Una artan oranlarda diyet lifi (Jensen ve ark., 2015; Feili ve ark., 2013) ve kaba ve ince kepek ilavesinin (Gomez ve ark., 2011; Curti ve ark., 2013; Le Bleis ve ark., 2015) ekmeğin başlangıç sertlik değerini yükselttiği (Ghoshal ve ark., 2013) rapor edilmiştir. Kek üzerinde yapılan bir

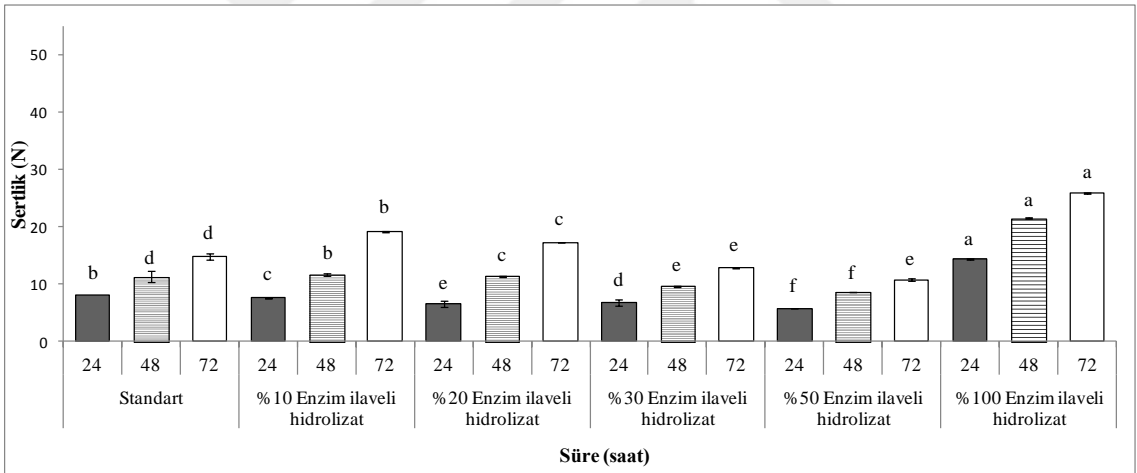
çalışmada yulaf, bezelye, elma ve limon liflerinin kek sertliğini ise yükselttiği bildirilmiştir (Aydogdu ve ark., 2018).

Ekmek örneklerinin 24. saat ile 72. saat arasında sertlik değerlerinde meydana gelen değişimler incelendiğinde kontrol ekmeğinin sertlik değerinin 72 saat sonunda 6.73 Nm artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ekmeklere HK ilavesi sertlik değerlerini düşürmüştür. %10-100 HK ilaveli ekmeklerde 72 saat sonunda sertlik değerleri 4.36-6.66 Nm aralığında artış göstermiştir. Benzer durum EHK ilaveli ekmeklerde de görülmektedir. Ekmeklere ilave edilen kepek miktarı arttıkça 72 saat sonundaki sertlik değerlerinde de artışlar meydana gelmektedir. KK ilaveli ekmeklerde 72 saat sonundaki sertlik değerleri 6.85-16.19 Nm aralığında, İK ilaveli ekmeklerde ise 11.91-18.07 Nm aralığında değiştiği belirlenmiştir. Benzer bir artışın EKK ilaveli ekmeklerde de meydana geldiği tespit edilmiştir. 72 saat sonunda HK ilaveli ekmeklerin diğer ekmeklere göre daha az sertlik değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durum miksolab analizlerinde ekmeğin bayatlama hızını gösteren C5-C4 farkında da görülmektedir.



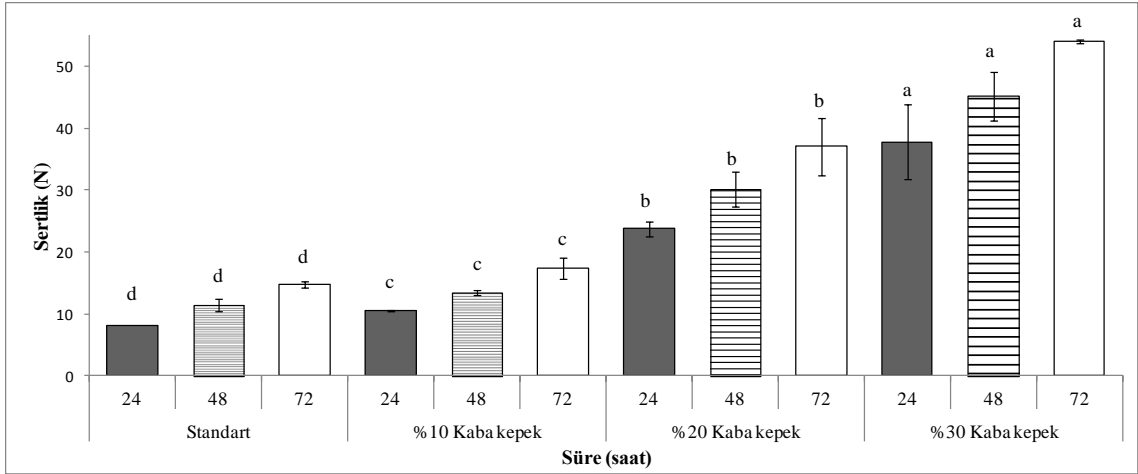
a,b,c,d,e,f aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Şekil 4.2a. Hidrolizat ilaveli ekme örneklerine ait tekstür analiz sonuçları



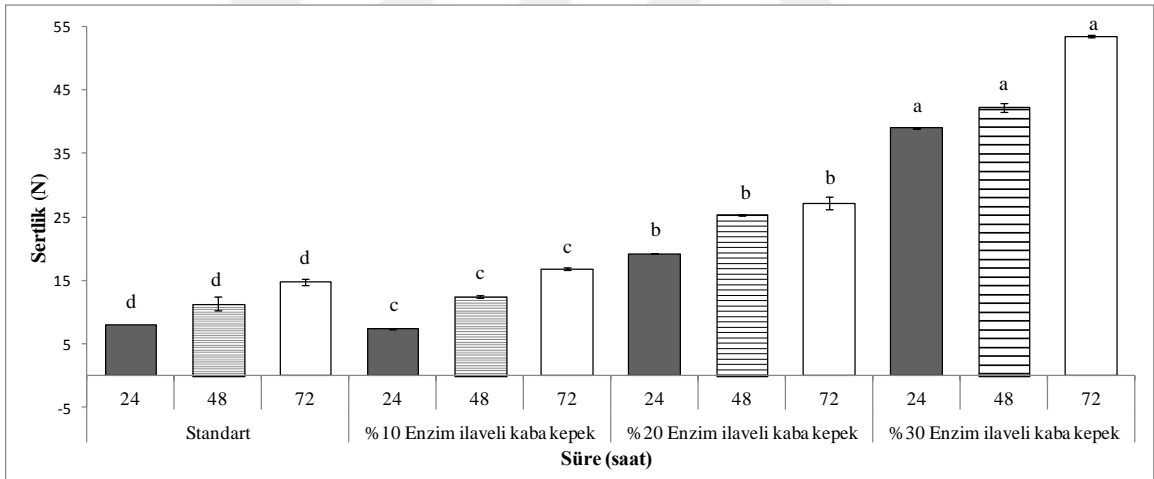
a,b,c,d,e,f aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Şekil 4.2b. Enzim katkıli hidrolizat ilaveli ekme örneklerine ait tekstür analiz sonuçları



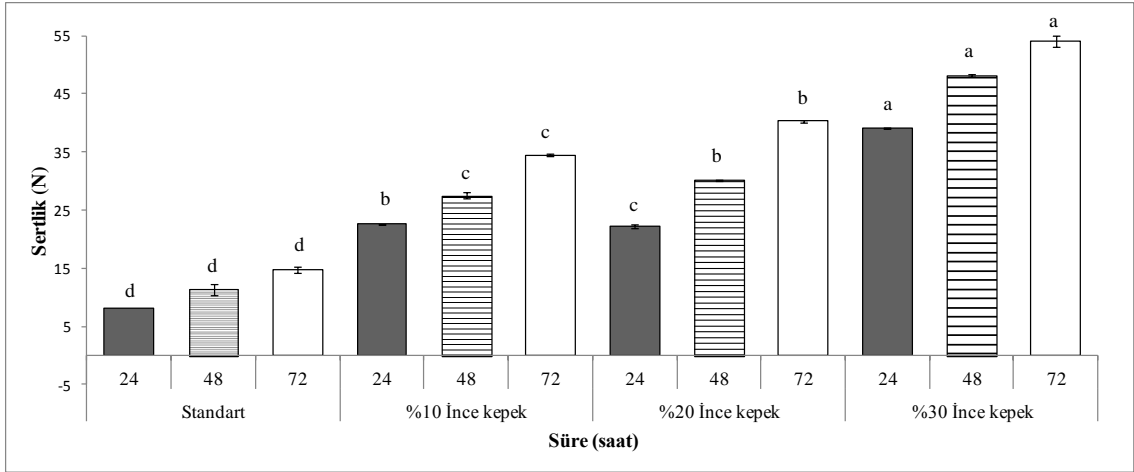
a,b,c,d aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Şekil 4.2c. Kaba kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları



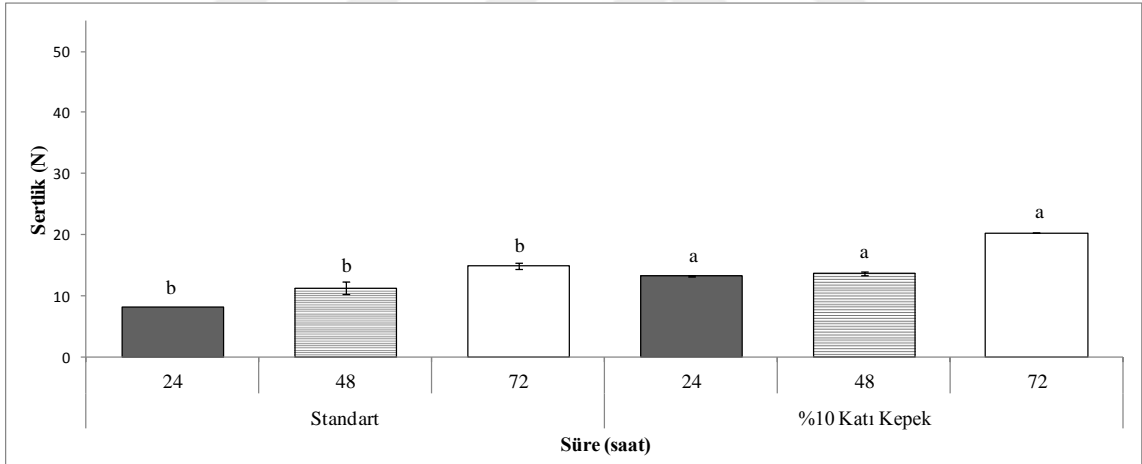
a,b,c,d aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p<0.05$)

Şekil 4.2d. Enzim katkılı kaba kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları



a,b,c,d aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Şekil 4.2e. İnce kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları



a,b aynı zamana ait bloklar arasında farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır ($p < 0.05$)

Şekil 4.2f. Hidrolizasyonu sonrası arta kalan katı kepek ilaveli ekmek örneklerine ait tekstür analiz sonuçları

4.7. Ekmeklerin Duyusal Özellikleri

Gıdada tüketici kabulünü etkileyen özellikle lezzet gibi duyusal kalite kriterlerinin belirlenmesinde nesnel yöntemlerin yetersiz kalması nedeni ile duyusal analizler önemini sürdürmektedir. Üretilen ekmekler 30-50 yaş aralığında 10 paneliste uygulanmış, panelistlerden ekmeğin şekli ve simetri durumu, kabuk rengi ve görünümü, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, ekmeğin içi rengi ve tat ve aroma olacak şekilde 7 temel özellik üzerinden ekmeği değerlendirmeleri istenmiştir. Panelistler 5 farklı oranda (%10, 20, 30, 50 ve 100) hidrolizat ilaveli, 5 farklı oranda (%10, 20, 30, 50 ve 100) enzim katkılı hidrolizat ilaveli, 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) kaba kepek ilaveli, 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) enzim katkılı kaba kepek ilaveli, 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) ince kepek ilaveli ve %10 HİSKK ilaveli ile kontrol olmak üzere 21 farklı ekmeği duyusal açıdan değerlendirmişlerdir ve sonuçlar Çizelge 4.14A ve 4.14B'de verilmiştir.

Kontrol ekmeği 10 puan üzerinden 8.6 ortalama simetri puanı almıştır. Hidrolizat ilaveli ekmeklerde simetri puanları 8 ve üzerinde olmuştur. En yüksek simetri puanını 9.6 ile %50 EHK ilaveli ekmekler almıştır. Kaba ve ince kepek ilavesi ekmeklerin simetri durumlarını olumsuz etkilemiş ve ortalama 6.8 puan almıştır. Hidrolizat ilaveli ekmekler de kabuk rengi Kontrol ekmeğine yakın puanlar alırken en yüksek kabuk rengi puanını %10 HK ilaveli ekmekler almıştır. Benzer durum enzim katkılı ekmeklerde de saptanmıştır. Kontrol ekmeği kabuk renginde ortalama 8.4 puan alırken, kepek ilave oranı arttıkça kabuk rengine verilen puanlar da düşmüştür. Hidrolizat ilavesi ekmeklerin daha düzgün bir kabuk görünümüne sahip olmasına neden olmuş ve ortalama 8.9 puan alarak kontrol ekmeğinden daha üstün bir özellik göstermiştir. Enzim katkılı hidrolizat ilaveli ekmeklerde de benzer durum gözlenmiş ve ortalama 8.8 puan almıştır. Kontrol ekmeği kabuk görünümünden ortalama 7.8 puan alırken kaba kepek ilavesi ile ortalama 6.0 puana, ince kepek ilavesi ile ortalama 6.5 puana düşmüştür. Kontrol ekmeği gözenek yapısı bakımından 12.5 puan alırken her iki kepek ilavesi ile puanlar düşmüş ve ortalama 11 seviyelerine gerilemiştir. Hidrolizat ilaveli ekmekler ise kontrol ekmeğine benzer puanlar almıştır, enzim katkısı ekmeklerin gözenek yapılarında görsel olarak belirgin bir değişime neden olmamıştır.

Ekmek içi renkleri 5 farklı renk skalasında (beyaz-açık krem renginde, krem renginde, sarımsı - koyu krem renginde, sarı - açık kahverengi, koyu sarı veya esmer) 20 puan üzerinden değerlendirilmiştir. Kontrol ekmeği 18.4 puan alırken hidrolizat ilaveli ekmeklerde %50 HK düzeyine kadar kontrol ekmeği ile aynı puanları almış, %100 HK ilaveli ekmeklerde bu değer 15.6'a düşmüştür. Aynı durum, EHK ilaveli ekmeklerde de gözlenmiştir. %100 HK ilavesinde ekmek iç rengi puanı düşmüş ve renk diğer örneklerle göre daha sarı bir renk almıştır. Kaba kepek ilavesi ile ekmek içi renk puanları kontrol ekmeğine göre yaklaşık 4 kat düşmüştür. İnce kepek ekmek iç rengini bir miktar iyileştirse de, hidrolizat katkısı ile üretilen ekmeklerden daha düşük puanlar almıştır.

Çiğneme esnasında yapışkan, hamurumsu, kuru, zor parçalanan ve ağızda kalıntı bırakan ekmekler tüketiciler tarafından tercih edilmemektedir. Kontrol ekmeği ortalama 13 puan almış, hidrolizat ilaveli örneklerde %50 HK ilavesine kadar kontrol ekmeğinden daha yüksek puanlar görülmüş, %100 HK ilavesinde çiğnenebilirlik 11.5'e, %100 EHK ilavesinde ise 10.5 seviyesine gerilemiştir. Doğrudan kepek ilave edilen ekmeklerde çiğnenebilirlik puanları ilave edildiği miktara ve kepek türüne bağımlı olarak 8.5-9'a kadar düşmüştür. Tat ve aroma bakımından hidrolizat katkılı ekmekler ortalama 16.8 puan ile kontrol ekmeğinden daha fazla puan almıştır. Doğrudan kepek ilavesi ise bu değer artan miktar ve kepek boyutuna bağımlı olarak 11'e kadar düşmüştür.

HİSKK ilaveli ekmekler simetri, kabuk görünümü ile tat ve aroma bakımından en düşük puanı almıştır. Gözenek yapısında 11.5 puan olarak kontrol ekmeğine yaklaşmıştır. Ayrıca çiğnenebilirlik puanı KK ve EKK ilaveli ekmekler ile benzerlik göstermiş olup 8.5 puan almıştır. HİSKK ilaveli ekmekler ise 50.8 toplam puan ile en düşük puanı alan ekmek olmuştur.

Çizelge 4.14A. Ekmek örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları

	Simetri	Kabuk Rengi	Kabuk Görünümü	Gözenek
KONTROL	8.6±1.6	8.4±1.1	7.8±1.1	12.5±1.6
%10 HK	9.4±1.0	7.6±1.5	9.0±1.4	11.0±1.1
%20 HK	8.2±1.2	7.0±1.4	8.8±1.4	11.5±1.4
%30 HK	9.0±1.4	6.6±1.1	9.2±1.4	12.5±1.6
%50 HK	8.8±1.0	8.2±1.5	8.6±1.0	12.0±1.6
%100 HK	8.0±1.9	8.2±1.8	8.8±1.0	11.5±1.4
%10 EHK	9.4±1.0	9.0±1.7	7.8±1.4	11.5±1.4
%20 EHK	9.2±1.4	7.0±1.2	9.2±1.4	10.5±0.6
%30 EHK	8.2±0.9	7.4±1.9	8.4±1.8	13.0±1.6
%50 EHK	9.6±0.8	8.2±1.8	9.2±1.0	11.0±1.1
%100 EHK	6.6±1.5	8.2±1.2	6.4±1.6	12.0±1.6
%10 KK	6.8±1.7	5.2±0.9	5.8±1.5	11.0±1.1
%20 KK	7.6±1.8	4.8±0.7	6.8±1.5	11.0±2.2
%30 KK	6.8±1.1	4.2±1.2	5.8±0.9	12.0±1.6
%10 EKK	7.8±1.6	4.8±0.9	8.6±1.3	11.5±1.4
%20 EKK	6.6±1.6	3.8±1.5	5.8±1.0	11.0±1.1
%30 EKK	7.8±1.4	5.2±0.7	6.6±1.5	12.0±1.6
%10 İK	6.8±1.3	6.2±1.2	7.6±1.1	12.0±1.6
%20 İK	6.4±1.1	5.6±1.6	6.4±1.1	10.5±2.7
%30 İK	7.8±1.5	5.0±0.7	5.6±0.6	10.0±2.1
%10 HİSKK	5.6±1.2	2.2±0.6	5.8±1.6	11.5±3.1

Çizelge 4.14B. Ekmek örnekleri ait duyusal analiz sonuçları

	Ekmek İçi Rengi	Çiğnenebilirlik	Tat ve Aroma	Toplam
KONTROL	18.4±1.8	13.0±1.6	16.4±2.0	85.1
%10 HK	18.4±1.8	11.0±1.1	17.2±2.3	83.6
%20 HK	18.4±1.1	14.0±1.1	18.0±2.1	85.9
%30 HK	18.4±1.1	13.5±1.4	17.2±1.7	86.4
%50 HK	18.8±0.9	14.0±1.1	17.6±1.8	88.0
%100 HK	15.6±2.0	11.5±2.4	14.0±1.9	77.6
%10 EHK	18.0±1.8	13.0±2.5	17.2±1.9	85.9
%20 EHK	16.8±1.8	12.0±2.5	16.8±1.5	81.5
%30 EHK	19.2±1.5	13.5±1.4	18.4±2.1	88.1
%50 EHK	16.4±3.0	14.0±1.1	18.0±2.1	86.4
%100 EHK	7.6±2.0	10.5±1.7	12.8±1.7	64.1
%10 KK	5.2±0.9	12.5±1.6	16.0±2.3	62.5
%20 KK	4.4±1.3	9.5±1.6	13.2±1.7	57.3
%30 KK	4.8±0.7	9.0±1.8	12.4±2.5	55.0
%10 EKK	6.0±1.1	8.5±2.4	14.4±1.4	61.6
%20 EKK	5.2±0.9	7.5±1.6	11.6±1.3	51.5
%30 EKK	4.8±0.7	8.0±1.6	12.8±1.5	57.2
%10 İK	8.0±1.3	11.0±2.2	14.8±1.9	66.4
%20 İK	9.2±0.9	9.5±1.9	11.2±2.2	58.8
%30 İK	8.0±1.7	8.5±1.7	15.2±2.2	60.1
%10 HİSKK	4.8±1.5	8.5±2.1	12.4±2.1	50.8

Bütün kriterler göz önüne alındığında üretilen ekmeklerin toplam beğeni puanı 50.8 ile 88.1 arasında değişmiştir. En yüksek puan ve beğeniyi %30 EHK ve %50 HK ilaveli ekmeklerin aldığı ve ekmeğe doğrudan kepek ilavesinin tüketici beğenisini düşürdüğü tespit edilmiştir. Hidrolizat ilaveli ekmekler ise tat ve aroma açısından duyusal olarak panelistler tarafından beğenilmiştir. Ürüne ilave edilen hidrolizatların tersine, kaba ve ince kepeklerin, çiğnenebilirliği olumsuz yönde etkilediği ve ekmeklerde daha sıkı bir gözenek yapısı medyana getirdiği gözlemlenmiştir.

Ekmeklere buğday kepeği ilavesinin duyusal özellikleri (renk, tat ve ağızda bıraktığı his vb.) olumsuz yönde etkilediği rapor edilmiştir (Sudha ve ark., 2007; Hung ve ark., 2007; Gomez ve ark., 2011). Laktik asit bakterileri ile fermente edildikten sonra una buğday kepeği ilavesinin (Prückler ve ark., 2015) ve farklı lif kaynaklarının (Ho ve ark., 2013; Wu ve Shiau., 2014), aleuron ilavesinin (Bagdi ve ark., 2016) ve psedou tahılların (Chlopicka ve ark., 2012) belirli oranlara kadar kullanımının direkt kepek kullanımına göre duyusal özellikleri iyileştirdiği bildirilmiştir. Bu çalışmada kepek ilavesinin ekmeğin duyusal özelliklerine olumsuz etki yaptığı ve bu bakımdan literatür ile benzerlik gösterdiği, hidrotermal işlemlerle muamele edilen kepeklerin ise duyusal özellikleri iyileştirdiği ve tüketici beğenisinin artmasını sağladığı belirlenmiştir.

4.8. Ekmeklerin Fonksiyonel Özellikleri

Değişen yaşam koşulları ve sağlık problemlerinde meydana gelen artışlar tüketicileri daha sağlıklı, besleyici ve fonksiyonel gıdalara yönlendirmektedir. Bu kapsamda tüketiciler yüksek antioksidan madde ve diyet lifi içeren, katkı maddesi barındırmayan ürünleri tercih etmektedir. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde ve toplam flavonoid içerikleri ve toplam antioksidan aktiviteleri analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.15’de sunulmuştur. Ekmeklerin toplam fenolik madde içerikleri 21.14-62.68 mg GE/100 g arasında değişmektedir. Kontrol ekmeğinde 21.14 mg GE/100 g olan toplam fenolik madde içeriği %100 HK ilaveli ekmeklerde 39.64’e, %100 EHK ilaveli ekmeklerde ise 57.98 mg GE/100 g’a yükselmiştir. Ekmek örneklerinin toplam flavonoid madde içerikleri 10.78-38.02 µg KE/100 g aralığında değiştiği tespit edilmiştir. HK ilave oranı arttıkça toplam flavonoid içeriği de artmış ve %100 HK ilaveli ekmeklerde 22.88 µg KE/100 g’a kadar yükselmiştir. En yüksek flavonoid madde içeriği 38.02 µg KE/100 g ile %30 İK ilaveli ekmeklerde tespit edilmiştir. Üretilen ekmeklerin 3 farklı yöntemle yapılan antioksidan aktivite tayininde; DPPH metoduna göre 1.10-2.99 µM TE/100 g, ABTS yöntemine göre 4.22-11.08 µM TE/100 g ve FRAP yöntemine göre 2.25-6.76 µM TE/100 g aralığında antioksidan aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Hidrolizatlar, ilave edildiği miktara bağımlı olarak ekmeklerin antioksidan değerlerini yükseltmiştir. Benzer durum EHK ilaveli ekmeklerde de elde edilmiştir. Kepek ilavesi de ekmeklerde antioksidan değerlerini yükseltmektedir. %10 HİSKK ilaveli ekmeklerin %10 kaba kepek ilaveli ekmeklere göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür.

Temel besin maddesi kaynağı olarak buğday dünya üzerindeki önemli tahıllardan birisidir. Buğday iyi bir protein, karbonhidrat ve vitamin kaynağı olmakla birlikte önemli derecede flavonoid madde ve fenolik asit içermektedir (Adom ve ark., 2005). Patil ve ark. (2016) yaptığı çalışmada 100 g buğday unu ile ürettiği ekmeğin toplam fenolik madde içeriğini 20.83 mg GE/100 g ve 3 farklı oranda (%10, 20 ve 30) darı ilave edilerek üretilen ekmeklerin ise 29.59-80.74 mg GE/100 g arasında tespit etmiştir. Bu çalışmada üretilen ekmeklerin toplam fenolik madde içerikleri (21.14-62.68 mg GA/100 g) ile benzer bulunmuştur. Aynı çalışmada FRAP yöntemi ile buğday unu ile

elde edilen ekmeklerin antioksidan aktivite değerleri 9.15-10.71 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$ olarak tespit edilmiştir. Yu ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada beyaz ekmeğin toplam fenolik madde içeriğini 0.79–1.03 mg/g arasında, tam buğday unlu ekmekte ise 1.50–1.65 mg/g arasında tespit etmişlerdir. Chlopicka ve ark. (2012) buğday unu ile yapılan ekmekte 20.3 μg kateşin/g toplam flavonoid madde tespit etmişlerdir. Li ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada kepekli unların rafine unlara göre daha yüksek oranda flavonoid madde içerdiklerini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada ise ince kepeğin kaba kepeğe göre daha yüksek flavonoid madde içerdiği bildirilmiştir (Brewer ve ark., 2014). Lavelli ve ark. (2009) buğday unu ile üretilen ekmeğin antioksidan aktivitesini DPPH yöntemi ile ölçmüş ve 0.58-1.46 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ olarak, Liu ve ark. (2010) 6 farklı buğday ekmeğinde DPPH antioksidan aktivitesini 6.48-8.57 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ arasında tespit etmişlerdir. Hammaddeki farklılıklar (ekmek, kepek), ekstrakte edilen fenolik bileşiklerdeki farklılıklar ve ekstraksiyon koşullarındaki farklılıkların bu çalışmada üretilen ekmeklerin antioksidan aktivitelerinin (FRAP: 2.25-6.76 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$, DPPH: 1.10-2.99 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$, ABTS: 4.22-11.08 $\mu\text{mol TE}/100\text{ g}$) literatürdeki çalışmalardan daha düşük olmasına neden olduğu dşnlmektedir.

Çizelge 4.15. Ekmek örneklerine ait toplam antioksidan, toplam flavonoid ve toplam fenolik madde içerikleri

	Toplam Flavonoid Madde (µg KE/100 g)	Toplam Fenolik Madde (mg GE/100 g)	Antioksidan Aktivite		
			DPPH	ABTS	FRAP
			(µM TE/100 g)		
KONTROL	10.78±0.52 ^l	21.14±1.70 ^l	1.12±0.09 ^{hj}	4.22±0.11 ^k	2.25±0.02 ^l
%10 HK	9.92±0.35 ^m	25.89±0.29 ^k	1.10±0.07 ^{hj}	4.48±0.27 ^k	2.73±0.16 ^k
%20 HK	11.07±0.06 ^l	24.81±0.46 ^k	1.28±0.06 ^{ij}	5.54±0.12 ^j	3.33±0.02 ^j
%30 HK	12.82±0.26 ^k	33.10±3.42 ^j	1.43±0.03 ^{ghi}	6.48±0.08 ^j	3.68±0.05 ^l
%50 HK	17.25±0.32 ^l	33.43±0.17 ^j	1.75±0.06 ^f	7.66±0.02 ^g	4.24±0.02 ^{gh}
%100 HK	22.88±0.26 ^f	39.64±0.13 ^{fg}	2.07±0.07 ^c	8.91±0.05 ^e	5.26±0.12 ^{de}
%10 EHK	14.14±0.15 ^j	38.48±1.13 ^h	1.59±0.14 ^{fg}	7.13±0.56 ^h	4.04±0.20 ^h
%20 EHK	14.98±0.69 ^j	36.64±0.04 ^{hi}	1.61±0.06 ^{efg}	7.29±0.02 ^h	4.28±0.00 ^{gh}
%30 EHK	18.17±0.49 ^h	35.31±0.54 ^{ji}	1.62±0.02 ^{efg}	7.17±0.12 ^h	4.23±0.04 ^{gh}
%50 EHK	20.98±0.61 ^g	36.89±0.88 ^{hi}	1.56±0.24 ^{gh}	7.91±0.10 ^g	4.63±0.02 ^f
%100 EHK	30.49±0.06 ^c	57.98±3.21 ^b	2.13±0.02 ^{bc}	9.75±0.07 ^c	5.61±0.63 ^c
%10 KK	14.43±0.03 ^j	44.68±0.50 ^e	1.30±0.02 ^l	7.04±0.49 ^h	4.23±0.03 ^{gh}
%20 KK	21.53±0.44 ^g	53.60±1.33 ^{cd}	1.38±0.14 ^{hi}	8.23±0.02 ^f	5.08±0.03 ^e
%30 KK	25.38±0.52 ^d	55.56±0.79 ^c	1.83±0.10 ^d	9.92±0.08 ^c	5.85±0.02 ^{bc}
%10 EKK	14.89±0.14 ^j	41.48±0.71 ^f	1.78±0.08 ^f	8.74±0.08 ^e	4.35±0.00 ^g
%20 EKK	20.67±0.52 ^g	51.60±1.33 ^d	1.77±0.02 ^f	9.38±0.16 ^d	5.09±0.05 ^e
%30 EKK	24.34±0.87 ^e	54.52±1.08 ^c	2.39±0.46 ^b	10.64±0.12 ^b	5.91±0.02 ^b
%10 İK	25.90±0.41 ^d	55.68±0.67 ^c	1.80±0.15 ^{de}	7.01±0.03 ^h	4.20±0.13 ^{gh}
%20 İK	35.24±0.03 ^b	62.68±0.75 ^a	2.29±0.04 ^{bc}	8.65±0.07 ^e	5.19±0.22 ^{de}
%30 İK	38.02±0.46 ^a	61.39±0.13 ^a	2.99±0.10 ^a	11.08±0.04 ^a	6.76±0.07 ^a
%10 HİSKK	25.58±0.26 ^d	40.39±0.54 ^{fg}	2.19±0.02 ^{bc}	8.74±0.03 ^e	5.46±0.00 ^{cd}

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistikî olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

Sağlık açısından faydaları bilinen diyet lifleri gıdalarda farklı oranlarda bulunmakla birlikte buğday kepeği yüksek diyet lifi içeriği ile ön plana çıkmaktadır. İki farklı formda bulunan diyet lifleri ürünlere fonksiyonellik katmaktadır (Fernandez-Gines ve ark., 2004). Bununla beraber ilave edildiği ürünlerde teknolojik açıdan olumlu ve olumsuz etkileri olmaktadır ve bu nedenle ekmek üretiminde farklı kaynaklardan diyet lifi kullanımı ile ilgili çalışmalara hala ihtiyaç bulunmaktadır.

Üretilen ekmeklere ait çözümlü diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi içerikleri Çizelge 4.16'da belirtilmiştir. Hidrolizat ilavesi ile ilave edildiği orana bağımlı olarak çözümlü diyet lifinde yaklaşık 2 katlık bir artış meydana gelmektedir. Hidrolizat ilavesinin, ekmekte çözünmez diyet lifi içeriğinde istatistiksel açıdan önemsiz bir artışa neden olduğu, çözümlü diyet lifi içeriğinde ise önemli düzeyde yükselmeye neden olduğu gözlenmiştir. Enzim ilavesi ise önemli bir değişikliğe neden olmamıştır. Standart una doğrudan kepek kullanımı ile üretilen ekmeklerde, kepek oranının artışına bağlı olarak çözünmez diyet lifi içeriği %13.52 düzeyine kadar yükselmiştir. Bu artış İK ilavesinde %7.54 düzeyinde kalmaktadır. Ekmeklere İK ilavesi ile çözümlü diyet lifi oranı %2.60'a, KK ilavesi ile %2.28 seviyelerine yükselmektedir. Kontrol ekmeğinde %4.34 olan toplam diyet lifi, hidrolizat ilavesi artmış ve %100 HK ilaveli ekmeklerde %4.93'e yükselmiştir. KK ve EKK ilaveli ekmeklerde beklenildiği üzere, toplam diyet lifi miktarı en yüksek seviyelere ulaşmış ve %30 KK ilaveli ekmeklerde %15.80'e kadar yükselmiştir. %10 HİSKK ilavesi ile ekmeklerin çözünmez diyet lifi içeriği %8.41'dir ve toplam diyet lifi %9.57 düzeyindedir.

Ragae ve ark. (2011) yaptığı çalışmada standart ekmeğin (100 g buğday unu) toplam diyet lifi miktarını 3.9 g/100 g, çözümlü diyet lifini 1.5 g/100 g ve çözünmez diyet lifini 2.4 g/100 g olarak tespit etmişlerdir. Bu değerlerin çalışmamızdan elde edilen toplam diyet lifinden (4.34 g/100 g) düşük, çözümlü diyet lifinden (0.76 g/100 g) yüksek, çözünmez diyet lifinden (3.58 g/100 g) düşük olduğu görülmektedir. Messia ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada ekmek üretiminde %20 oranında kepek kullanmıştır. Kepek ilavesinin toplam diyet lifini (TDL) 3.4 g/100 g'dan 9.8 g/100 g seviyesine yükselttiğini benzer şekilde çözünmez diyet lifinde de artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen veriler bu literatür verileriyle benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.16. Ekmek örneklerine ait çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi içerikleri

	Çözünmez	Çözünür	Toplam	ÇZDL/ÇDL
KONTROL	3.58±0.11 ^{lmn}	0.76±0.02 ⁿ	4.34±0.10 ^m	4.71
%10 HK	3.51±0.07 ^{mn}	0.93±0.02 ^m	4.44±0.08 ^{lm}	3.77
%20 HK	3.59±0.05 ^{lmn}	1.05±0.02 ^l	4.65±0.06 ^{kl}	3.36
%30 HK	3.61±0.03 ^{lmn}	1.28±0.04 ^{ij}	4.88±0.06 ^{ijk}	2.82
%50 HK	3.55±0.03 ^{mn}	1.38±0.04 ^{hi}	4.93±0.02 ^{ij}	2.57
%100 HK	3.43±0.12 ⁿ	1.50±0.18 ^g	4.93±0.07 ^{ij}	2.29
%10 EHK	3.79±0.05 ^{kl}	0.95±0.02 ^{lm}	4.74±0.05 ^{jk}	3.99
%20 EHK	3.70±0.04 ^{klm}	1.02±0.01 ^{lm}	4.72±0.08 ^{jk}	3.63
%30 EHK	3.85±0.23 ^k	1.22±0.04 ^{jk}	5.07±0.26 ^l	3.16
%50 EHK	3.80±0.05 ^{kl}	1.30±0.03 ^{ij}	5.10±0.05 ^l	2.92
%100 EHK	3.61±0.03 ^{lmn}	1.45±0.03 ^{gh}	5.06±0.01 ^l	2.49
%10 KK	6.47±0.25 ^l	1.71±0.06 ^f	8.18±0.19 ^g	3.78
%20 KK	10.32±0.31 ^c	1.94±0.16 ^e	12.26±0.45 ^c	5.32
%30 KK	13.52±0.05 ^a	2.28±0.06 ^b	15.80±0.11 ^a	5.93
%10 EKK	7.21±0.09 ^g	1.89±0.10 ^e	9.10±0.05 ^f	3.81
%20 EKK	10.03±0.07 ^d	2.06±0.02 ^d	12.09±0.08 ^c	4.87
%30 EKK	12.86±0.16 ^b	2.20±0.04 ^{bc}	15.07±0.22 ^b	5.85
%10 İK	5.75±0.05 ^j	1.83±0.04 ^e	7.58±0.04 ^h	3.14
%20 İK	6.75±0.14 ^h	2.11±0.06 ^{cd}	8.86±0.09 ^f	3.20
%30 İK	7.54±0.07 ^f	2.60±0.03 ^a	10.14±0.10 ^d	2.90
%10 HİSKK	8.41±0.09 ^e	1.16±0.02 ^k	9.57±0.08 ^e	7.25

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

4.9. Ekmeklerin Önemli Nişasta Fraksiyonları

Bugün her ne kadar ekmeğin nötr gıda olarak kabul edilse de ekmeğin fazla tüketiminde içerisinde bulunan nişastadan dolayı farklı sorunlar ile (obezite, diyabet, kalp damar rahatsızlıkları gibi) karşılaşılmaktadır. İnsan diyetinde önemli bir yeri olan ve özellikle de nişasta bakımından zengin olan tahıl ve baklagil ürünlerinin içerdiği nişasta *in vitro* sindirim hızı ve oranı dikkate alınarak hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) ve dirençli nişasta (DN) olarak sınıflandırılmaktadır (Englyst ve ark., 1992; Aarathi ve ark., 2003; Venn ve Mann, 2004; Dona ve ark., 2010).

Ülkemizde karbonhidrat alımında ekmeğin önemli bir kaynak durumundadır. Tüketilen karbonhidratların sindirim hızları, ilk önceleri *in vivo* olarak ölçülürken, bu sistemin kolay olmaması ve pahalı olması nedeniyle *in vitro* yöntemler denenmeye başlanmıştır (Englyst ve ark., 1992; Goni ve ark., 1997). Ekmeğin örneklerinin beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları *in vitro* olarak belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.17’de sunulmuştur. Hızlı kullanılabilir glikoz (HKG) düzeyi yüksek gıdaların tüketimi, kan şekeri düzeyinde ani yükselmelere neden olmakta, bu da metabolizmanın şekeri düzenini bozmaktadır. Ekmeklerin içerdiği lif miktarı arttıkça kan şekeri düzeyi daha yavaş artmakta, bu da glisemik indeks değerlerini azaltmaktadır (Ergun, 2014). Düşük glisemik indeksli gıdaların HKG düzeyi düşüktür (Thorsdottir ve Birgisdottir, 2005). Kontrol ekmeğinde %41.54 olan HKG düzeyi hidrolizat ilavesi ile azalmış ve %100 HK ilaveli ekmekte %30.37 olarak tespit edilmiştir. EHK ilaveli ekmeklerde de benzer durum görülmüş olup, %100 EHK ilaveli ekmeklerde %29.67 HKG düzeyi belirlenmiştir. Kaba kepek ilaveli ekmeklerde HKG düzeyi %28.07’e, ince kepek ilaveli ekmeklerde ise %28.92’ye düşmektedir (Çizelge 4.17). Bu durum sağlık açısından istenen bir özellik olup hidrolizat katkılı ekmeklerde bu düşüş bariz bir şekilde görülmektedir. Doğrudan kepek ilavesi ile HKG değerinin düştüğü, kepek oranının artmasına bağlı olarak da bu azalmanın arttığı tespit edilmiştir.

Metabolik hastalıkların önlenmesi ve kontrolü bağlamında yavaş sindirilebilir nişasta (YSN) oranı yüksek, fakat hızlı sindirilebilir nişasta (HSN) oranı düşük gıdaların seçimi

önemlidir (Asp 1996; Bravo ve ark., 1998; Aarathi ve ark., 2003; Englyst ve ark., 2003; Venn ve Mann 2004). HSN miktarı hidrolizat ilavesi ile orantılı olarak düşmektedir. Kontrol ekmeğinde HSN düzeyi %37.39 düzeyinde iken, direkt kepek ilave edilen ekmelerde bu oran %25.27 seviyesine kadar düşmektedir. KK ilavesi ise İK'e göre HSN oranını daha fazla düşürmektedir. Kontrol ekmeğine göre, YSN oranındaki artış %100 HK ilaveli ekmelerde 2.36 kat daha fazla tespit edilmiştir. Bu oranın üretilen ekmelerde %3.86-13.67 düzeyinde olduğu, ilave edilen kepek ve hidrolizat miktarı arttıkça YSN oranının da arttığı görülmektedir.

Ekmeklerin DN oranlarının %0-5.04 aralığında değiştiği, hidrolizat ilavesinin DN'yi önemli oranda artırmadığı tespit edilmiştir. İlave edilen kepek miktarına bağımlı olarak, un miktarı ve nişasta miktarı azalmakta, direkt kepek ilavesi de DN oranında artışa neden olmamaktadır. DN miktarı gıdaların pişirildikten sonra soğutulması (retrogradasyon), dirençli nişasta içeriği yüksek gıdaların kullanımı veya nişastanın modifikasyonu gibi yöntemlerle miktarı artırılabilir (Dupuis ve ark., 2014).

Nişastalı gıdalarda bulunan HSN'nın TN'ya oranı nişasta hidroliz endeksi (NHI) olarak adlandırılmakta ve *in vivo* olarak belirlenen GI değerinde olduğu gibi gıdalardaki nişastanın *in vitro* sindirim hızı ve oranını göreceli olarak yansıtmaktadır (Englyst ve ark., 2003). Hidrolizat ilavesinin NHI değerini düşürdüğü ve bu azalmanın ilave edilen hidrolizat miktarının artışına paralel olduğu tespit edilmiştir.

Gluten matriksinin nişasta granüllerini çevrelemesi ve arabinoksilan içeriği nişastanın hidrolizini yavaşlatmaktadır. Yapılan çalışmalarda yüksek arabinoksilanlı buğday ürünlerinin nişasta hidrolizinin daha yavaş olduğu saptanmıştır (Bravo ve ark., 1998). Hidrotermal işlemler ile kepeğin yapısında mevcut bulunan çözünür arabinoksilanlar açığa çıkmakta ve nişastanın hidrolizasyonunu yavaşlatmaktadır (Çizelge 4.17). Kontrol ekmeğinde 82.17 olan NHI değeri hidrolizat ilavesine paralel olarak düşmüş ve %100 HK ilaveli ekmelerde 61.91 olarak tespit edilmiştir. EHK ilavesinden de benzer durum gözlemlenmiş olup NHI 60.51 seviyesine inmiştir.

Güney ve orta Asya'da tüketilen ekmek çeşitlerinin nişasta sindirim hızları incelenmiş olup, beyaz undan yapılan ekmeklerde HSN oranının yüksek olduğu ekmeklere kepek ve diyet lifi gibi bileşenlerin girmesi ile HSN oranının düştüğü ve YSN oranında artışlar meydana geldiği tespit edilmiştir (Ranawana ve Henry, 2013). Ülkemizde beyaz, kepekli ve çavdar unu katkılı ekmeklerin nişasta fraksiyonları üzerine yapılan çalışmada buğday kepekli ekmeklerde %68.0 hızlı sindirilebilir nişasta ve %2.0 yavaş sindirilebilir nişasta tespit edilmiş olup pirinç ve mısır katkılı unlardan elde edilen ekmeklere kıyasla bu değerler daha yüksek bulunmuştur (Taş ve El, 2000). Çalışmamızda üretilen ekmeklerde hidrotermal işlem gören ve görmeyen kepeklerin hepsinde HSN oranlarının düştüğü, YSN oranlarının ise arttığı görülmektedir. Çözünür ve çözünmez diyet lifi ilavesinin nişastanın sindirim hızı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada kontrol örneğine 5 farklı oranda çözünür/çözünmez diyet lifi ilavesi yapılmış ve HSN ile YSN miktarlarındaki değişime bakılmıştır. Örneklerdeki çözünür diyet lifi içeriğindeki artışa paralel olarak HSN miktarında azalma, YSN miktarında ise artış meydana gelmiştir (Oh ve ark., 2014). Çalışmamızdan elde edilen verilere göre hidrolizatların çözünür diyet lifi içeriği, ekmeklerde yüksek YSN ve düşük HSN sonuçlarını elde etmeye neden olmuştur.

Çizelge 4.17. Ekmek örneklerinin beslenme açısından önemli nişasta fraksiyonları içeriği (%)

	HKG (%)	HSN (%)	YSN (%)	TN (%)*	DN (%)	NHI
KONTROL	41.54±0.39 ^a	37.39±0.35 ^a	3.86±0.12 ^j	45.51±0.33 ^a	4.25±0.57 ^{abc}	82.17±1.37 ^a
%10 HK	40.22±0.05 ^b	36.19±0.05 ^b	5.30±0.38 ^{gh}	45.37±0.33 ^a	3.87±0.66 ^{bcd}	79.78±0.49 ^{bc}
%20 HK	37.08±0.13 ^e	33.37±0.12 ^e	6.82±0.46 ^f	45.23±0.33 ^a	5.04±0.68 ^a	73.78±0.28 ^e
%30 HK	34.99±0.13 ^h	31.49±0.12 ^h	9.73±0.43 ^d	45.10±0.33 ^a	3.87±0.02 ^{bcd}	69.84±0.77 ^f
%50 HK	33.01±0.04 ^j	29.71±0.04 ^j	10.80±0.19 ^{bc}	44.82±0.33 ^a	4.31±0.18 ^{abc}	66.29±0.56 ^g
%100 HK	30.37±0.09 ^l	27.33±0.08 ^l	13.67±0.12 ^a	44.14±0.32 ^b	3.14±0.28 ^{de}	61.91±0.63 ^h
%10 EHK	39.99±0.13 ^b	35.99±0.12 ^b	4.85±0.04 ^{hi}	45.37±0.33 ^a	4.53±0.48 ^{ab}	79.33±0.83 ^c
%20 EHK	37.47±0.09 ^d	33.73±0.08 ^d	7.02±0.43 ^{ef}	45.23±0.33 ^a	4.48±0.03 ^{ab}	74.56±0.72 ^e
%30 EHK	34.60±0.09 ^h	31.14±0.08 ^h	10.39±0.16 ^c	45.10±0.33 ^a	3.57±0.25 ^{cd}	69.06±0.68 ^f
%50 EHK	32.71±0.22 ^{jk}	29.44±0.20 ^{jk}	11.34±0.04 ^b	44.82±0.33 ^a	4.04±0.56 ^{bc}	65.68±0.91 ^g
%100 EHK	29.67±0.22 ^m	26.71±0.20 ^m	13.46±0.43 ^a	44.14±0.32 ^b	3.98±0.09 ^{bcd}	60.51±0.88 ⁱ
%10 KK	36.89±0.14 ^{ef}	33.20±0.13 ^{ef}	5.78±0.29 ^g	40.95±0.30 ^d	1.98±0.46 ^{fg}	81.07±0.29 ^{ab}
%20 KK	32.46±0.37 ^k	29.21±0.33 ^k	6.69±0.41 ^f	36.40±0.27 ^f	0.50±0.18 ^h	80.26±1.49 ^{bc}
%30 KK	28.07±0.19 ^o	25.27±0.17 ^o	7.58±0.74 ^e	31.85±0.23 ^h	-0.99±0.68 ⁱ	79.32±0.06 ^c
%10 EKK	36.67±0.18 ^f	33.00±0.16 ^f	5.37±0.01 ^{gh}	40.95±0.30 ^d	2.58±0.14 ^{ef}	80.58±0.19 ^{bc}
%20 EKK	32.38±0.27 ^k	29.15±0.24 ^k	6.95±0.16 ^{ef}	36.40±0.27 ^f	0.30±0.19 ^h	80.06±0.07 ^{bc}
%30 EKK	28.27±0.18 ^o	25.45±0.16 ^o	6.99±0.32 ^{ef}	31.85±0.23 ^h	-0.58±0.25 ⁱ	79.88±0.08 ^{bc}
%10 İK	38.89±0.13 ^c	35.00±0.12 ^c	4.47±0.35 ⁱ	43.23±0.31 ^c	3.77±0.55 ^{bcd}	80.96±0.32 ^{ab}
%20 İK	33.84±0.14 ^l	30.45±0.12 ^l	6.61±0.21 ^f	39.35±0.92 ^e	2.28±0.86 ^{fg}	77.43±2.04 ^d
%30 İK	28.92±0.17 ⁿ	26.03±0.15 ⁿ	7.49±0.34 ^e	34.13±0.25 ^g	0.61±0.06 ^h	76.26±1.00 ^d
%10 HİSKK	36.21±0.17 ^f	32.59±0.16 ^g	6.64±0.62 ^f	40.95±0.30 ^d	1.72±0.76 ^g	79.57±0.20 ^{bc}

Hızlıca kullanılabilir glikoz (HKG), Toplam nişasta (TN), Hızlı sindirilebilir nişasta (HSN), Yavaş sindirilebilir nişasta (YSN), Dirençli nişasta (DN), Nişasta hidroliz indeksi (NHI)

*Başlangıçta kullanılan un miktarına göre teorik olarak hesaplanmıştır. a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistik olarak Duncan testine göre birbirinden farklıdır (p<0.05)

5. SONUÇ

Tüketici alışkanlıkları, günlük enerji kaynağı olarak kullanılması ve ucuz olması gibi nedenlerden dolayı ekme beslenmemizin önemli parçasıdır. Tüketilen ekmeklerin büyük bir kısmı beyaz ekme olmakla birlikte, gelişen yaşam koşulları ve tüketicilerin daha sağlıklı ve besleyici ürünlere yönelimi nedeniyle kepekli ve diğer tahıllı ekmeklere olan ilgi de her geçen gün artmaktadır. Tüketicilerin bu yönelimini ve sağlık etkilerini dikkate alan ülkemizin yetkili mercileri yaptıkları yasal düzenlemeler ile ekmekteki kül oranını arttırmış ve kepekli ekme üretimi ile ilgili düzenlemeler getirmiştir. Bununla beraber kepek kullanımı kimi teknolojik sorunları da beraberinde getirmiştir.

Bu çalışmanın amacı, ekmeklere ilave edilen kepeklerden kaynaklanan teknolojik ve duysal sorunları gidermek, kepeğin yapısında mevcut sağlığa faydalı bileşenleri metabolizma için kullanılabilir hale getirmektir. Bu amaçla buğday kepeği hidrotermal işlemlerle muameleye tabi tutulmuş ve elde edilen hidrolizatlar ile ekme üretimi gerçekleştirilmiştir. Kaba buğday kepeği farklı sıcaklıklarda hidrotermal işleme maruz bırakılmış, üretilen hidrolizatların kompozisyon ve reolojik özellikleri bakımından 150°C'de hidrolizasyon tercih edilmiştir. Bu sıcaklıkta kepekler hidrolize edilmiş ve üretilen hidrolizatlar ekme üretiminde kullanılmıştır. Üretilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, reolojik, fonksiyonel, besinsel ve duysal özellikleri tespit edilmiştir. Hamur yoğurma suyuna farklı oranlarda hidrolizat ilavesinin kepeğe göre; kontrol ekmeğine benzer fiziksel özellikler sağlanması, yüksek çözünür diyet lifi içeriğine neden olması, antioksidan kapasitesini (FRAP, TEAC ve DPPH) yükseltmesi, sertlik derecesini düşürmesi, önemli nişasta fraksiyonlarını olumlu yönde (YSN miktarında artış, HSN düşüş) geliştirmesi ve duysal özellikleri iyileştirmesi gibi avantajları bulunmuştur. Hidrolizat ilaveli ekmeklerin iç gözenek yapısı, kabuk ve iç rengi, ekme hacmi bakımından kontrol ekmeğine daha yakın özellikler gösterdiği ve kaba ve ince kepek ilaveli ekmeklere göre duysal olarak kabul edilebilirlik seviyesinin daha fazla olduğu saptanmıştır. Hamur yoğurma suyuna hidrolizat ilavesi ile çözünür diyet lifi miktarında artışlar olmakta, %50 ve üzerinde hidrolizat ilavesinden sonra stabilite, hamur gelişme süresi gibi reolojik özellikler olumsuz etkilenmektedir; fakat bu olumsuzluk kaba ve ince kepeğe göre daha düşük seviyelerde kalmaktadır. %100 hidrolizat ilavesi ile

çözünür diyet lifi, antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik madde içeriği kontrol grubuna göre 2 kat artmış ve ekmek daha fonksiyonel yapı kazanmıştır. Ayrıca %100 hidrolizat ilavesi YSN oranında 4 katlık bir artış sağlarken, HSN oranında %30'luk bir azalmaya neden olmuştur. %50 ve %100 hidrolizat ilavesi ekmeklerin daha yumuşak bir yapı kazanmasına da neden olmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları kepeklerin hidrotermal işlemlerle muamele edilerek ekmek üretiminde kullanılması, direkt kepek ilavesi ile meydana gelen hamur reolojisindeki ve ekmeklerin duyuşal özelliklerindeki olumsuzluklar (bozuk gözenek yapısı, arzu edilmeyen tat ve koku, istenmeyen kabuk yapısı vb.) minimize edebileceğini göstermektedir.

Literatürde farklı lif kaynaklarının kullanımı, ekmeklerin antioksidan ve fenolik madde içeriklerinin yükseltilmesi ve kepek kaynaklı sorunların giderilmesi ile ilgili çalışmalar bulunmakla beraber, yüksek sıcaklıkta elde edilen buğday kepeği hidrolizatlarının ekmek üretimi üzerine etkisini inceleyen, hidrolizatların antioksidan ve fenolik içeriklerinin yanında reolojik özellikleri, önemli nişasta fraksiyonları ve duyuşal yönlerini de birlikte değerlendiren ve kıyaslayan çalışmalar mevcut değildir. Ekmeklerde yüksek glisemik indeksin düşürülmesi, dirençli nişasta ve YSN içeriğinin artırılması ve HSN içeriğinin düşürülmesi ile ilgili çalışmalar mevcut olmakla birlikte buğday kepeğinin hidrolizatlarının ekmeklerde önemli nişasta fraksiyonları üzerine etkisini irdeleyen çalışmalar da mevcut değildir. Çalışma sonucu elde edilen bilgi ve bulgular, yukarıda sıralanan literatürde ki boşlukları da dolduracaktır.

Bu çalışma ile ekmek üretiminde kepek ilavesi nedeniyle karşılaşılan sorunlara alternatif bir çözüm önerisi sunulmuştur. Ekmek üretiminde hidrolizat kullanımı ile düşük ekmek hacmi, istenilmeyen kabuk ve iç renk, alışılmışın dışında tat ve koku, kabukta meydana gelen çatlama ve kabuk ayrılması gibi teknolojik sorunları azaltması mümkün gözükmektedir. Çalışmanın sonuçları ticarileştiğinde, önemli bir yan ürün olan buğday kepeğinin kullanım alanı ve katma değeri artacaktır. Kepeklerin hidrotermal işlemlerle muamele edildikten sonra elde edilen hidrolizatın ekmek üretiminde kullanımı ile tüketicilerin hem sağlıklı, hem de duyuşal bakımdan tercih edebileceği ürün talebinin karşılanabileceği gösterilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- AACC, 2004. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 11th Edition.
- Aarathi, A., Urooj, A. ve Puttaraj, S., 2003. In vitro starch digestibility and nutritionally important starch fractions in cereals and their mixtures. *Starch*, 55, 94-99.
- Abdel-Samie, M. A. S., Wan, J., Huang, W., Chung, O. K. ve Xu, B., 2010. Effects of cumin and ginger as antioxidants on dough mixing properties and cookie quality. *Cereal Chemistry Journal*, 87, 454-460.
- Abozed, S. S., El-Kalyoubi, M., Abdelrashid, A. ve Salama, M. F., 2014. Total phenolic contents and antioxidant activities of various solvent extracts from whole wheat and bran. *Annals of Agricultural Sciences*, 59, 63-67.
- Acosta-Estrada, B. A., Lazo-vélez, M. A., Nava-valdez, Y., Gutiérrez-Urbe, J. A. ve Serna-Saldívar, S. O., 2014. Improvement of dietary fiber, ferulic acid and calcium contents in pan bread enriched with nejayote food additive from white maize (*Zea mays*). *Journal of Cereal Science*, 60, 264-269.
- Ade-Omowaye O, ve Adebisi, I. F., 2008. Evaluation of tigernut (*Cyperus esculentus*) - wheat composite flour and bread. *African Journal of Food Science*, 2, 87-91.
- Adom, K. K., Sorrells, M. E. ve Liu, R. E., 2005. Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *J. Agric. Food Chemical*, 53, 2297-2306.
- Ahmed, J., Almusallam, A. S., Al-Salman, F., Abdulrahman, M. H. ve Al-salem, E., 2013. Rheological properties of water insoluble date fiber incorporated wheat flour dough. *LWT - Food Science and Technology*, 51, 409-416.
- Akpınar, Ö., Levent, O., Sabancı, S., Uysal, R. S., ve Sapcı, B., 2011. Optimization and comparison of dilute acid pretreatment of selected agricultural residues for recovery of xylose. *Bioresources*, 6 (4), 4103-4116.
- Akpınar, O., Sabancı, S., Levent, O. ve Sayaslan, A. 2012. Evaluation of antioxidant activity of dilute acid hydrolysate of wheat straw during xylose production. *Industrial Crops and Products*, 40 (2012), 39-44.
- Almeida, E. L., Chang, Y. K. ve Steel, C. J., 2013. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. *Food Science and Technology*, 50, 545-553.
- Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Brimer, L., Gökmen, V. ve Skibsted, L. H., 2013. Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food Functional*, 4 (5), 722-727.
- Angioloni, A. ve Collar, C. 2011. Physicochemical and nutritional properties of reduced-caloric density high-fibre breads. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 747-758.
- Annamalai, N. ve Sivakumar, N., 2016. Production of polyhydroxybutyrate from wheat bran hydrolysate using *Ralstonia eutropha* through microbial fermentation. *J Biotechnol*, 237, 13-17.
- Anonim, 1990. AACC Approved Methods, 8th Edn, Repr. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, USA.
- Anonim, 2005. Miksolab® user's manual. Tripette-Renaud Chopin, France.
- Anonim, 2007. Dokuzuncu Kalkınma Planı Gıda Sanayi Özel İhtisas Komisyon Raporu (2007-2013). Yayın No: 2720, ÖİK: 673.

- Anonim, 2008. AB ve Göstergeler (Tüketim Oranları). <http://blog.milliyet.com.tr/ab-ve-gostergeler-tuketim-oranlari--/Blog/?BlogNo=84920> (Erişim tarihi: 16.10.2017).
- Anonim, 2012. Duyusal kontrol yapma. MEB Gıda teknolojisi modülü. Ankara.
- Anonim, 2013. Ekmek Tüketimiyle İlgili Tutum ve Davranışlar ile Ekmek İsrafı ve İsraf Üzerinde Etkili Olan Faktörler Araştırması. TMO.
- Anonim, 2014. Hemiselüloz. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Hemisel%C3%BCloz> (25.03.2014).
- Anonim, 2015. International Diabetes Federation. IDF diabetes. <https://www.idf.org/e-library/epidemiology-research/diabetes-atlas.html> (19.04.2018).
- Anonim, 2017. List of breads. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_breads (19.04.2018).
- Anonim, 2018. Types of breads. <https://fabflour.co.uk/fab-bread/types-of-bread/> (19.04.2018).
- AOAC 2000. AOAC Official Method. Association of Official Agricultural Chemists, by the United States Department of Agriculture.
- Aprodu, I. ve Banu, I., 2015. Rheological, thermo-mechanical, and baking properties of wheat-millet flour blends. *Food Science Technolgy İnt.*, 21, 342-53.
- Arslan, S. ve Erbaş, M. 2014. Selüloz ve selüloz türevi diyet liflerin özellikleri ve fırın ürünlerinde kullanım imkanları. *Gıda*, 39 (4), 243-250.
- Arufe, S., Chiron, H. ve Dore, J., 2017. Processing and rheological properties of wheat flour dough and bread containing high levels of soluble dietary fibres blends. *Food Research International*, 97, 123-132.
- Asp, N. G., 1996. Dietary carbohydrates, classification by chemistry and physiology. *Food Chemistry*, 57 (1), 9-14.
- ASTM, 1993. Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (04.09). Philadelphia, PA.
- Aune, D., Chan, D. S., Greenwood, D. C., Vieira, A. R., Rosenblatt, D. A., Vieira, R. ve Norat, T., 2012. Dietary fiber and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Ann Oncol*, 23, 1394-1402.
- Aydın, C. ve Ögüt, H., 1991. Determination of some biological properties of Amasya apple and hazelnuts. *Selcuk University Journal of Agriculture*, 1, 45-54.
- Aydogdu, A., Sumnu, G. ve Sahin, S., 2018. Effects of addition of different fibers on rheological characteristics of cake batter and quality of cakes. *Journal Food Science Technology*, 55, 667-677.
- Aydoğan, S., Akçacık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M. N. ve Ekici, M., 2012. Ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografda ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 74-82.
- Aygan, A., 2008. Haloalkalofil Bacillus Sp. izolasyonu, amilaz, selülaz ve ksilanaz enzimlerinin üretimi, karakterizasyonu ve biyoteknolojik uygulamalarda kullanılabilirliği. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Bagdi, A., Tóth, B., Lőrincz, R., Szendi, S., Gere, A., Kókai, Z., Sipos, L. ve Tömösközi, S., 2016. Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread. *LWT - Food Science and Technology*, 65, 762-769.

- Bangoura, M. L., Nsor-Atindana, J., Zhu, K., Tolno, M. B., Zhou, H. ve Wei, P., 2013. Potential hypoglycaemic effects of insoluble fibres isolated from foxtail millets [*Setaria italica*(L.) P. Beauvois]. *International Journal of Food Science ve Technology*, 48, 496-502.
- Becerra-Tomas, N., Diaz-Lopez, A., Rosique-Esteban, N., Ros, E., Buil-Cosiales, P., Corella, D., Estruch, R., Fito, M., Serra-Majem, L., Aros, F., Lamuela-Raventos, R. M., Fiol, M., Santos-Lozano, J. M., Diez-Espino, J., Portoles, O., Salas-Salvado, J. ve Investigators, P. S., 2017. Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: A prospective assessment from the Predimed study. *Clin Nutr.* 37 (3), 906-913.
- Bender, D., Nemeth, R., Cavazzi, G., Turoczi, F., Schall, E., D'amico, S., Török, K., Lucisano, M., Tömösközi, S. ve Schoenlechner, R., 2018. Characterization of rheological properties of rye arabinoxylans in buckwheat model systems. *Food Hydrocolloids*, 80, 33-41.
- Benoit, I., Navarro, D., Marnet, N., Rakotomanomana, N., Lesage-Meessen, L., Sigoillot, J. C., Asther, M. ve Asther, M., 2006. Feruloyl esterases as a tool for the release of phenolic compounds from agro-industrial by-products. *Carbohydr Res*, 341, 1820-1827.
- Benzie, I. F. F. ve Strain, J. J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76.
- Bhat, M. K., 2000. Cellulases and related enzymes in biotechnology. *Biotechnology Advances* 18, 355–383.
- Biçer, P., 2011. Su tutma kapasitesine etki eden bazı ticari ürünlerin hamur reolojisi ve ekmek özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi (Yüksek lisans tezi), Fen bilimleri enstitüsü/Gıda mühendisliği anabilidalı, Tekirdağ.
- Biliaderis, C. G., Izydorczyk, M. S. ve Rattan O., 1995. Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food Chemistry*, 53 (2), 165–171.
- Blandino, M., Locatelli, M., Gazzola, A., Coisson, J. D., Giacosa, S., Travaglia, F., Bordiga, M., Reyneri, A., Rolle, L. ve Arlorio, M., 2015. Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. *Journal of Cereal Science*, 65, 48-56.
- Bock, J. E., Wrigley, C. W. ve Walker, C. E., 2016. Bakeries: the source of our unique wheat-based food, bread. In *Encyclopedia of food grains* 2nd ed. 335-342.
- Boita, E. R. F., Oro, T., Bressiani, J., Santetti, G. S., Bertolin, T. E. ve Gutkoski, L. C., 2016. Rheological properties of wheat flour dough and pan bread with wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 71, 177-182.
- Bolarinwa, I. F., Aruna, T. E. ve Raji, A. O., 2017. Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.
- Bonet, A., Rosell, C. M., Caballero, P. A., Gómez, M., Pérez-Munuera, I. ve Luch, M. A., 2006. Glucose oxidase effect on dough rheology and bread quality: A study from macroscopic to molecular level. *Food Chemistry*, 99, 408-415.
- Bonnand-Ducasse, M., Della Valle, G., Lefebvre, J. ve Saulnier, L., 2010. Effect of wheat dietary fibres on bread dough development and rheological properties. *Journal of Cereal Science*, 52, 200-206.
- Borczak, B., Sikora, M., Sikora, E., Dobosz, A. ve Kapusta-Duch, J., 2018. Glycaemic index of wheat bread. *Starch - Stärke*, 70, 1700022.

- Borderias, A. J., Alonso, I. S. ve Perez-Mateos, M., 2005. New applications of fibres in foods: Addition to fishery products *Trends, Food Science & Technology*, 16 (2005), 458–465.
- Boukid, F., Carini, E., Curti, E., Bardini, G., Pizzigalli, E. ve Vittadini, E., 2018. Effectiveness of vital gluten and transglutaminase in the improvement of physico-chemical properties of fresh bread. *LWT-Food Science and Technology*, 92, 465-470.
- Boyacıoğlu, 2012. Geçmişten geleceğe tam buğday ekmeği. *Endüstriyel Fırıncılar Birliği*. Yayın No:1. Sayfa: 78-83.
- Branco, R. F., Santos, J. C ve Silva, S. S., 2011. A novel use for sugarcane bagasse hemicellulosic fraction: Xylitol enzymatic production. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3241- 3246.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. ve Berset, C., 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25–30.
- Bravo, L., Englyst, H. N. ve Hudson, G. J., 1998. Nutritional evaluation of carbohydrates in the spanish diet, non-starch polysaccharides and in vitro starch digestibility of breads and breakfast products. *Food Research International*, 31 (2), 129–135.
- Brenda, 2008. The comprehensive enzyme information system. Available from <http://www.brenda-enzymes.info/>
- Brewer, L. R., Kubola, J., Siriamornpun, S., Herald, T. J. ve Shi, Y. C., 2014. Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food Chem*, 152, 483-90.
- Brillouet, J. M., ve Mercier, C., 1991. Fractionation of wheat bran carbohydrates. *Journal Science Food Agriculture*, 32, 243-251.
- Browning. L., 1967. Determination of sugars, *Methods of Wood Chemistry* (pp. 589-590), Inter-Science Publishers, New York.
- BucSELLA, B., Molnár, D., Harasztos, A. H. ve Tömösközi, S., 2016. Comparison of the rheological and end-product properties of an industrial aleurone-rich wheat flour, whole grain wheat and rye flour. *Journal of Cereal Science*, 69, 40-48.
- Bugg, T. D., Ahmad, M., Hardiman, E. M. ve Rahmanpour R., 2011. Pathways for degradation of lignin in bacteria and fungi. *Natural Product Rep.*, 28 (12), 1883-1896.
- Buil-Cosiales, P., İrimia, P., Ros, E., Riverol, M., Gilabert, R., Martinez-Vila, E., Nunez, İ., Diez-Espino, J., Martinez-Gonzalez, M. A. ve Serrano-Martinez, M., 2009. Dietary fibre intake is inversely associated with carotid intima-media thickness: a cross-sectional assessment in the PREDİMED study. *Eur J Clin Nutr*, 63, 1213-1219.
- Buil-Cosiales, P., Toledo, E., Salas-Salvado, J., Zazpe, İ., Farras, M., Basterra-Gortari, F. J., Diez-Espino, J., Estruch, R., Corella, D., Ros, E., Marti, A., Gomez-Gracia, E., Ortega-Calvo, M., Aros, F., Monino, M., Serra-Majem, L., Pinto, X., Lamuela-Raventos, R. M., Babio, N., Gonzalez, J. İ., Fito, M., Martinez-Gonzalez, M. A. ve Investigators, P., 2016. Association between dietary fibre intake and fruit, vegetable or whole-grain consumption and the risk of CVD: results from the Prevencion con Dieta Mediterranea (PREDİMED) trial. *Br. J. Nutr*, 116, 534-546.
- Bunzel, M., Ralph, J. ve Steinhart, H., 2004. Phenolic compounds as cross-links of plant derived polysaccharides. *Czech Journal of Food Science*, 22, 39–42.

- Buranov, A. U. ve Mazza, G., 2010. Extraction and characterization of hemicelluloses from flax shives by different methods. *Carbohydrate Polymers*, 79, 17-25.
- Bustos, M. C., Vignola, M. B., Pérez, G. T. ve León, A. E., 2017. In vitro digestion kinetics and bioaccessibility of starch in cereal food products. *Journal of Cereal Science*, 77, 243-250.
- Butt, M. S., Tahir-Nadeem, M., Ahmad, Z. ve Sultan, M. T., 2008. Xylanases and their applications in baking industry. *Food Technology Biotechnol.*, 46 (1), 22–31.
- Cai, L., Choi, I., Hyun, J. N., Jeong, Y.-K. ve Baik, B. K., 2014. Influence of Bran Particle Size on Bread-Baking Quality of Whole Grain Wheat Flour and Starch Retrogradation. *Cereal Chemistry Journal*, 91, 65-71.
- Campbell, G. M., Ross, M. ve Motoi, L., 2008. Bran in Bread: Effects of Particle Size and Level of Wheat and Oat Bran on Mixing, Proving and Baking. A volume in *American Associate of Cereal Chemists International*, 337–354.
- Canettieri, E. V., Moraes Rocho, G. J., Carvalho, K. A. ve Almeida e Silva, J. B., 2007. Optimization of acid hydrolysis from the hemicellulosic fraction of *Eucalyptus grandis* residue using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 98, 422-428.
- Caprez, A., Arrigoni, E., Amado, R. ve Neukom, H., 1986. Influence of different types of thermal treatment on the chemical composition and physical properties of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 4 (3), 233-239.
- Cara, C., Ruiz, E., Carvalheiro, F., Moura, P., Ballesteros, I., Castro, E. ve Gírio, F., 2012. Production, purification and characterisation of oligosaccharides from olive tree pruning autohydrolysis. *Industrial Crops and Products*, 40, 225-231.
- Carvalheiro, F., 2004. Production of oligosaccharides by autohydrolysis of brewery's spent grain. *Bioresource Technology*, 91, 93-100.
- Champ, M., Langkilde, A. M., Brouns, F., Kettlitz, B. ve Le Bail Collet Y., 2003. Advances in dietary fibre characterization. 1. Definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. *Nut. Res. Rev.*, 16, 71–82.
- Chang, R. C., Li, C. Y. ve Shiau, S. Y., 2015. Physico-chemical and sensory properties of bread enriched with lemon pomace fiber. *Czech Journal of Food Sciences*, 33, 180-185.
- Chavez, R., Bull, P. ve Eyzaguirre, J., 2006. The xylanolytic enzyme system from the genus *Penicillium*. *J Biotechnol*, 123, 413-433.
- Chen, H., Rubenthaler, G. L., Leung, H. K. ve Baranowski, J. D., 1988. Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chemistry*, 65 (3), 244–247.
- Chen, Y., Ye, R., Yin, L. ve Zhang, N., 2014. Novel blasting extrusion processing improved the physicochemical properties of soluble dietary fiber from soybean residue and in vivo evaluation. *Journal of Food Engineering*, 120, 1-8.
- Chhavi, A. ve Sarita, S., 2012. Evaluation of composite millet breads for sensory and nutritional qualities and glycemic response. *Malaysian Journal of Nutrition*, 18 (1), 89–101.
- Chlopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A. ve Zagrodzki, P., 2012. Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT - Food Science and Technology*, 46, 548-555.

- Coda, R., Karki, I., Nordlund, E., Heinio, R. I., Poutanen, K. ve Katina, K., 2014. Influence of particle size on bioprocess induced changes on technological functionality of wheat bran. *Food Microbiol*, 37, 69-77.
- Collar, C., Rosell, C. M., Mugerza, B. ve Moulay, L., 2009. Breadmaking Performance and Keeping Behavior of Cocoa-soluble Fiber-enriched Wheat Breads. *Food Science and Technology International*, 15, 79-87.
- Collar, C., Jimenez, T., Conte, P. ve Fadda, C., 2014. Impact of ancient cereals, pseudocereals and legumes on starch hydrolysis and antiradical activity of technologically viable blended breads. *Carbohydr Polym*, 113, 149-158.
- Collins, T., Gerday, C. ve Feller, G., 2005. Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases. *FEMS Microbiol Rev*, 29, 3-23.
- Collins, T., Hoyoux, A., Durton, A., Georis, J., Genot, B., Dauvrin, T., Arnamut, F., Gerday, C. ve Feller, G., 2006. Use of glycoside hydrolase family 8 xylanases in baking. *Journal of Cereal Science*, 43, 79-84.
- Conner, A. H., 1984. Kinetic modeling of hardwood prehydrolysis. Xylan removal by water prehydrolysis. *Wood and Fiber Science*, 16 (2), 268-277.
- Coughlan, M. P ve Hazlewood, G. P., 1993. Beta-1-4D xylan-degrading enzyme systems: biochemistry, molecular biology and applications. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 17 (3), 259-289.
- Courtin, C. M. ve Delcour, J. A., 2002. Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread making. *Journal of Cereal Science*, 35, 225–243.
- Cruz-Requena, M., Aguilar-González, C. N., Prado-Barragan, L. A., Cunha, M. G. C., Correia, M. T. S., Contreras-Esquivel, J. C. ve Rodríguez-Herrera, R., 2016. Dietary fiber, an ingredient against obesity. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28 (8), 522–530.
- Curti, E., Carini, E., Bonacini, G., Tribuzio, G. ve Vittadini, E., 2013. Effect of the addition of bran fractions on bread properties. *Journal of Cereal Science*, 57, 325-332.
- Çoşkuner, Y., 2003. Çukurova bölgesinde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin tek ve iki katlı düz ekmek üretimine uygunluğu ile ekşi hamurun kalite üzerine etkisinin araştırılması. (Dokora Tezi). Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Ankara.
- Dagher, S. F., Bruno-Barcena, J. M. ve Laskin, A., 2010. Application of biofilms to lactic acid production. *Advanced in applied microbiology*. 71, 113-148.
- Danno, G. ve Hoseney, R. C., 1982. Effect of dough mixing and rheologically active compounds on relative viscosity of wheat proteins. *Cereal Chemistry*, 59, 196-198.
- Dapia, S., Santos, V. ve Parajó, J. C., 2002. Study of formic acid as an agent for biomass fractionation. *Biomass and Bioenergy*, 22 (3), 213–221.
- Davison, K. M. ve Temple, N. J., 2018. Cereal fiber, fruit fiber, and type 2 diabetes: Explaining the paradox. *J Diabetes Complications*, 32, 240-245.
- Decamps, K., Joye, İ. J., Courtin, C. M. ve Delcour, J. A., 2012. Glucose and pyranose oxidase improve bread dough stability. *Journal of Cereal Science*, 55, 380-384.
- Demirci, M., Sağdıç, O., Çavuş, M., Pehlivanoglu, H., Çağları, M. Y. ve Yılmaz, M. T., 2017. Prebiyotik oligosakkaritlerin kaynakları, üretimleri ve gıda uygulamaları. *European Journal of Science and Technology*, 6 (10), 20-31.
- Denli, E. ve Ercan, R., 2001. Effect of added pentosans isolated from wheat and rye grain on some properties of bread. *Eur Food Res Technol*, 212, 374–376.

- Dikici, N., Bilgiçli, N., Elgün, A. ve Ertaş, N., 2006. Unun ekmekçilik kalitesi ile farklı metotlarla ölçülen hamurun reolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Gıda*, 31 (5), 285-291.
- Dizlek, H., Cimer, H. ve Altan, A., 2013. Vital buğday gluteninin ve L-askorbik asidin buğday kepekli ekmeklerin bazı nitelikleri üzerine etkileri. *The Journal of Food*, 38 (2), 87-94.
- Di Gioia, D., Sciubba, L., Setti, L., Luziatelli, F., Ruzzi, M. ve Zanichelli, D., 2007. Production of biovanillin from wheat bran. *Enzyme Microb. Technolgy*, 41, 498-505.
- Dona, C. A., Pages, G., Gilbert, R. G. ve Kuchel, P. W., 2010. Digestion of starch: In vivo and in vitro kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. *Carbonhydrate Polymers*, 80, 599-617.
- Dorado, M. P., Lin, S. K., Koutinas, A., Du, C., Wang, R. ve Webb, C., 2009. Cereal-based biorefinery development: utilisation of wheat milling by-products for the production of succinic acid. *J Biotechnol*, 143, 51-59.
- Du, C., Campbell, G. M., Misailidis, N., Mateos-Salvador, F., Sadhukhan, J., Mustafa, M. ve Weightman, R. M., 2009. Evaluating the feasibility of commercial arabinoxylan production in the context of a wheat biorefinery principally producing ethanol. Part 1. Experimental studies of arabinoxylan extraction from wheat bran. *Chemical Engineering Research and Design*, 87, 1232-1238.
- Dubois, M. K., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, A. ve Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Division of Biochemistry, University of Minnesota, St. Paul, Minn.
- Dupuis, J. H., Liu, Q. ve Yada, R. Y., 2014. Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 1219-1234.
- Eberhardt, M. V., Lee, C. Y. ve Liu, R. H., 2000. Antioxidant activity of fresh apples. *Nature*, 405, 903-904.
- Ebringerova, A. ve Heinze, T., 2000. Naturally occurring xylans structures, isolation procedures and properties. *Macromol. Rapid Commun.*, 21, 542-556.
- Ebringerova, A., ve Hromádková, Z., 2002. Effect of ultrasound on the extractibility of corn bran hemicelluloses. *Ultrasonics Sonochemistry*, 9 (4), 225-229.
- Ebringerova, A., Kardosova, A., Hromadkova, Z. ve Hribalova, V., 2003. Mitogenic and comitogenic activities of polysaccharides from some European herbaceous plants. *Fitoterapia*, 74, 52-61.
- Elgün, A., Türker, S ve Bilgiçli, N., 2005. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, S.Ü Ziraat Fakültesi Ders Notları, Konya.
- Elgün A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2015. Tahıl Ürünleri Teknolojisi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.
- Elmadfa, L., 2009. *European Nutrition and Health Report*, 62, 12-13.
- Englyst, H. N., Kingman, S. M., ve Cummings, J. H., 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal Of Clinical Nutrition*, 46, 33-50.
- Englyst, K. N., Vinoy, S., Englyst, H. N. ve Lang, V., 2003. Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. *Br. Journal Nutr*, 89, 329-40.
- Erem, F. ve Certel, M., 2006. Fırın ürünlerinde enzim uygulamaları. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 525-528.

- Ergun, R., 2014. Türkiye'ye özgü bazı ekmek türlerinin glisemik indeks değerlerinin saptanması. (Yüksek lisans tezi) Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Esposito, F., Arlotti, G., Maria Bonifati, A., Napolitano, A., Vitale, D. ve Fogliano, V., 2005. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38, 1167-1173.
- Evert, A. B., Boucher, J. L., Cypress, M., Dunbar, S. A., Franz, M. J., Mayer-Davis, E. J., Neumiller, J. J., Nwankwo, R., Verdi, C. L., Urbanski, P. ve Yancy, W. S., 2013. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care*, 36, 3821-3842.
- Fadda, C., Sanguinetti, A. M., Del Caro, A., Collar, C. ve Piga, A., 2014. Bread Staling: Updating the View. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 473-492.
- Farvid, M. S., ELiassen, A. H., Cho, E., Liao, X., Chen, W. Y. ve Willett, W. C., 2016. Dietary Fiber Intake in Young Adults and Breast Cancer Risk. *Pediatrics*, 137, 12-26.
- Feili, R., Wahidu, Z., Abdullah, W. N. W. ve Yang, T. A., 2013. Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Science and Technology*, 1 (2), 30-36.
- Fendri, B. L., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Ellouz Chaabouni, S. ve Ghribi-Aydi, D., 2016. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 73, 584-591.
- Fernandes, S. S. ve Salas-Mellado, M. L., 2017. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. *Food Chem*, 227, 237-244.
- Fernandez-Gines, J. M., Fernandez-Lopez, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E. ve Perez-Alvarez, J. A., 2004. Lemon albedo as a new source of dietary fiber: Application to bologna sausages. *Meat Sci*, 67, 7-13.
- Fleige, C., Hansen, G., Kroll, J. ve Steinbuchel, A., 2013. Investigation of the *Amycolatopsis* sp. strain ATCC 39116 vanillin dehydrogenase and its impact on the biotechnical production of vanillin. *Appl Environ Microbiol*, 79, 81-90.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A. ve Brennan, C. S., 2013. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. *Journal of Cereal Science*, 58, 216-227.
- Foschia, M., Peressini, D., Sensidoni, A., Brennan, M. A. ve Brennan, C. S., 2015. Synergistic effect of different dietary fibres in pasta on in vitro starch digestion. *Food Chemical*, 172, 245-250.
- Frutos, M. J., Guilabert-Anton, L., Tomas-Bellido, A. ve Hernandez-Herrero, J. A. 2008. Effect of Artichoke (*Cynara scolymus* L.) Fiber on Textural and Sensory Qualities of Wheat Bread. *Food Science Technology Int*, 14 (5), 49-55.
- Furuya, T., Miura, M., Kuroiwa, M. ve Kino, K., 2015. High-yield production of vanillin from ferulic acid by a coenzyme- independent decarboxylase/ oxygenase two-stage process. *New Biotechnology* , 32 (3), 335-339.
- Fuentes, C., Zielke, C., Prakash, M., Kumar, P., Penarrieta, J. M., Eliasson, A. C. ve Nilsson, L., 2016. The effect of baking and enzymatic treatment on the structural properties of wheat starch. *Food Chem*, 213, 768-774.

- Gan, Z., Galliard, T., Ellis, P. R., Angold, R. E. ve Vaughan, J. G., 1992. Effect of the outer bran layers on the loaf volume of wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 15, 151-163.
- Garrote, G., Dominguez, H. ve Paraj, J. C., 1999. Hydrothermal processing of lignocellulosic materials. *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 57 (3), 191–202.
- Garrote, G., Dominguez, H. ve Parajo, J. C., 2002. Autohydrolysis of corncob: study of non-isothermal operation for xylooligosaccharide production. *Journal of Food Engineering*, 52, 211-218.
- Gaskins, A. J., Mumford, S. L., Zhang, C., Wactawski-Wende, J., Hovey, K. M., Whitcomb, B. W., Howards, P. P., Perkins, N. J., Yeung, E. ve Schisterman, E. F., 2009. Effect of daily fiber intake on reproductive function: the BioCycle Study. *Am J Clin Nutr*, 90, 1061-1069.
- Geater, C. W. ve Fehr, W. R., 2000. Association of Total Sugar Content with Other Seed Traits of Diverse Soybean Cultivars. *Crop Sci.*, 40, 1555-1558.
- Genç, N., 2010. Biohydrogen production from waste sludge. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 25, 235-248.
- Gerits, L. R., Pareyt, B. ve Delcour, J. A., 2014. A lipase based approach for studying the role of wheat lipids in bread making. *Food Chemistry*, 156, 190-196.
- Ghoshal, G., Shivhare, U. S. ve Banerjee, U. C., 2013. Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread. *Journal of Food Quality*, 36 (3), 172–180.
- Giannou, V. ve Tzia, C., 2016. Addition of Vital Wheat Gluten to Enhance the Quality Characteristics of Frozen Dough Products. *Foods*, 5.
- Girio, F. M., Fonseca, C., Carneiro, F., Duarte, L. C., Marques, S. ve Bogel-Lukasik, R., 2010. Hemicelluloses for fuel ethanol: A review. *Bioresour Technol*, 101, 4775-4800.
- Glitso, L. V. ve Bach Knudsen, K. E., 1999. Milling of whole grain rye to obtain fractions with different dietary fiber characteristics. *Journal of Cereal Science*, 29, 89-97.
- Gomez, M., Jiménez, S., Ruiz, E. ve Oliete, B., 2011. Effect of extruded wheat bran on dough rheology and bread quality. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 2231-2237.
- Gomez, A. V., Buchner, D., Tadini, C. C., Añón, M. C. ve Puppo, M. C., 2013. Emulsifiers: effects on quality of fibre-enriched wheat bread. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 1228-1239.
- Goni, I., Garcia-Alonso, A., ve Saura-Calixto, F., 1997. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, 17 (3), 427–437.
- Göçmen, D., 1991. Marmara bölgesinde üretilen bazı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitesi üzerine araştırmalar. (Yüksek Lisans Tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Gökmen, V., Mogol, B. A., Lumaga, R. B., Fogliano, V., Kaplun, Z. ve Shimoni, E., 2011. Development of functional bread containing nanoencapsulated omega-3 fatty acids. *Journal of Food Engineering*, 105, 585-591.
- Green, L. E., Dinh, T. A. ve Smith, R. A., 2012. An estrogen model: the relationship between body mass index, menopausal status, estrogen replacement therapy, and breast cancer risk. *Comput Math Methods Med*, 792375.
- Gruppen, H., Hamer, R. J. ve Voragen, A. G. J., 1992. Water-unextractable cell wall material from wheat flour. 2. Frac. Of alkali-extracted polymers and comparison with water-extractable arabinoxyl. *Journal of Cereal Science*, 16, 53–67.

- Guerrero, L., Claret, A., Verbeke, W., Sulmont-Rosse, C. ve Hersleth, M., 2016. Innovation in Traditional Food Products: Does It Make Sense. *Innovation Strategies in the Food Industry*, 77-89.
- Guevara-Arauz, J. C., Barcenas, D. G., Ortega-Rivas, E., Martinez, J. D., Hernandez, J. R. ve De Jesus Ornelas-Paz, J., 2015. Effect of fiber fractions of prickly pear cactus (nopal) on quality and sensory properties of wheat bread rolls. *J. Food Science Technolgy*, 52, 2990-2997.
- Guine, F., Duarte, J., Ferreira, M., Correia, P., Leal, M., Rumbak, I., Baric, I. C., Komes, D., Satalic, M., Saric, M. M., Tarcea, M., Fazakas, Z., Jovanoska, D., Vanevski, D., Vittadini, E., Pellegrini, N., Szucs, V., Harangozo, J., Kenawy, A., El-Shenawy, O., Yalcin, E., Kösemeci, C., Klava, D., Straumite, E., 2016. Attitudes toward dietary fibre on a multicultural basis: a fibre study framework. *Current Nutrition and Food Science*, 12 (2), 132-141.
- Gül, H., 2007. Mısır ve buğday kepeğinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi. (Doktora Tezi) Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Gül, H., Özer, M. S. ve Dizlek, H., 2009. Improvement of the wheat and corn bran bread quality by using glucose oxidase and hexose oxidase. *Journal of Food Quality*, 32, 209-223.
- Güner, K. G. ve Dağlıoğlu, O., 2008. Ksilanaz enziminin ekmek yapımında kullanımı. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 443-446.
- Hadnadev, T. D., Torbica, A. ve Hadnadev, M., 2011. Rheological properties of wheat flour substitutes/alternative crops assessed by Mixolab. *Procedia Food Science*, 1, 328-334.
- Hager, A.-S., Ryan, L. A. M., Schwab, C., Gänzle, M. G., O'Doherty, J. V. ve Arendt, E. K., 2010. Influence of the soluble fibres inulin and oat β -glucan on quality of dough and bread. *European Food Research and Technology*, 232, 405-413.
- Hajishafiee, M., Saneei, P., Benisi-Kohansal, S. ve Esmailzadeh, A., 2016. Cereal fibre intake and risk of mortality from all causes, CVD, cancer and inflammatory diseases: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr*, 116, 343-352.
- Hamid, A., ve Luan, Y. S., 2000. Functional properties of dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68, 15-19.
- Harasztos, A., Balázs, G., Csóke, P. N., D'amico, S., Schönlechner, R. ve Tömösközi, S., 2016. How Arabinoxylans Modify Gluten and Starch Related Wheat Flour Characteristics. *Acta Alimentaria*, 45, 215-223.
- Hassan, A.A., Mansour, E. H., El-Fath A., Bedawey, E. ve Zaki, M. S., 2014. Improving dough rheology and cookie quality by protease. *American Journal of Food Science and Nutrition Research*, 1 (1), 1-7.
- Hasyierah, M. S., Zulkali M. M. D., Syahidah Ku K. I., 2008. Ferulic acid from lignocellulosic biomass: Review. *Malaysian Universities Conferences on Engineering and Technology* March 8-10, 2008, Putra Brasmana, Perlis, Malaysia.
- Hatanaka, K., 2011. Incorporation of fluorous glycosides to cell membrane and saccharide chain elongation by cellular enzymes. *Chemistry and Materials Science*. 308, Berlin.
- He, M., Van Dam, R. M., Rimm, E., Hu, F. B. ve Qi, L., 2010. Whole-grain, cereal fiber, bran, and germ intake and the risks of all-cause and cardiovascular

- disease-specific mortality among women with type 2 diabetes mellitus. *Circulation*, 121, 2162-2168.
- Hemdane, S., Jacobs, P. J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J. A. ve Courtin, C. M., 2016. Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran in Bread Making: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 28-42.
- Hipsley, E. H., 1953. Dietary “fibre” and pregnancy toxemia. *British. Medicana Journal*, 2, 420.
- Ho, L. H., Abdul Aziz, N. A. ve Azahari, B., 2013. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. *Food Chem*, 139, 532-539.
- Holtzapple, M. T., 2017. Hemicelluloses. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 3060–3071.
- Hoseney, R. C., 1986. Principles of cereal science and technology. American association of cereal chemists (AACC), Inc. St. Paul, Minnesota, USA, 372s.
- Howarth, N. C., Saltzman, E. ve Roberts, S. B., 2001. Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews*, 59 (5), 129-139.
- Hoye, C., JR. ve Ross, C. F., 2011. Total phenolic content, consumer acceptance, and instrumental analysis of bread made with grape seed flour. *J Food Sci*, 76, 428-436.
- Hsu, C. L., Hurang, S. L., Chen, W., Weng, Y. M. ve Tseng, C. Y., 2004. Qualities and antioxidant properties of bread as affected by the incorporation of yam flour in the formulation. *International Journal of Food Science and Technology*, 39 (2), 231–238.
- Hu, D., Huang, J., Wang, Y., Zhang, D. ve Qu, Y., 2014. Fruits and vegetables consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Stroke*, 45, 1613-1619.
- Huang, W., Li, L., Wang, F., Wan, J., Tilley, M., Ren, C. ve Wu, S., 2010. Effects of transglutaminase on the rheological and Mixolab thermomechanical characteristics of oat dough. *Food Chemistry*, 121, 934-939.
- Huang, T., Xu, M., Lee, A., Cho, S. ve Qi, L., 2015. Consumption of whole grains and cereal fiber and total and cause-specific mortality: prospective analysis of 367,442 individuals. *BMC Med*, 13, 59.
- Hung, P. V., Maeda, T. ve Morita, N., 2007. Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution. *Food Research International*, 40, 273-279.
- ICC-Standard No 173. 2011. Determination of rheological behavior as a function of mixing and temperature increase.
- Iglesias-Puig, E., Monedero, V. ve Haros, M., 2015. Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 71-77.
- Ikeda, K., Shida, K. ve Kishida, M., 1994. Alpha amylase inhibitor in Buckwheat seed. Faculty of Nutrition, Kobe Gakuin University, Japan, 14, 3-6.
- Ingram, T., Wörmeyer, K., Carlos, J., Lima, I., Bockemühl, V., Antranikian, G., Brunner, G. ve Smirnova, I., 2011. Comparison of different pretreatment methods for lignocellulosic materials. Part I: Conversion of rye straw to valuable products. *Bioresource Technology*, 102 (2011), 5221–5228.

- Irakli, M., Katsantonis, D. ve Kleisiaris, F., 2015. Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 74-80.
- Jacobs, M. S., Izydorczyk, M. S., Preston, K. R. ve Dexter, J. E., 2008. Evaluation of baking procedures for incorporation of barley roller milling fractions containing high levels of dietary fibre into bread. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 558-568.
- Jensen, S., Skibsted, L. H., Kidmose, U. ve Thybo, A. K., 2015. Addition of cassava flours in bread-making: Sensory and textural evaluation. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 292-299.
- Jiang, Z., Li, X., Yang, S., Li, L. ve Tan, S., 2005. Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from *Thermotoga maitima*. *Food Research International*, 38, 37-43.
- Jones, J. M. 2014. CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the 'fiber gap'. *Jones Nutrition Journal*, 13-34.
- Joseleau, J. P. Comtat, J. ve Ruel, K., 1992. Chemical structure of xylans and their interaction in the plant cell walls, in: J. Visser (Ed.), *Xylans and Xylanases*, Elsevier, Amsterdam, 1-15.
- Juturu, V. ve Wu, J. C., 2014. Microbial exo-xylanases: a mini review. *Appl Biochem Biotechnol*, 174, 81-92.
- Kaack, K., Pedersen, L., Laerke, H. N. ve Meyer, A., 2006. New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. *European Food Research and Technology*, 224, 199-207.
- Kabel, M. A., Carvalheiro, F., Garrote, G., Avgerinos, E., Koukios, E., Parajo, J. C., Girio, F. M., Schols, H. A. ve Voragen, A. G. J., 2002. Hydrothermally treated xylan rich by-product yield different classes of xylo-oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 50, 47-56.
- Kabel, M. A., Bos, G., Zeevalking, J., Voragen, G. J. ve Schols, H. A., 2007. Effect of pretreatment severity on xylan solubility and enzymatic breakdown of the remaining cellulose from wheat straw. *Bioresource Technology*, 98, 2034-2042.
- Kahraman, K., Sakıyan, Ö., Öztürk, S., Koksel, H., Sumnu, G ve Dubat, A., 2008. Utilization of Mixolab to predict the suitability of flours in terms of cake quality. *Eur Food Res Technolgy*, 227, 565-570.
- Kaprelyants, L., Fedosov, S. ve Zhygunov, D., 2013. Baking properties and biochemical composition of wheat flour with bran and shorts. *J Sci Food Agric*, 93, 3611-6.
- Karl, J. P., Robert, S. B., Schaefer, E. J., Gleason, J. A., Fuss, P., Rasmussen, H., Saltzman, E. ve Das, S. K., 2015. Effects of carbohydrate quantity and glycemic index on resting metabolic rate and body composition during weight loss. *Journal of Obesity*, 23 (11), 2190-2198.
- Karnohoriti, C., 2016. Preparation and quality evaluation of functional cereal products. Student thesis, Department of dietetics and nutrition science. Harokopio University. Athens.
- Katina, K., Salmenkallio-Martilla, M., Partanen, R., Forssell, P. ve Autio, K., 2006. Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread, *LWT*, 39, 479-491.
- Katina, K., Laitila, A., Juvonen, R., Liukkonen, K. H., Kariluoto, S., Piironen, V., Landberg, R., Aman, P. ve Poutanen, K., 2007. Bran fermentation as a means to

- enhance technological properties and bioactivity of rye. *Food Microbiol*, 24, 175-186.
- Katina, K., Juvonen, R., Laitila, A., Flander, L., Nordlund, E., Kariluoto, S., Piironen, V. ve Poutanen, K., 2012. Fermented Wheat Bran as a Functional Ingredient in Baking. *Cereal Chemistry Journal*, 89, 126-134.
- Kaur, B. ve Chakraborty, D., 2013. Biotechnological and molecular approaches for vanillin production: a review. *Appl Biochemical Biotechnology*, 169, 1353–1372.
- Kenealy, W., Horn, E., Davis, M., Swaney, R. ve Houtman, C., 2007. Vapor-phase diethyl oxalate pretreatment of wood chips: Part 2. Release of hemicellulosic carbohydrates. *Holzforchung*, 61.
- Kılıç, E., 2003. Farklı tahıl kepeği kombinasyonlarının hamur reolojisi ve ekmek kalitesi üzerine etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- Kim, H. J. ve Paik, H. D., 2012. Functionality and Application of Dietary Fiber in Meat Products. *Korean Journal of Food Science An.*, 32 (6), 695-705.
- Kim, K., Tsao, R., Yang, R. ve Cui, S., 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions. *Food Chemistry*, 95, 466-473.
- Kim, B. K., Cho, A. R., Chun, Y. G. ve Park, D. J., 2013. Effect of microparticulated wheat bran on the physical properties of bread. *Int J Food Sci Nutr*, 64, 122-129.
- Kim, Y. ve Je, Y., 2016. Dietary fibre intake and mortality from cardiovascular disease and all cancers: A meta-analysis of prospective cohort studies. *Arch Cardiovasc Dis*, 109, 39-54.
- Koca, A. F. ve Anil, M., 2007. Effect of flaxseed and wheat flour blends on dough rheology and bread quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 1172-1175.
- Koç, M., 2015. Ekmek yemekte dünya birincisiyiz. *Dünya Gıda*, 2 (2015), 23-25.
- Koegelenberg, D. ve Chimphango, A. F. A., 2017. Effects of wheat-bran arabinoxylan as partial flour replacer on bread properties. *Food Chem*, 221, 1606-1613.
- Koh, B. K. ve Ng, P. K. W., 2009. Effects of ferulic acid and transglutaminase on hard wheat flour dough and bread. *Cereal Chemistry Journal*, 86, 18-22.
- Kourkouta, L., Koukourikos, K., İliadis, C., Ouzounakis, P, Monios, A. ve Tsaloglidou, A., 2017. Bread and Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5.
- Köksel, H., Kahraman, K., Sanal, T., Ozay, D. ve Dubat, A., 2009. Potential utilization of mixolab for quality evaluation of bread wheat genotypes. *Cereal Chemical*, 86 (5), 522–526.
- Kurek, M. A., Wyrwisz, J., Karp, S. ve Wierzbicka, A., 2017. Particle size of dietary fiber preparation affects the bioaccessibility of selected vitamin B in fortified wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 77, 166-171.
- Kusema, B. T., Faba, L., Kumar, N., Mäki-Arvela, P., Díaz, E., Ordóñez, S., Salmi, T., Murzin, D. Y., 2012. Hydrolytic hydrogenation of hemicellulose over metal modified mesoporous catalyst. *Catal. Today*, 196, 26–33.
- Lagrain, B., Leman, P., Goesart, H. ve Delcour, J. A., 2008. Impact of thermostable amylases during bread making on wheat bread crumb structure and texture. *Food Research International*, 41, 819-827.
- Lai, C. S., 1986. Effect of wheat bran, short and germ on bread making. (PhD Thesis), Department of Grain Science and Industry Kansas State University U.S.A

- Lai, C. S., Hosney, R. C. ve Davis, A. B., 1989. Functional effects of shorts in breadmaking. *Cereal Chemistry*, 66, 220–223.
- Lassoued, N., Delarue, J., Launay, B. ve Michon, C., 2008. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. *Journal of Cereal Science*, 48, 133-143.
- Laurikainen, T., Härkönen, H., Autio, K. ve Poutanen, K., 1998. Effects of Enzymes in Fibre-Enriched Baking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76 (2), 239–249.
- Lavelli, V., Hidalgo, A., Pompei, C. ve Brandolini, A., 2009. Radical scavenging activity of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) wholemeal flour and its relationship to soluble phenolic and lipophilic antioxidant content. *Journal of Cereal Science*, 49, 319–321.
- Le Bleis, F., Chaunier, L., Chiron, H., Della Valle, G. ve Saulnier, L., 2015. Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 167-174.
- Lee, K. Y., Lee, S. ve Lee, H. G., 2013. Influence of storage temperature and autoclaving cycles on slowly digestible and resistant starch (RS) formation from partially debranched rice starch. *Starch/ Stärke*, 65, 694–701.
- Lequart, C., Nuzillard, J. M., Kurek, B. ve Debeire, P., 1999. Hydrolysis of wheat bran and straw by an endoxylanase, production and structural characterization of cinnamoyl-oligosaccharides. *Carbohydrate Research*, 319 (1–4), 102–111.
- Li, L., Shewry, P. R. ve Ward, J. L., 2008. Phenolic acids in wheat varieties in the healthgrain diversity screen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (21), 9732–9739.
- Li, S., Flint, A., Pai, J. K., Forman, J. P., Hu, F. B., Willett, W. C., Rexrode, K. M., Mukamal, K. J. ve Rimm, E. B., 2014. Dietary fiber intake and mortality among survivors of myocardial infarction: prospective cohort study. *BMJ*, 348, 26-59.
- Li, W., Cui, S. ve Kakuda, Y., 2006. Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat β -d-glucans. *Carbohydrate Polymers*, 63, 408-416.
- Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y. ve Guo, T., 2015. Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods. *The Crop Journal*, 3, 328-334.
- Linko, Y. Y., Javanainen, P., Linko, S., 1997. Biotechnology of bread baking. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 339–344.
- Liu, Q., Qiu, Y. ve Beta, T., 2010. Comparison of antioxidant activities of different colored wheat grains and analysis of phenolic compounds. *Journal of Agriculture Food Chemical*, 58, 9235–9241.
- Liu, S., Manson, J. E., Stampfer, M. J., Hu, F. B., Giovannucci, E., Colditz, G., Hennekens, C. H. ve Willett, W. C., 2000. A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in us women. *American Journal of Public Health*, 90 (9), 1409–1415.
- Ma, X. K. ve Daugulis, A. J. 2014. Effect of bioconversion conditions on vanillin production by *Amycolatopsis* sp. ATCC 39116 through an analysis of competing by-product formation. *Bioprocess Biosyst Eng*, 37, 891–899.
- Madeira, J. V., Contesini, F. J., Calzado, F., Rubio, M. V., Zubieta, M. P., Lopes, D. B. ve Melo, R. R. 2017. Agro-industrial residues and microbial enzymes: An

- overview on the eco-friendly bioconversion into high value-added products. *Biotechnology of Microbial Enzymes*, 475-511.
- Maes, C. ve Delcour, J. A., 2002. Structural characterisation of water-extractable and water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 35, 315-326.
- Majzoobi, M., Farahnaky, A., Nematollahi, Z., Mohammadi Hashemi, M. ve Taghipour Ardakani, M. J., 2013. Effect of different levels and particle sizes of wheat bran on the quality of flat bread. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15 (1), 115–123.
- Maningat, C. C., Seib, P. A., Bassi, S. D., Woo, K. S. ve Lasater, G. D., 2009. Wheat starch: production, properties, modification and uses. *Food Science and Technology*, 441-510.
- Marchetti, L., Cardós, M., Campaña, L. ve Ferrero., C., 2012. Effect of glutes of different quality on dough characteristics and breadmaking performance. *LWT - Food Science and Technology*, 46 (1), 224–231.
- Martin, M. L., Zeleznak, K. J. ve Hosene, R. C., 1991. A mechanism of bread firming role of starch swelling. *Cereal Chemical*, 68 (5), 498–503.
- Melton, L. D. ve Smith, B. G., 2001. Determination of the uronic acid content of plant cell walls using a colorimetric assay. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* Editors: Wrolstad, R. E., Acree, T. E., Decker, E. A., Penner, M. H., Reid, D. S., Schwartz, S. J., Shoemaker, C. F., Smith, D. and Sporns, P. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Menon, V., Rao, M. ve Prakash, G., 2010. Value added products from hemicellulose - biotechnological perspective. *Global Journal of Biochemistry*, 1 (1), 36-67.
- Mensink, M. A., Frijlink, H. W., Maarschalka, K. V. ve Hinrichs, W. L. J. 2015. Inulin, a flexible oligosaccharide I: Review of its physicochemical characteristics. *Carbohydrate Polymers*, 130 (2015), 405–419.
- Merali, Z., Collins, S. R., Elliston, A., Wilson, D. R., Kasper, A. ve Waldron, K. W., 2015. Characterization of cell wall components of wheat bran following hydrothermal pretreatment and fractionation. *Biotechnol Biofuels*, 8, 23.
- Messia, M. C., Reale, A., Maiuro, L., Candigliota, T., Sorrentino, E. ve Marconi, E., 2016. Effects of pre-fermented wheat bran on dough and bread characteristics. *Journal of Cereal Science*, 69, 138-144.
- Miao, M., Jiang, B., Cui, S. W., Zhang, T. ve Jin, Z., 2015. Slowly digestible starch. *Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (12), 1642-1657.
- Miller, G. L., 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
- Miller, R. A., 2011. Increased Yield of Bread Containing Citrus Peel Fiber. *Cereal Chemistry Journal*, 88, 174-178.
- Mironeasa, S., Codină, G. G. ve Mironeasa, C., 2012. The Effects of Wheat Flour Substitution with Grape Seed Flour on the Rheological Parameters of the Dough Assessed by Mixolab. *Journal of Texture Studies*, 43, 40-48.
- Moniz, P., Pereira, H., Duarte, L. C. ve Carvalheiro, F., 2014. Hydrothermal production and gel filtration purification of xylo-oligosaccharides from rice straw. *Industrial Crops and Products*, 62, 460-465.
- Moore, J., Liu, J. G., Zhou, K. ve Yu, L. L., 2006. Effects of genotype and environment on the antioxidant properties of hard winter wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54 (15), 5313–5322.

- Morales-Ortega, A., Carvajal-Millan, E., Lopez-Franco, Y., Rascon-Chu, A., Lizardi-Mendoza, J., Torres-Chavez, P. ve Campa-Mada, A., 2013. Characterization of water extractable arabinoxylans from a spring wheat flour: rheological properties and microstructure. *Molecules*, 18, 8417-8428.
- Moreira, R., Chenlo, F., Torres, M. D. ve Prieto, D. M., 2010. Influence of the particle size on the rheological behaviour of chestnut flour doughs. *Journal of Food Engineering*, 100, 270-277.
- Mosharraf, L., Kadivar, M. ve Shahedi, M., 2009. Effect of hydrothermally treated bran on physicochemical, rheological and microstructural characteristics of Sangak bread. *Journal of Cereal Science*, 49, 398-404.
- Motta, L. F., Andrade, C. C. ve A. Sant, M. H., 2013. A Review of xylanase production by the fermentation of xylan: classification, characterization and applications, 251-276.
- Moure, A., Gullón, P., Domínguez, H. ve Parajo, J. C., 2006. Advances in the manufacture, purification and applications of xylo-oligosaccharides as food additives and nutraceuticals. *Process Biochemistry*, 41, 1913-1923.
- Moza, J. ve Gujral, H. S., 2016. Starch digestibility and bioactivity of high altitude hulless barley. *Food Chemistry*, 194, 561-568.
- Moza, J. ve Gujral, H. S., 2018. Mixolab, retrogradation and digestibility behavior of chapatti made from hulless barley flours. *Journal of Cereal Science*, 79, 383-389.
- Mozaffarian, D., Kumanyika, S. K. ve Lemaitre, R. N., 2003. Cereal, fruit and vegetable fiber intake and the risk of cardiovascular disease in elderly individuals. *JAMA*, 289 (13), 1659-1666.
- Murakami, K. ve Livingstone, M. B., 2016. Associations between meal and snack frequency and diet quality and adiposity measures in British adults: findings from the National Diet and Nutrition Survey. *Public Health Nutr*, 19, 1624-1634.
- Mussato, S. I., Dragone, G., and Roberto, I. C., 2007. Ferulic and p-coumaric acids extraction by alkaline hydrolysis of brewer's spent grain. *Industrial Crops and Products*, 25, 231-237.
- Nabarlatz, D., Ebringerová, A. ve Montané, D., 2007. Autohydrolysis of agricultural by-products for the production of xylo-oligosaccharides. *Carbohydrate Polymers*, 69, 20-28.
- Nagarani, G., Abirami, A., Nikitha, P. ve Siddhuraju, P., 2014. Effect of hydrothermal processing on total polyphenolics and antioxidant potential of underutilized leafy vegetables, *Boerhaavia diffusa* and *Portulaca oleracea*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 4 (1), 468-477.
- Nandeesh, K., Jyotsna, R. ve Rao, G. V., 2011. Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35 (2), 179-200.
- Nelles, E. M., Randall, P. G. ve Taylor, J. R. N., 1998. Improvement of brown bread quality by prehydration treatment and cultivar selection of bran. *Cereal Chemistry*, 75 (4), 536-540.
- Nguyen, T. ve Lau, D. C., 2012. The obesity epidemic and its impact on hypertension. *Can J Cardiol*, 28, 326-33.
- Niedziocza, L., 2017. Starch and Digestion.
<https://www.livestrong.com/article/436668-how-is-starch-stored-in-humans/>
 (23.04.2018)

- Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X. ve Dubat, A., 2017. Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 342-348.
- Nogata, Y. ve Nagamine, T., 2009. Production of free amino acids and γ -aminobutyric acid by autolysis reactions from wheat bran milling byproducts have the potential to become effective materials for developing foods enriched in. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (4), 1331–1336.
- Nomura, A. M., Hankin, J. H., Henderson, B. E., Wilkens, L. R., Murphy, S. P., Pike, M. C., Le Marchand, L., Stram, D. O., Monroe, K. R. ve Kolonel, L. N., 2007. Dietary fiber and colorectal cancer risk: the multiethnic cohort study. *Cancer Causes Control*, 18, 753-764.
- Noort, M. W. J., Van Haaster, D., Hemery, Y., Schols, H. A. ve Hamer, R. J., 2010. The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality – Evidence for fibre–protein interactions. *Journal of Cereal Science*, 52, 59-64.
- Oh, I. K., Bae, I. Y. ve Lee, H. G., 2014. In vitro starch digestion and cake quality: impact of the ratio of soluble and insoluble dietary fiber. *Int J Biol Macromol*, 63, 98-103.
- Okada, K., Negishi, Y. ve Nagao, S., 1987. Factors affecting dough breakdown during overmixing. *Cereal Chemistry*, 64, 428-434.
- Okan, O. T., Varlıbaş, H., Öz, M. ve Deniz, İ., 2013. Antioksidan analiz yöntemleri ve doğu karadeniz bölgesinde antioksidan kaynağı olarak kullanılabilen odun dışı bazı bitkisel ürünler. *Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 13 (1), 48-59.
- Ortolan, F. ve Steel, C. J., 2017. Protein Characteristics that Affect the Quality of Vital Wheat Gluten to be Used in Baking: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16, 369-381.
- Ou S. ve Kwok K., 2004. Ferulic acid: pharmaceutical functions, preparation and applications in foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1261-1269.
- Özboy, Ö. ve Köksel, H., 1997. Unexpected strengthening effects of a coarse wheat bran on dough rheological properties and baking quality. *Journal of Cereal Science*, 25, 77–82.
- Özer, M. S., 1998. Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Özkaya, H. ve Özkaya. B., 2005. Öğütme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:30*. s. 598. Ankara.
- Özkaya, B., Turksoy, S., Özkaya, H. ve Duman, B., 2017. Dephytinization of wheat and rice brans by hydrothermal autoclaving process and the evaluation of consequences for dietary fiber content, antioxidant activity and phenolics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 39, 209–215.
- Öztürk, S., Kahraman, K., Tiftik, B. ve Köksel, H., 2008. Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab. *European Food Research and Technology*, 227, 1549-1554.
- Palmarola-Adrados, B., Choteborska, P., Galbe, M. ve Zacchi G., 2005. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheat bran. *Bioresour Technol*, 96, 843-850.

- Pan, X., Gilkes, N., Kadla, J., Pye, K., Saka, S., Gregg, D., Ehara, K., Xie, D., Lam, D. ve Saddler, J., 2006. Bioconversion of hybrid poplar to ethanol and co-products using an organosolv fractionation process: optimization of process yields. *Biotechnol Bioeng*, 94, 851-861.
- Parajo, J. C., Garrote, G., Cruz, J. M. ve Dominguez, H. 2004. Production of xylooligosaccharides by autohydrolysis of lignocellulosic materials. *Trends in Food Science & Technology*, 15 (2004), 115–120.
- Parker, M. L., Ng, A. ve Waldron, K. W., 2005. The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls of bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 2539-2547.
- Patil, S. S., Rudra, S. G., Varghese, E. ve Kaur, C., 2016. Effect of extruded finger millet (*Eleusine coracana* L.) on textural properties and sensory acceptability of composite bread. *Food Bioscience*, 14, 62-69.
- Pejcz, E., Czaja, A., Wojciechowicz-Budzisz, A., Gil, Z. ve Szychaj, R., 2017. The potential of naked barley sourdough to improve the quality and dietary fibre content of barley enriched wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 77, 97-101.
- Pejcz, E., Gil, Z., Wojciechowicz-Budzisz, A., Półtorak, M. ve Romanowska, A., 2015. Effect of technological process on the nutritional quality of naked barley enriched rye bread. *Journal of Cereal Science*, 65, 215-219.
- Peng, F., Peng, P., Xu, F. ve Sun, R. C., 2012. Fractional purification and bioconversion of hemicelluloses. *Biotechnol Adv*, 30, 879-903.
- Peng, B., Li, Y., Ding, S. ve Yang, J., 2017. Characterization of textural, rheological, thermal, microstructural, and water mobility in wheat flour dough and bread affected by trehalose. *Food Chem*, 233, 369-377.
- Pereira, M. A., O'Reilly, E. ve Augustsson, K., 2004. Dietary fiber and risk of coronary heart disease a pooled analysis of cohort studies. *Arch Intern. Med.*, 164 (4), 370-376.
- Pisarnitskii, A. F., Rubeniya, T. Y. ve Rutitskii, A. O., 2006. Oak wood hemicelluloses extracted with aqueous-alcoholic media. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42, 514-518.
- Pla, M., Rojas, A. M. ve Gerschenson, L. N., 2013. Effect of Butternut (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) Fibres on Bread Making, Quality and Staling. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 828-838.
- Poldermans, B. ve Schoppnik, P., 1999. Controlling the baking process and product quality with enzymes. *Cereal Foods World*, 44, 132-135.
- Polizeli, M. L., Rizzatti, A. C., Monti, R., Terenzi, H. F., Jorge, J. A. ve Amorim, D. S., 2005. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. *Appl Microbiol Biotechnol*, 67, 577-591.
- Prior, R. L., Wu, X. Ve Schaich, K., 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 53 (10), 4290-4302.
- Prückler, M., Lorenz, C., Endo, A., Kraler, M., Durrschmid, K., Hendriks, K., Soares Da Silva, F., Auterith, E., Kneifel, W. ve Michlmayr, H., 2015. Comparison of homo- and heterofermentative lactic acid bacteria for implementation of fermented wheat bran in bread. *Food Microbiol*, 49, 211-219.
- Prückler, M., Siebenhandl-Ehn, S., Apprich, S., Höltinger, S., Haas, C., Schmid, E. ve Kneifel, W., 2014. Wheat bran-based biorefinery 1: Composition of wheat bran

- and strategies of functionalization. *LWT - Food Science and Technology*, 56, 211-221.
- Purhagen, J. K., Sjøo, M. E. ve Eliasson, A. C., 2012. Fibre-rich additives--the effect on staling and their function in free-standing and pan-baked bread. *J Sci Food Agric*, 92, 1201-13.
- Ragaee, S., Guzar, İ., Dhull, N. ve Seetharaman, K., 2011. Effects of fiber addition on antioxidant capacity and nutritional quality of wheat bread. *LWT - Food Science and Technology*, 44, 2147-2153.
- Ranawana, V. ve Henry, C. J., 2013. A comparative evaluation of the glycaemic potential of commercial breads consumed in South East Asia. *Int J Food Sci Nutr*, 64, 223-229.
- Rasco, B. A., Borhan, M., Yegge, J. M., Lee, M. H., Siffring, K. ve Bruinsma, B., 1991. Evaluation of enzyme and chemically treated wheat bran ingredients in yeast-raised breads. *Cereal Chemistry*, 68 (3), 295-299.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231-1237.
- Reisinger, M., Tirpanalan, Ö., Prückler, M., Huber, F., Kneifel, W. ve Novalin, S., 2013. Wheat bran biorefinery – A detailed investigation on hydrothermal and enzymatic treatment. *Bioresource Technology*, 144, 179-185.
- Ren, J. L. ve Sun, R. C., 2010. Hemicelluloses. *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*, 73-130.
- Rivas, B., Domínguez, J. M., Domínguez, H. ve Parajó, J. C., 2002. Bioconversion of posthydrolysed autohydrolysis liquors, an alternative for xylitol production from corn cobs. *Enzyme and Microbial Technology*, 31 (4), 431-438.
- Rocha-Villarreal, V., Hoffmann, J. F., Vanierb, N. L., Serna-Saldivara, S. O. ve García-Lara, S., 2018. Hydrothermal treatment of maize: Changes in physical, chemical, and functional properties. *Food Chemistry*, 263, 225-231.
- Rodbotten, M., Tomic, O., Holtekjolen, A. K., Grini, I. S., Lea, P., Granli, B. S., Grimsby, S., and Sahlstrom, S., 2015. Barley bread with normal and low content of salt: sensory profile and consumer preference in five european countries. *Journal of Cereal Science*, 64, 176-182.
- Roopesh, K., Ramachandran, S., Nampoothiri, K. M., Szakacs, G. ve Pandey, A., 2006. Comparison of phytase production on wheat bran and oilcakes in solid-state fermentation by *Mucor racemosus*. *Bioresour Technol*, 97, 506-511.
- Roos, A. A., Persson, T., Krawczyk, H., Zacchi, G. ve Stalbrand, H., 2009. Extraction of water-soluble hemicelluloses from barley husks. *Bioresour Technol*, 100, 763-769.
- Rosa, N. N., Barron, C., Gaiani, C., Dufour, C. ve Micard, V., 2013. Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 57, 84-90.
- Rosell, C. M., Wang, J., Aja, S., Bean, S. ve Lookhart, G., 2003. Wheat flour proteins as affected by transglutaminase and glucose oxidase. *Cereal Chemical*, 80 (1), 52-55.
- Rosell, C. M., Collar, C. ve Haros, M., 2007. Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the mixolab. *Food Hydrocolloids*, 21 (3), 452-462.

- Rosell, C. M., Santos, E. ve Collar, C., 2010. Physical characterization of fiber-enriched bread doughs by dual mixing and temperature constraint using the Mixolab®. *European Food Research and Technology*, 231, 535-544.
- Sabiha-Hanim, S., Noor, M. A. ve Rosma, A., 2011. Effect of autohydrolysis and enzymatic treatment on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) frond fibres for xylose and xylooligosaccharides production. *Bioresour Technol*, 102, 1234-1239.
- Saha, B. C., 2003. Hemicellulose bioconversion. *Journal of Indian Microbiology and Biotechnology*, 30, 279-291.
- Saldamlı, İ., 2007. *Gıda Kimyası*. Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 119-123.
- Salem, A. A. ve Mackenzie, G. G., 2018. Pancreatic cancer: A critical review of dietary risk. *Nutrition Research*, 52, 1-13.
- Salgado, J. M., Rodrigues, B. S., Donado-Pestana, C. M., Dos Santos Dias, C. T. ve Morzelle, M. C., 2011. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) peel as potential source of dietary fiber and phytochemicals in whole-bread preparations. *Plant Foods Hum Nutr*, 66, 384-390.
- Salinas, M. V. ve Puppo, M. C., 2013. Rheological Properties of Bread Dough Formulated with Wheat Flour–Organic Calcium Salts–FOS-Enriched Inulin Systems. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 1618-1628.
- Salmenkallio-Marttila, M., Katina, K. ve Autio, K., 2000, Enzyme effects on bread quality and microstructure in high-fibre baking, 201-205, 2nd European Symposium on Enzymes on Grain Processing ESEPG-2, VTT Symposium 207, 8-10 December, 1999, Edited by Simoinen, T. and Tenkanen, M., Organised by VTT Biotechnology, TNO Nutrition and Food Research Institute, Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT), 342 p.
- Santos, E., Rosell, C. M. ve Collar, C., 2008. Gelatinization and Retrogradation Kinetics of High-Fiber Wheat Flour Blends: A Calorimetric Approach. *Cereal Chemistry Journal*, 85, 455-463.
- Sanz Penella, J. M., Collar, C. ve Haros, M., 2008. Effect of wheat bran and enzyme addition on dough functional performance and phytic acid levels in bread. *Journal of Cereal Science*, 48, 715-721.
- Sarangi P. K. ve Sahoo H. P., 2010. Ferulic acid production from wheat bran using *Staphylococcus aureus*. *New York Science Journal*, 3 (4), 79-81.
- Sarıçoban, C., Coksever, E. ve Karakaya, M., 2008. “Et ürünlerinde turunçgil yan ürünlerinin kullanımı”. Türkiye 10. Gıda Kongresi. 21-23 Mayıs Erzurum.
- Schmiele, M., Jaekel, L. Z., Patricio, S. M. C., Steel, C. J. ve Chang, Y. K., 2012. Rheological properties of wheat flour and quality characteristics of pan bread as modified by partial additions of wheat bran or whole grain wheat flour. *International Journal of Food Science ve Technology*, 47, 2141-2150.
- Schmiele, M., Felisberto, M. H. F., Clerici, M. T. P. S. ve Chang, Y. K., 2017. Mixolab™ for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolysate and fructooligosaccharides for bread production. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 259–269.
- Schooneveld-Bergmans, M. E. F., Beldman, G. ve Voragen, A. G. J., 1999. Structural features of (glucurono)arabinoxylans extracted from wheat bran by barium hydroxide. *Journal of Cereal Science*, 29, 63-75.
- Sebastiena, G., Christopheb, B., Marioa, A., Pascala, L., Michela, P. ve Aurore, R., 2014. Impact of purification and fractionation process on the chemical structure

- and physical properties of locust bean gum. *Carbohydrate Polymers*, 108 (2014), 159–168.
- Seczyk, L., Swieca, M., Dziki, D., Anders, A. ve Gawlik-Dziki, U., 2017. Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. *Food Chem*, 214, 32-38.
- Sedej, I., Sakač, M., Mandić, A., Mišan, A., Tumbas, V. ve Hadnadev, M., 2011. Assessment of antioxidant activity and rheological properties of wheat and buckwheat milling fractions. *Journal of Cereal Science*, 54, 347-353.
- Serra, S., Fuganti, C. ve Brenna, E., 2005. Biocatalytic preparation of natural flavours and fragrances. *Trends Biotechnol*, 23, 193-198.
- Servi, S., Özkaya, H. ve Colakoglu, A. S., 2008. Dephytinization of wheat bran by fermentation with bakers'yeast, incubation with barley malt flour and autoclaving at different pH levels. *Journal of Cereal Science*, 48 (2008), 471-476.
- Sgherri, C., Cecconami, S., Pinzino, C., Navari-Izzo, F. ve Izzo, R., 2010. Levels of antioxidants and nutraceuticals in basil grown in hydroponics and soil. *Food Chemistry*, 123, 416-422.
- Shah, A. R., Shah, R. K. ve Madamwar, D., 2006. Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*. *Biosecure Technology*, 97, 2047–2053.
- Sharma, B., Gujral, H. S. ve Solah, V., 2017. Effect of incorporating finger millet in wheat flour on mixolab behavior, chapatti quality and starch digestibility. *Food Chem*, 231, 156-164.
- Shatalov, A. A., ve Pereira, H., 2002. Carbohydrate behaviour of arundo donax l. in ethanol-alkali medium of variable composition during organosolv delignification. *Carbohydrate Polymers*, 49 (3), 331–336.
- Shumoy, H. ve Raes, K., 2017. In vitro starch hydrolysis and estimated glycemic index of tef porridge and injera. *Food Chemical*, 229, 381-387.
- Silagadze, M. A., Gachechiladze, S. T., Pruidze, E. G., Khetsuriani, G. S., Khvadagiani, K. B. ve Pkhakadze, G. N., 2017. Development of new-generation dietary bread technologies by using soya processing products. *Annals of Agrarian Science*, 15, 177-180.
- Simovic, D. S., Filipovic, N., Seres, Z., Gyura, J., Jokic, A. ve Pajin, B., 2010. Optimization of the Formula of bread enriched with sugar beet fibres. *Acta Alimentaria*, 39, 488-497.
- Simsek, S. ve El, N., 2015. In vitro starch digestibility, estimated glycemic index and antioxidant potential of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) corm. *Food Chemical*, 168, 257-261.
- Singh, N., Kaur, M. ve Sandhu, K. S., 2005. Physicochemical and functional properties of freeze-dried and oven dried corn gluten meals. *Drying Technology*, 23, 975-988.
- Singh, V., Pandey, V. C. ve Agrawal, S., 2013. Potential of laceyella sacchari strain b42 crude xylanase in biobleaching of kraft pulp. *African Journal of Biotechnology*, 12 (6), 570–579.
- Singleton, V. L. ve Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

- Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Quek S. Y. ve Perera, C.O. 2010. Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. *Journal of Food Science*, 75 (8), 163-174.
- Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. İ., Quek, S. ve Perera, C. O., 2011. Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. *Journal of Food Science*, 76, 97-107.
- Slavin, J. L., 2005. Dietary fiber and body weight. *Nutrition*, 21, 411-418.
- Song, F. L., Gan, R. Y., Zhang, Y., Xiao, Q., Kuang, L., ve Li, H. B., 2010. Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected chinese medicinal plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 11, 2362-2372.
- Souza, W. R., 2013. Microbial Degradation of Lignocellulosic Biomass.
- Statista, 2013. <https://www.statista.com/statistics/454885/bread-consumption-volume-in-selected-european-countries/> (Erişim tarihi: 16.10.2017)
- Steffolani, M. E., Ribotta, P. D., Pérez, G. T. ve León, A. E., 2010. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality. *Journal of Cereal Science*, 51, 366-373.
- Stevenson, L., Phillips, F., O'sullivan, K. ve Walton, J., 2012. Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 63, 1001-1013.
- Sudha, M. L., Srivastava, A. K. ve Leelavathi, K., 2007. Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ. *European Food Research and Technology*, 225, 351-357.
- Sullivan, W. R., Hughes, J. G., Cockman, R. W. ve Small, D. M., 2017. The effects of temperature on the crystalline properties and resistant starch during storage of white bread. *Food Chem*, 228, 57-61.
- Sun, R., Lawther, J. M. ve Banks, W. B. 1997. A tentative chemical structure of wheat straw lignin. *Industrial Crops and Products*, 6 (1), 1-8.
- Sun, R. C., ve Tomkinson, J., 2002. Characterization of hemicelluloses obtained by classical and ultrasonically assisted extractions from wheat straw. *Carbohydrate Polymers*, 50 (3), 263-271.
- Sun, X. F., Sun, R. C., Fowler, P. ve Baird, M. S., 2005. Extraction and characterization of original lignin and hemicelluloses from wheat straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (4), 860-870.
- Surek, E. ve Buyukkileci, A. O., 2017. Production of xylooligosaccharides by autohydrolysis of hazelnut (*Corylus avellana* L.) shell. *Carbohydr Polym*, 174, 565-571.
- Suresh Kumar, G. S., Seethalakshmi, P. G., Bhuvanesh, N., ve Kumaresan, S., 2013. Studies on the syntheses, structural characterization, antimicrobial and DPPH radical scavenging activity of cocrystals caffeine:cinnamic acid and caffeine:eosin dihydrate. *Journal of Molecular Structure*, 1050, 88-96.
- Svec, I. ve Hrusková, M., 2015. The Mixolab parameters of composite wheat/hemp flour and their relation to quality features. *LWT - Food Science and Technology*, 60, 623-629.
- Swieca, M., Seczyk, L., Gawlik-Dziki, U. ve Dziki, D., 2014. Bread enriched with quinoa leaves - the influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chem*, 162, 54-62.

- Şahin, M., Aydoğan, S., Gocmen, A. ve Hamzaoğlu, S. 2014. Ekmeklik buğday kalite değerlendirmesinde miksolab cihazının kullanımı. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 23 (1), 7-13.
- Tai, C., Li, S., Xu, Q., Ying, H., Huang, H. ve Ouyang, P., 2010. Chitosan production from hemicellulose hydrolysate of corn straw: impact of degradation products on *Rhizopus oryzae* growth and chitosan fermentation. Letters in Applied Microbiology, 51, 278–284.
- Tarcea, M., Rus, V. ve Zita, F., 2017. Insight of dietary fibers consumption and obesity prevention. journal of obesity ve eating disorders, 03.
- Taş, A. A. ve El, S. N., 2000. Determination of nutritionally important starch fractions of some turkish breads. Food chemistry, 70, 493-497.
- Tathod A. P. ve Dhepe, P. L., 2015. Efficient method for the conversion of agricultural waste into sugar alcohols over supported bimetallic catalysts. Bioresource Technology, 178, 36–44.
- Temple, N. J., 2000. Antioxidants and disease: more questions than answers. Nutrition research, 20 (3), 449-459.
- Theuwissen, E. ve Mensink, R. P. 2008. Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. Physiology & Behavior, 94 (2008), 285–292.
- Thorsdottir, L. ve Birgisdottir, B. E., 2005. Glycemic index. Nordic Nutrition Research Recommendations, 3 (5), 589.
- Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., Cade, J. E., Gale, C. P. ve Burley, V. J., 2013. Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. BMJ, 347, 68-79.
- Tirpanalan, Ö., Reisinger, M., Huber, F., Kneifel, W. ve Novalin, S. 2014. Wheat bran biorefinery: An investigation on the starch derived glucose extraction accompanied by pre- and post-treatment steps. Bioresource Technology, 163 (2014), 295–299.
- Tirpanalan, O., Reisinger, M., Smerilli, M., Huber, F., Neureiter, M., Kneifel, W. ve Novalin, S., 2015. Wheat bran biorefinery--an insight into the process chain for the production of lactic acid. Bioresour Technol, 180, 242-249.
- Tiwari, U., Cummins, E., Brunton, N., O'Donnell, C. ve Gallagher, E., 2013. A comparison of oat flour and oat bran-based bread formulations. British Food Journal, 115, 300-313.
- TMO, 2016. 2016 yılı hububat raporu. <http://www.tmo.gov.tr> (20.04.2018).
- Turfani, V., Narducci, V., Durazzo, A., Galli, V. ve Carcea, M., 2017. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours. LWT - Food Science and Technology, 78, 361-366.
- TÜİK, 2016. <https://www.tuik.gov.tr> (20.04.2018).
- Uhari, M., Kontiokari, T. ve Niemela, M., 2008. A novel use of xylitol sugar in preventing acute otitis media. Pediatrics, 102, 879–884.
- Vaher, M., Matso, K., Levandi, T., Helmja, K. ve Kaljurand, M., 2010. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. Procedia Chemistry, 2, 76-82.
- Van Walsum, G. P., Allen, S. G., Spencer, M. J., Laser, M. S., Antal, M. J. ve Lynd, L. R., 1996. Conversion of lignocellulosics pretreated with liquid hot water to ethanol. Applied Biochemistry and Biotechnology, 57–58 (1), 157–170.

- Vazquez, M. J., Alonso, J. L., Domínguez, H. ve Parajó, J. C., 2000. Xylooligosaccharides, manufacture and applications. *Trends in Food Science and Technology*, 11 (11), 387–393.
- Vegas, R., Luque, S., Alvarez, R., Alonso, J. L., Dominguez, H. ve Parajo, J. C., 2006. Membrane-assisted processing of xylooligosaccharide-containing liquors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 5430-5436.
- Venn, B. J. ve Mann, J. I., 2004. Cereal grains, legumes and diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58, 1443-1461.
- Verma, B., Hucl, P. ve Chibbar, R. N., 2009. Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions. *Food Chemistry*, 116, 947-954.
- Villarino, C. B. J., Jayasena, V., Coorey, R., Chakrabarti-Bell, S., Foley, R., Fanning, K. ve Johnson, S. K., 2015. The effects of lupin (*Lupinus angustifolius*) addition to wheat bread on its nutritional, phytochemical and bioactive composition and protein quality. *Food Research International*, 76, 58-65.
- Vinatoru, M., 2001. An overview of the ultrasonically assisted extraction of bioactive principles from herbs. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8 (3), 303–313.
- Vitaglione, P., Napolitano, A. ve Fogliano, V., 2008. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. *Trends in Food Science ve Technology*, 19, 451-463.
- Walia, A., Guleria, S., Mehta, P., Chauhan, A. ve Parkash, J., 2017. Microbial xylanases and their industrial application in pulp and paper biobleaching: a review. *3 Biotech*, 7, 11.
- Walton, N. J., Mayer, M. J. ve Narbad, A., 2003. Molecules of interest: vanillin. *Phytochemistry*, 63, 505–515.
- Wang, J., Rosell, C. M. ve Barber, C. B., 2002. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry*, 79 (2), 221–226.
- Wang, M., Hamer, R. J., Vliet, T. Gruppen, H., Marseille, H. ve Weegels, P. L., 2003. Effect of water unextractable solids on gluten formation and properties: mechanistic considerations. *Journal of Cereal Science*, 37 (1), 55-64.
- Wang, M., Oudgenoeg, G., Vliet, T. V. ve Hamer, R. J., 2003. Interaction of water unextractable solids with gluten protein: effect on dough properties and gluten quality. *Journal of Cereal Science*, 38, 95-104.
- Weickert, M. O. ve Pfeiffer, A. F., 2018. Metabolic effects of dietary fiber consumption and prevention of diabetes. *Journal of Nutritional*, 138 (3), 439-442.
- WHO, 2016. Obesity and overweight.
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/> (19.04.2018).
- Wu, H., Li, H., Xue, Y., Luo, G., Gan, L., Liu, J., Mao, L. ve Long, M., 2017. High efficiency co-production of ferulic acid and xylooligosaccharides from wheat bran by recombinant xylanase and feruloyl esterase. *Biochemical Engineering Journal*, 120, 41-48.
- Wu, M. Y. ve Shiau, S. Y., 2014. Effect of the Amount and Particle Size of Pineapple Peel Fiber on Dough Rheology and Steamed Bread Quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 549-558.
- Xiao, X., Bian, J., Peng, X. P., Xu, H., Xiao, B. ve Sun, R. C., 2013. Autohydrolysis of bamboo (*Dendrocalamus giganteus* Munro) culm for the production of xylooligosaccharides. *Bioresour Technol*, 138, 63-70.

- Xu, F., Liu, C. F., Geng, Z. C., Sun, J. X., Sun, R. C., Hei, B. H., Lin, L., Wu, S. B. ve Je, J., 2006. Characterisation of degraded organosolv hemicelluloses from wheat straw. *Polymer Degradation and Stability*, 91, 1880-1886.
- Yu, L. ve Cheng, Z. 2007. Antioxidant properties of wheat phenolic acids. *Wheat Antioxidants*, 54-73.
- Yu, L., Nanguet, A. L. ve Beta, T., 2013. Comparison of Antioxidant Properties of Refined and Whole Wheat Flour and Bread. *Antioxidants (Basel)*, 2, 370-83.
- Yuan, X., Wang, J. ve Yao, H., 2005. Feruloyl oligosaccharides stimulate the growth of *Bifidobacterium bifidum*. *Anaerobe*, 11, 225-229.
- Yuan, T. Q., Xu, F., He, J. ve Sun, R. C., 2010. Structural and physico-chemical characterization of hemicelluloses from ultrasound-assisted extractions of partially delignified fast-growing poplar wood through organic solvent and alkaline solutions. *Biotechnol Adv*, 28, 583-93.
- Zabidi, M. A. ve Aziz, N. A. A., 2009. In vitro starch hydrolysis and estimated glycaemic index of bread substituted with different percentage of chempedak (*Artocarpus integer*) seed flour. *Food Chemistry*, 117, 64-68.
- Zeng, H., Lazarova, D. L. ve Bordonaro, M., 2014. Mechanisms linking dietary fiber, gut microbiota and colon cancer prevention. *World J Gastrointest Oncol*, 6, 41-51.
- Zhang, D. ve Moore, W. R., 1999. Effect of wheat bran particle size on dough rheological properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74 (4), 490-496.
- Zhang, J., Li, Y. ve Torres, M. E., 2005. How does a suicide attempter eat differently from others? Comparison of macronutrient intakes. *Nutrition*, 21, 711-727.
- Zhang, G., Ao, Z. ve Hamaker, B. R. 2006. Slow digestion property of native cerealstarches. *Biomacromolecules*, 7, 3252-3258.
- Zhang, K., Yu, C. ve Yang, S. T., 2015. Effects of soybean meal hydrolysate as the nitrogen source on seed culture morphology and fumaric acid production by *Rhizopus oryzae*. *Process Biochemistry*, 50, 173-179.
- Zhao, Z. ve Moghadasian, H. M., 2008. Chemistry , natura sources, dietary intake and pharmacokinetic properties of ferulic acid: A review. *Food Chemistry*, 109, 691-702.
- Zhao, X. ve Dong, C., 2016. Extracting xylooligosaccharides in wheat bran by screening and cellulase assisted enzymatic hydrolysis. *Int J Biol Macromol*, 92, 748-752.
- Zheng, Y., Wang, Y., Zhang, J. ve Pan, J., 2016. Using tobacco waste extract in pre-culture medium to improve xylose utilization for l-lactic acid production from cellulosic waste by *Rhizopus oryzae*. *Bioresour Technol*, 218, 344-50.
- Zhou, K., Su, L. ve Yu, L., 2004. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (20), 6108-6114.
- Zhu, K., Huang, S., Peng, W., Qian, H. ve Zhou, H., 2010. Effect of ultrafine grinding on hydration and antioxidant properties of wheat bran dietary fiber. *Food Research International*, 43, 943-948.
- Zhu, F., Sakulnak, R. ve Wang, S., 2016. Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chem*, 194, 1217-1223.
- Zuchowski, J., Kapusta, I., Szajwaj, B., Jonczyk, K. ve Oleszek, W., 2009. Phenolic acid content of organic and conventionally grown winter wheat. *Cereal Research Communications*, 37 (2), 189-197.
- Zuchowski, J., Jonczyk, K., Pecio, L. ve Oleszek, W., 2011. Phenolic acid concentrations in organically and conventionally cultivated spring and winter wheat. *Journal of Sci. Food Agric.*, 91, 1089-1095.

7. EKLER

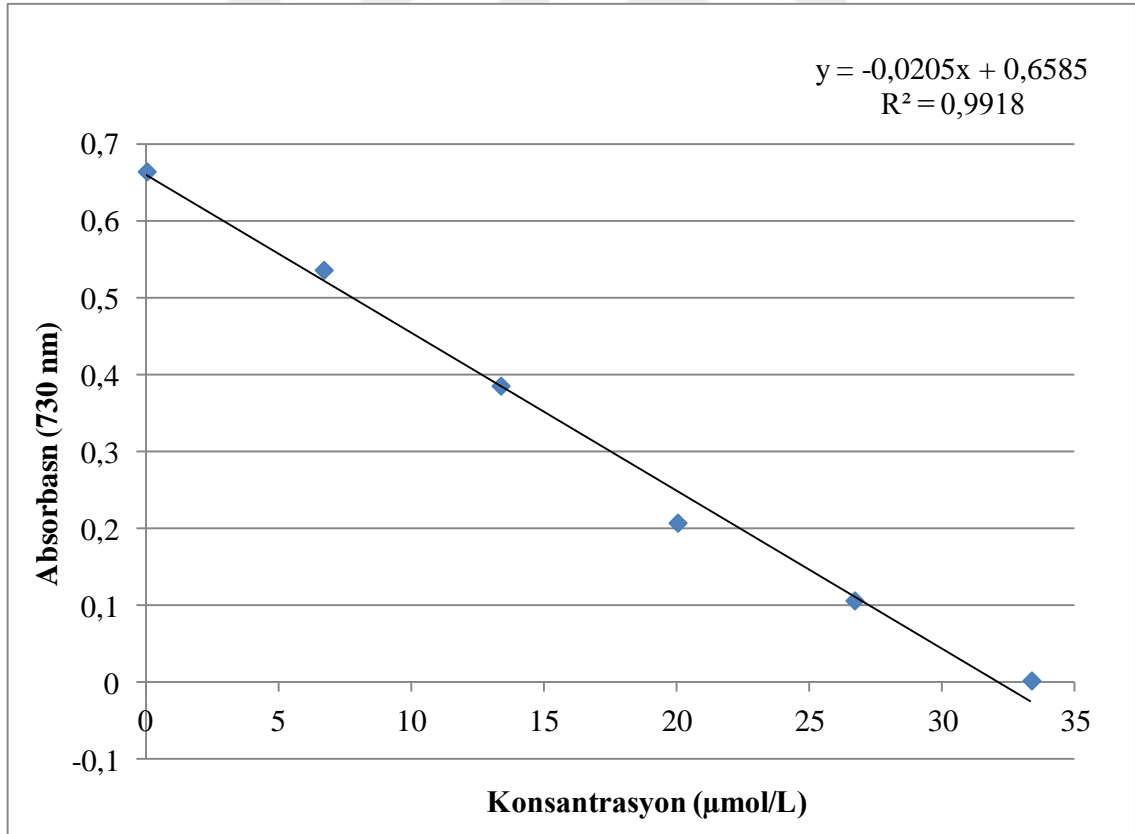
7.1. Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi (TEAC) Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

20 mM Sodyum Asetat Tamponu: 0.82 g sodyum asetat, 400 ml saf suda çözündürülmüş, pH'sı asetik asitle 4.5'e ayarlanmış ve hacmi 500 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) Çözeltisi: 192 mg ABTS saf suda çözündürülmüş ve hacmi 50 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

2.45 mM Potasyum Peroksidisülfat Çözeltisi: 33.1 mg potasyum peroksidisülfat saf suda çözündürülmüş ve hacmi 50 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

ABTS ve potasyum peroksidisülfat çözeltisi analiz yapılmadan önce 1:1 oranında karıştırılmış ve bir gece karanlık ortamda bekletilmiştir.



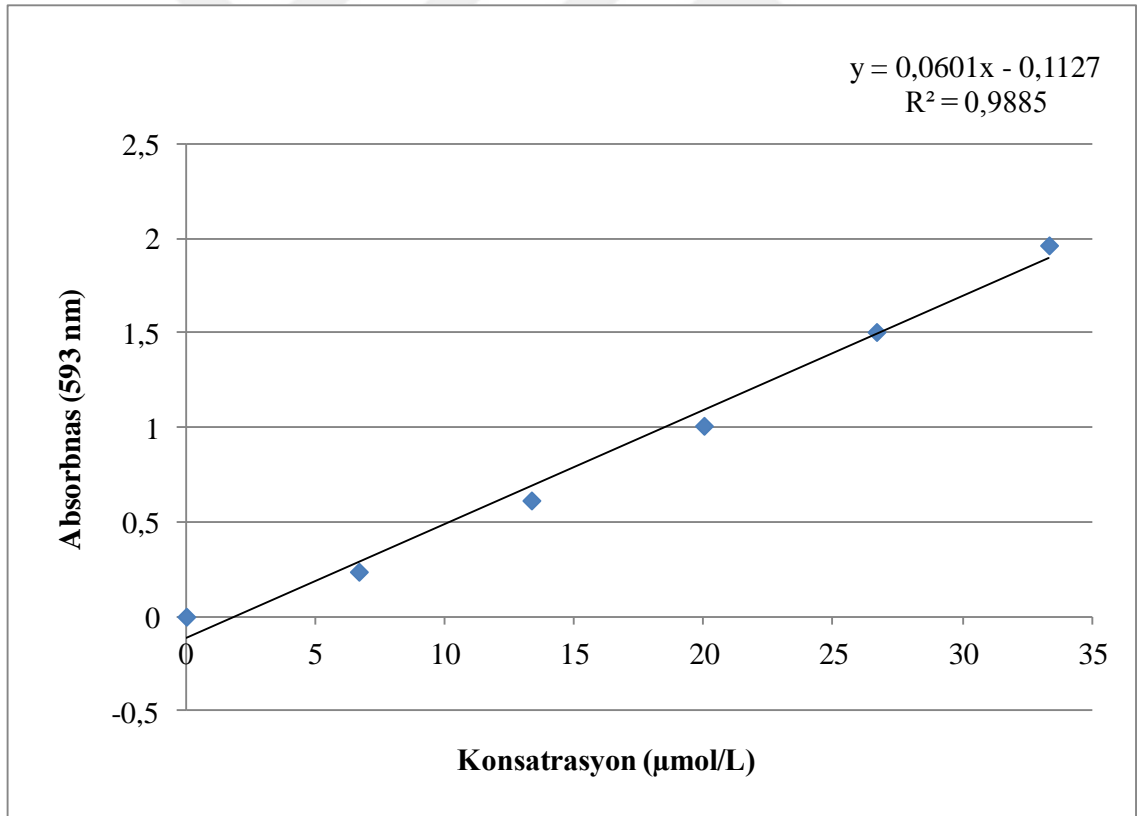
7.2. Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

30 mM Asetat Tamponu: 2.4 g sodyum asetat ve 14.5 ml asetik asit bir miktar suda çözündürülmüş ve pH'sı asetik asitle 3.6'ya ayarlanmış, hacmi de 1 L'ye saf suyla tamamlanmıştır.

20 mM FeCl₃ Çözeltisi: 324 mg FeCl₃ saf suda çözündürülmüş ve hacmi 100 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

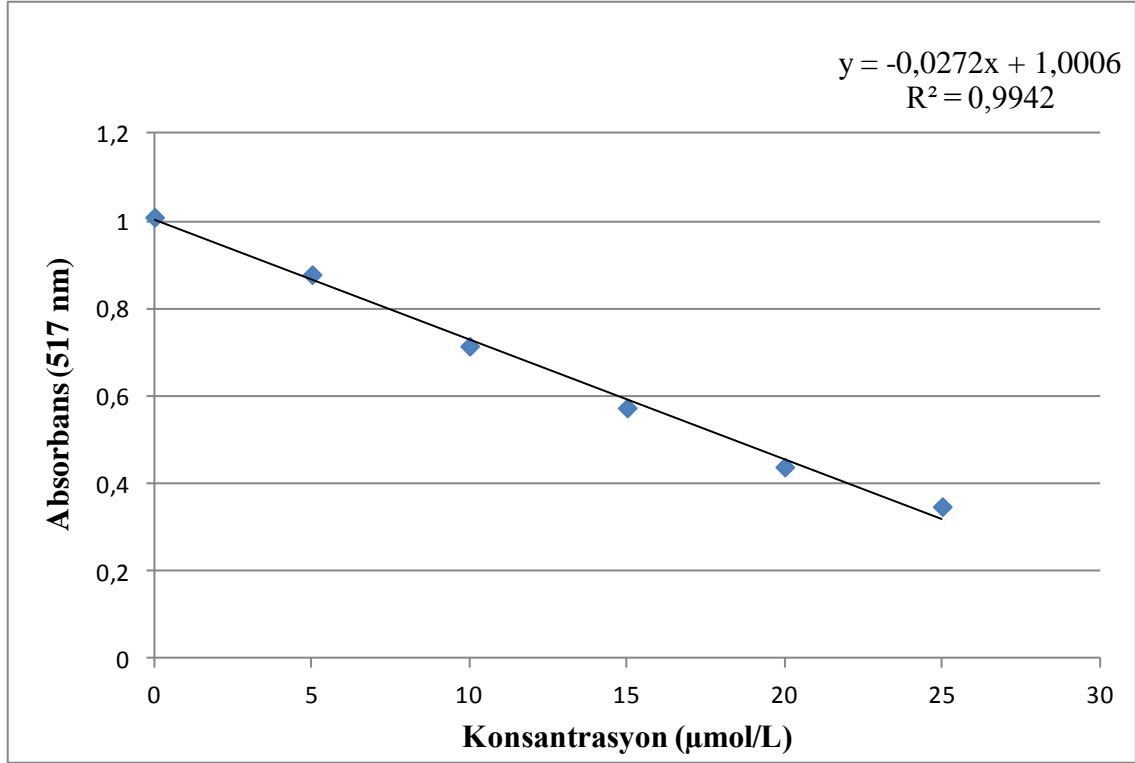
10 mM TPTZ (2,4,6-Tris (2-pyridyl)-s-triazine) Çözeltisi: 312 mg TPTZ, 80 ml saf su ve 0.33 ml HCl asit karıştırılmış ve karışımın hacmi 100 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

Bu üç çözelti analiz yapılmadan önce sırasıyla 10:1:1 oranında karıştırılarak kullanılmıştır.



7.3. DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

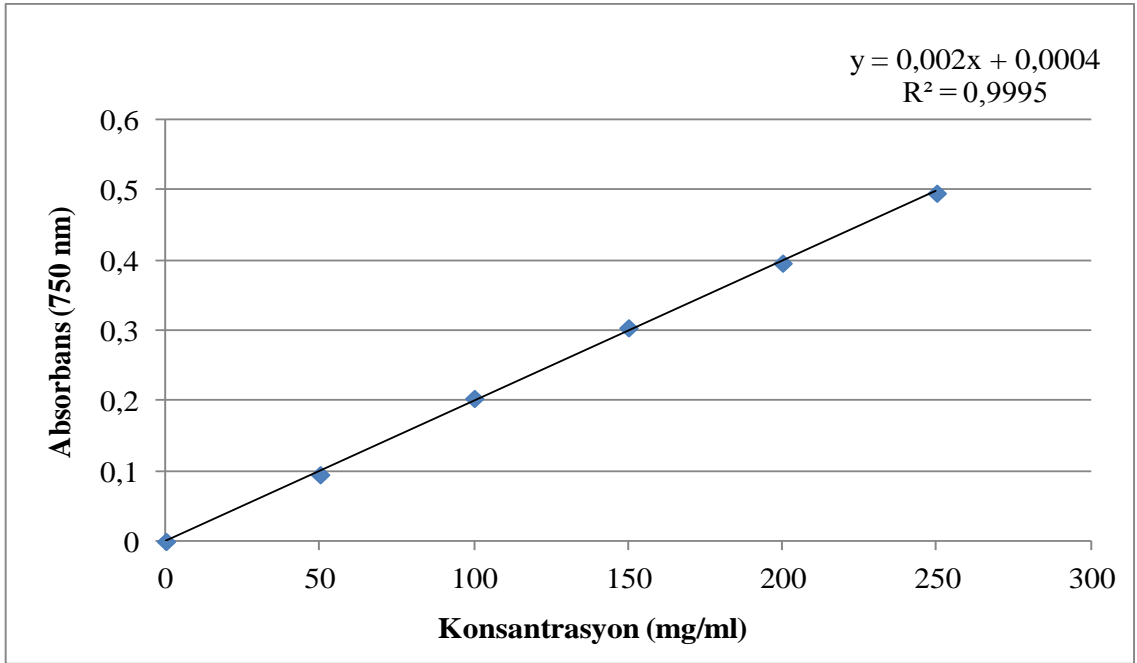
100 µM DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) Çözeltisi: 4 mg DPPH 100 ml metanolde çözündürülmüştür.



7.4. Toplam Fenolik Madde Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

%7 Na₂CO₃ Çözeltisi: 7 g Na₂CO₃ saf suda çözündürülerek hacmi 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.

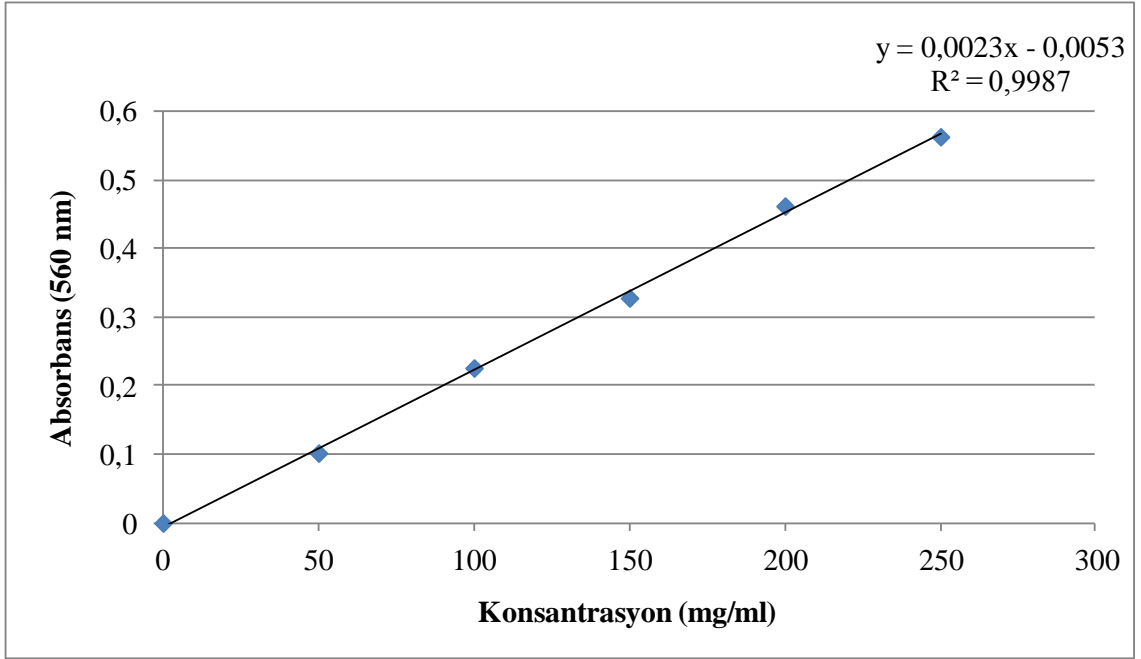
10 mg/ml Gallik Asit Standart Çözeltisinin Hazırlanması: 1 g gallik asit 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.



7.5. DNS Metodu Çözeltisinin Hazırlanması ve Standardı

DNS Çözeltisi: 5 g dinitrosalisilik asit, 1 g fenol, 0.25 g sodyum sülfid, 5 g sodyum hidroksit, önce 400 ml saf su içinde çözündürülmüş ve hacmi 500 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır.

2.5 mg/ml Ksiloz Çözeltisi: 250 mg ksiloz saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

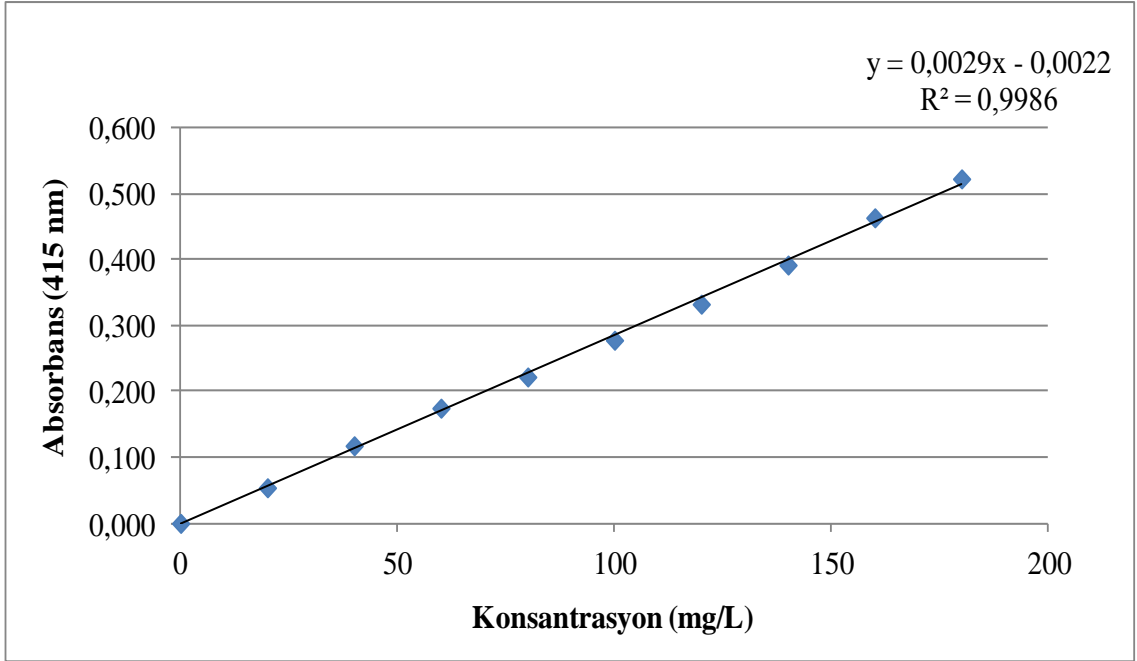


7.6. Flavonoid Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

%5 NaNO₂ Çözeltisi: 5 g NaNO₂ 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.

1 M NaOH Çözeltisi: 4 g NaOH 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.

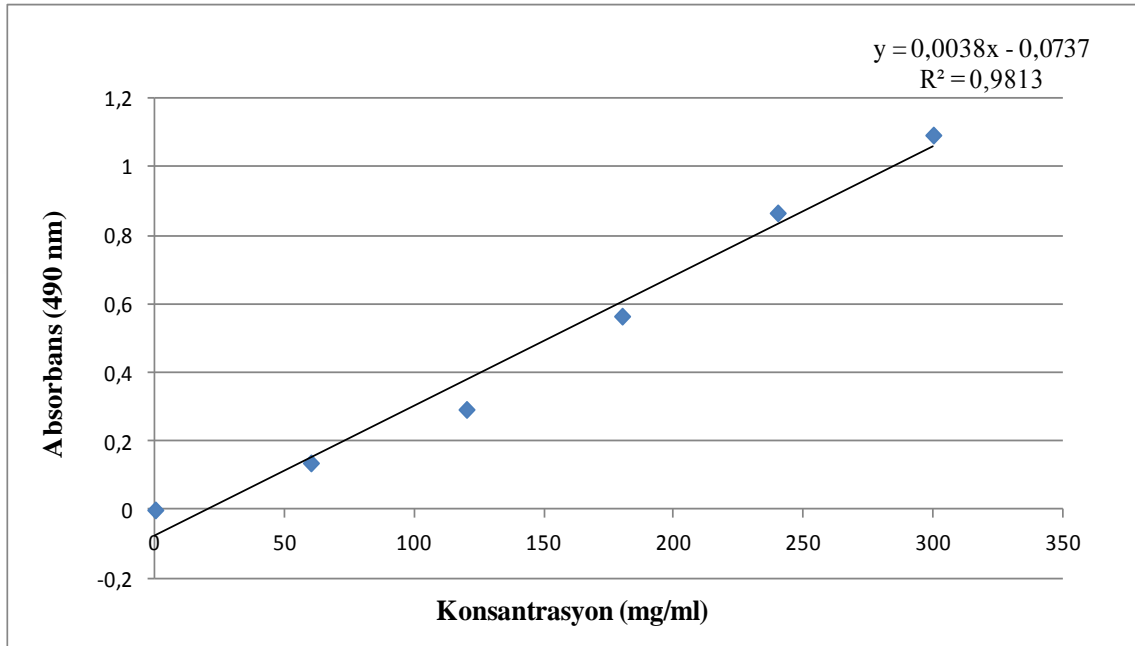
200 mg/L Kuersetin Çözeltisi: 20 mg kuersetin 10 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.



7.7. Toplam Karbonhidrat Tayininde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması ve Standardı

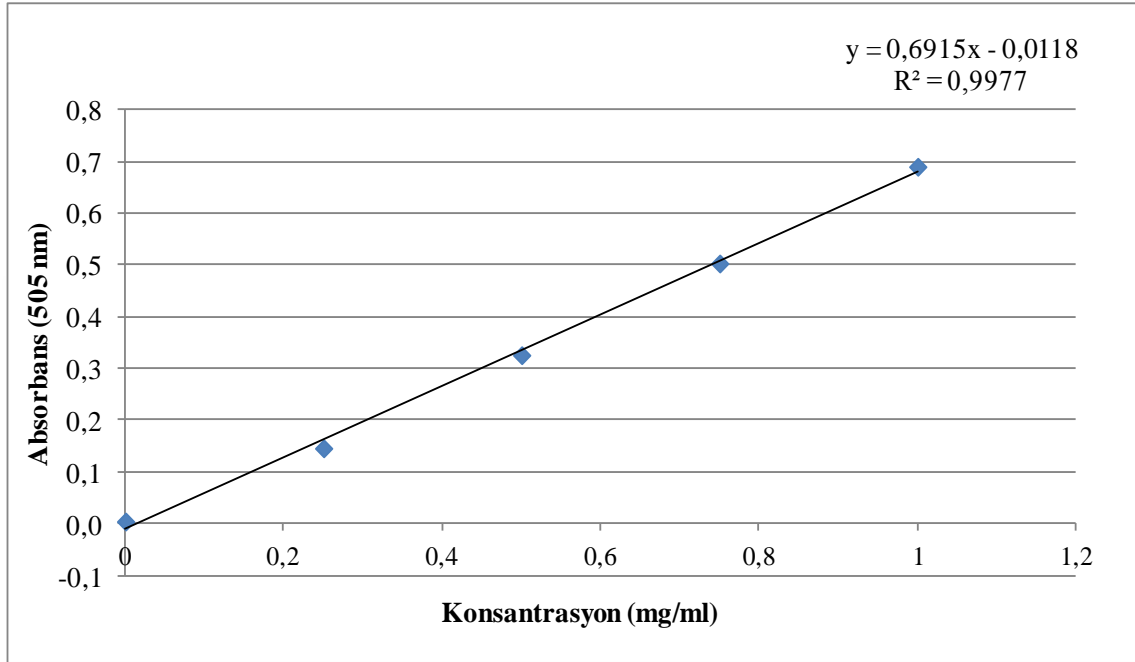
80%'lik Fenol Çözeltisi: 80 g Fenol 100 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır.

2.5 mg/ml Ksiloz Çözeltisi: 250 mg ksiloz saf su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır.

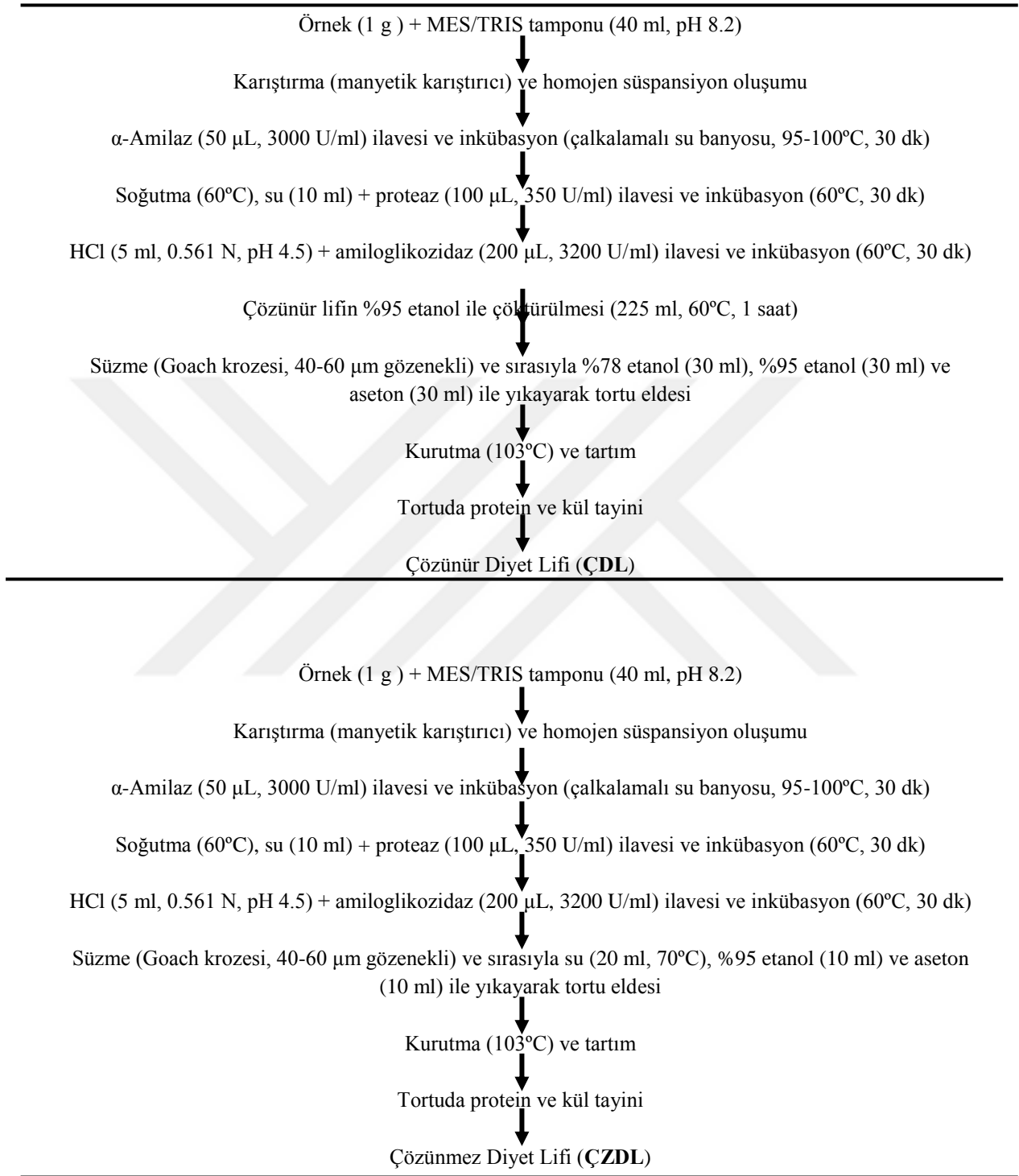


7.8. Glikoz Oksidaz Peroksidaz (GOPOD) Tayininde Kullanılan Standardın Hazırlanması

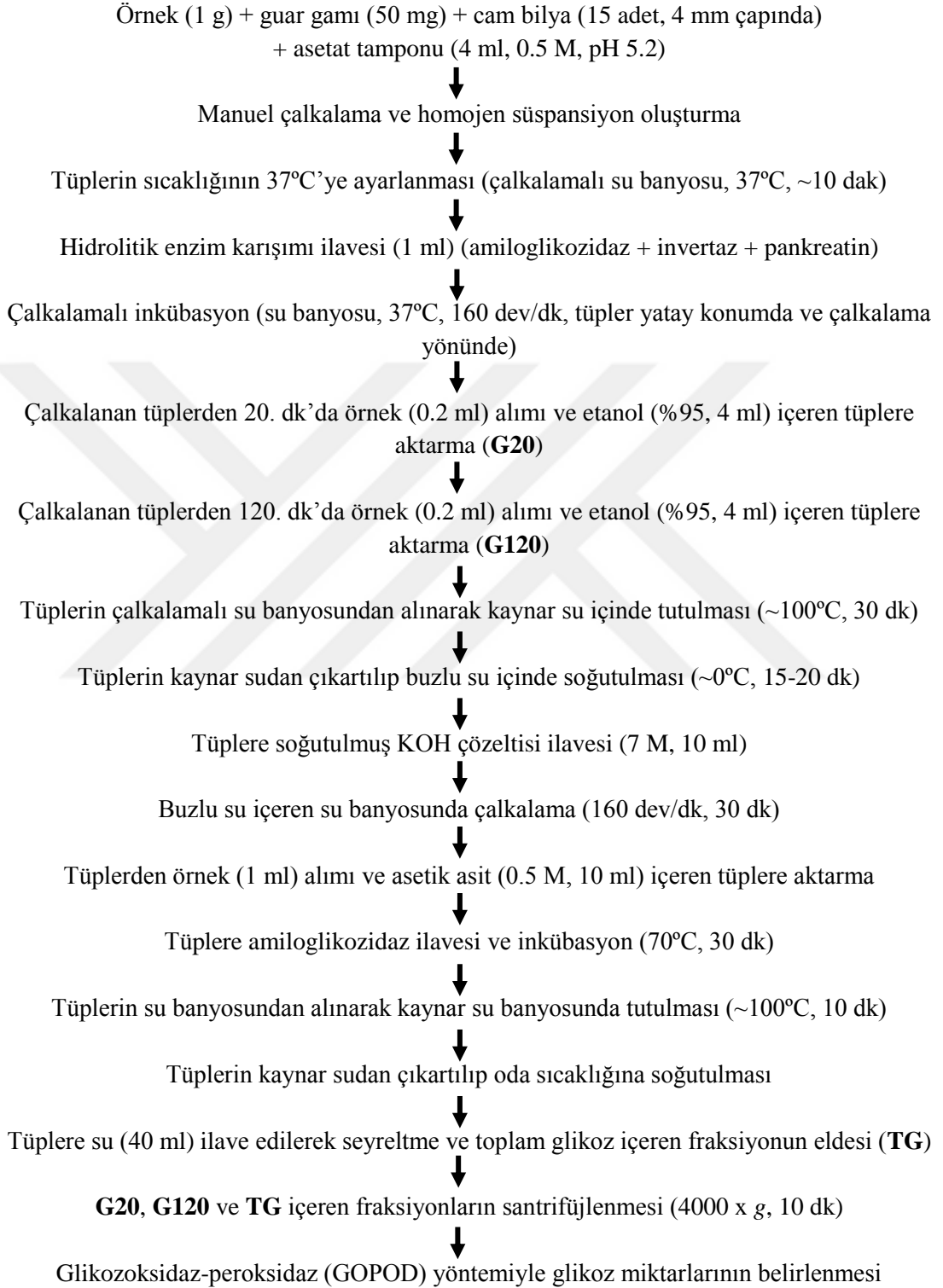
1 g/L Glikoz Çözeltisi: 500 mg glikoz saf su ile 500 ml'ye tamamlanmıştır.



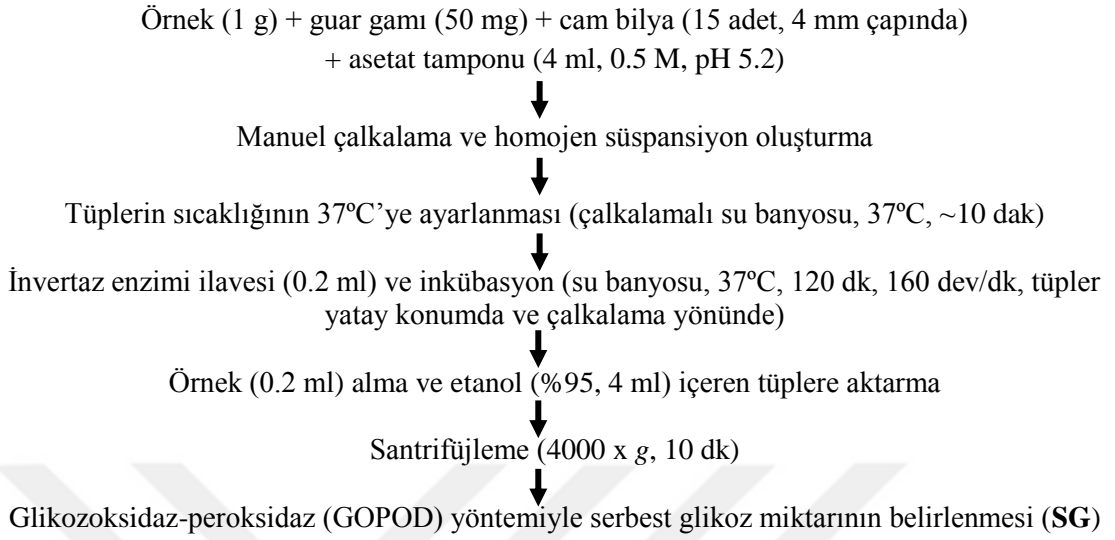
7.9. Çözünür ve Çözünmez Diyet Lifi Analizi Akım Şeması



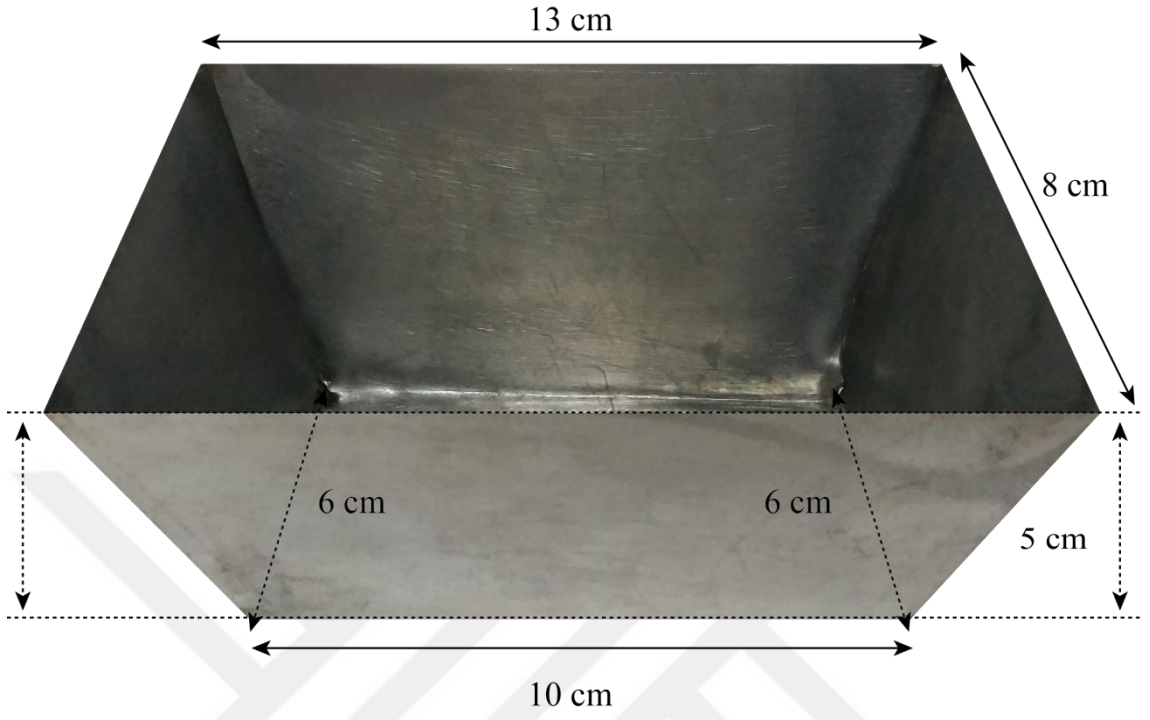
7.10. Beslenme Açısından Önemli Nişasta Fraksiyonlarının Belirlenmesi Analizi Akım Şeması



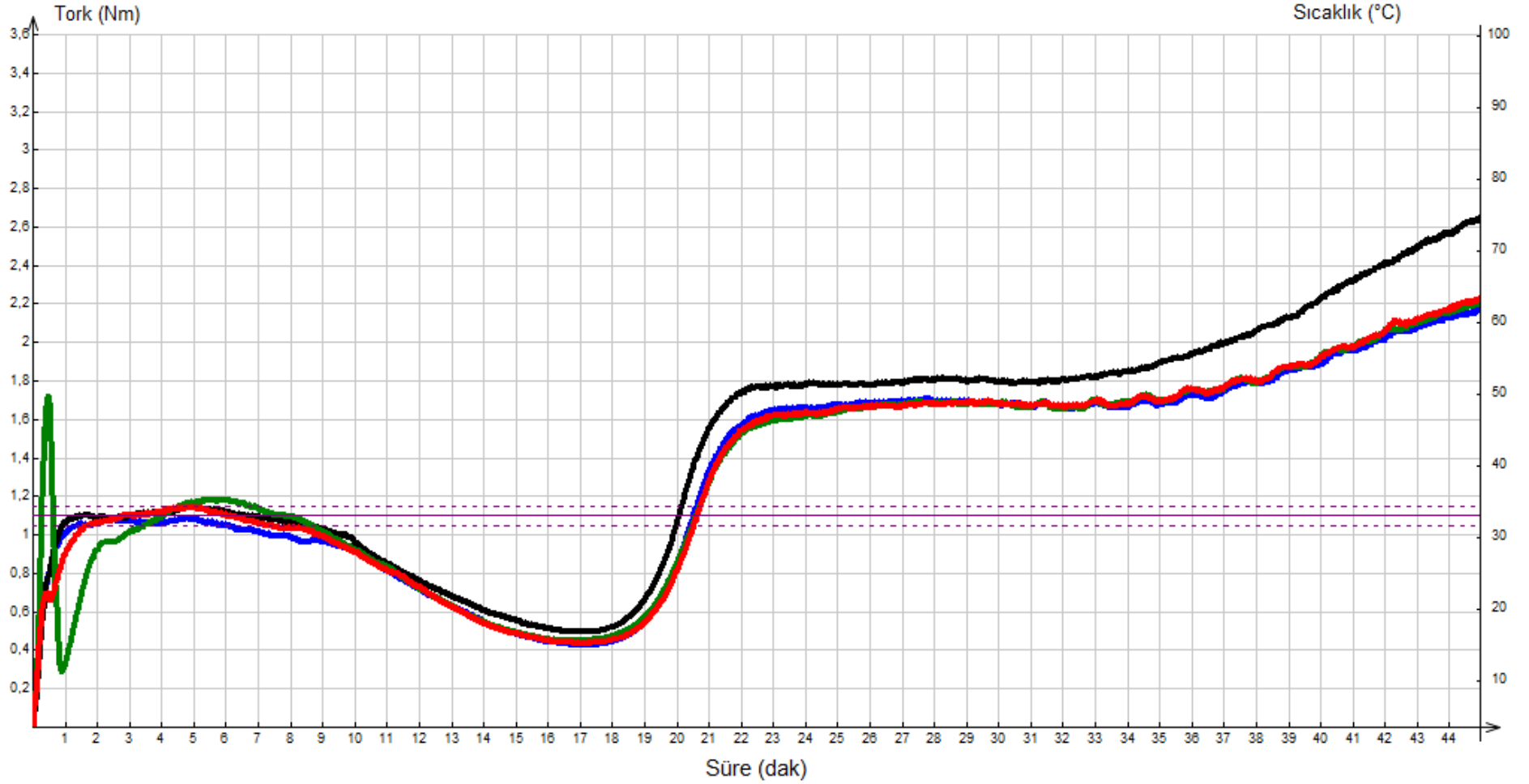
7.11. Serbest Glikoz Miktarı Analizi Akım Şeması



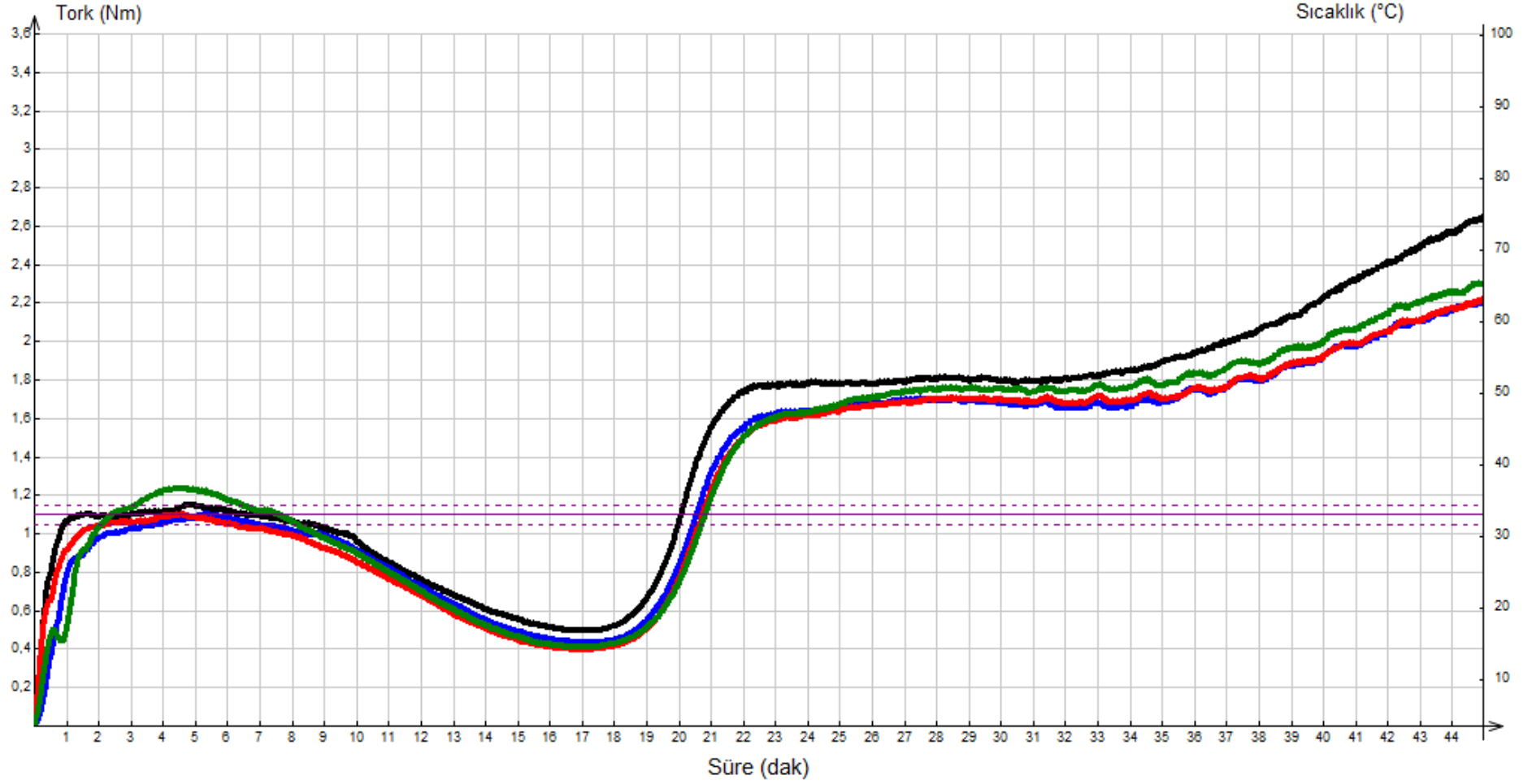
7.12. Ekmek Üretim Kalıbı



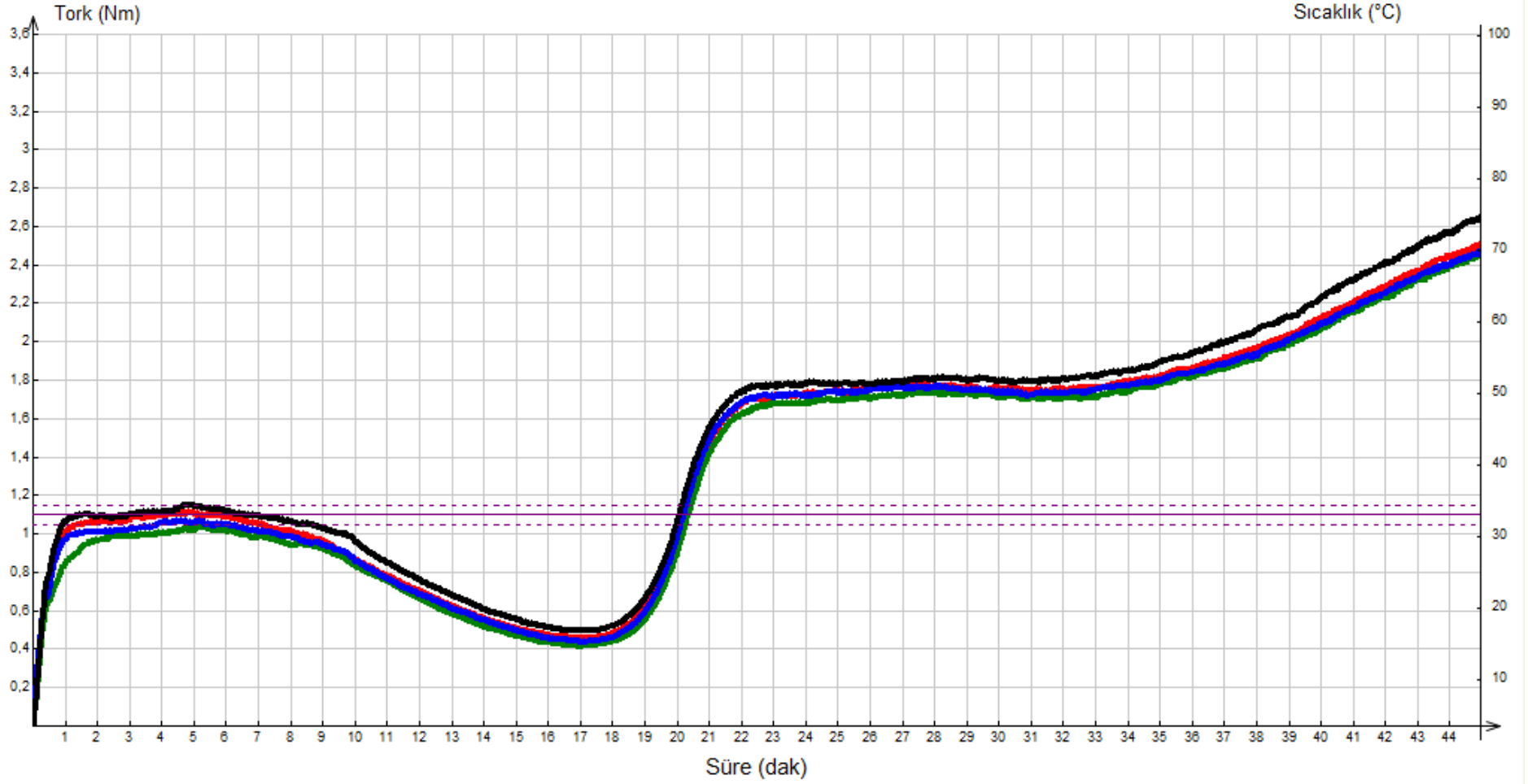
7.10. Miksolab Grafikleri



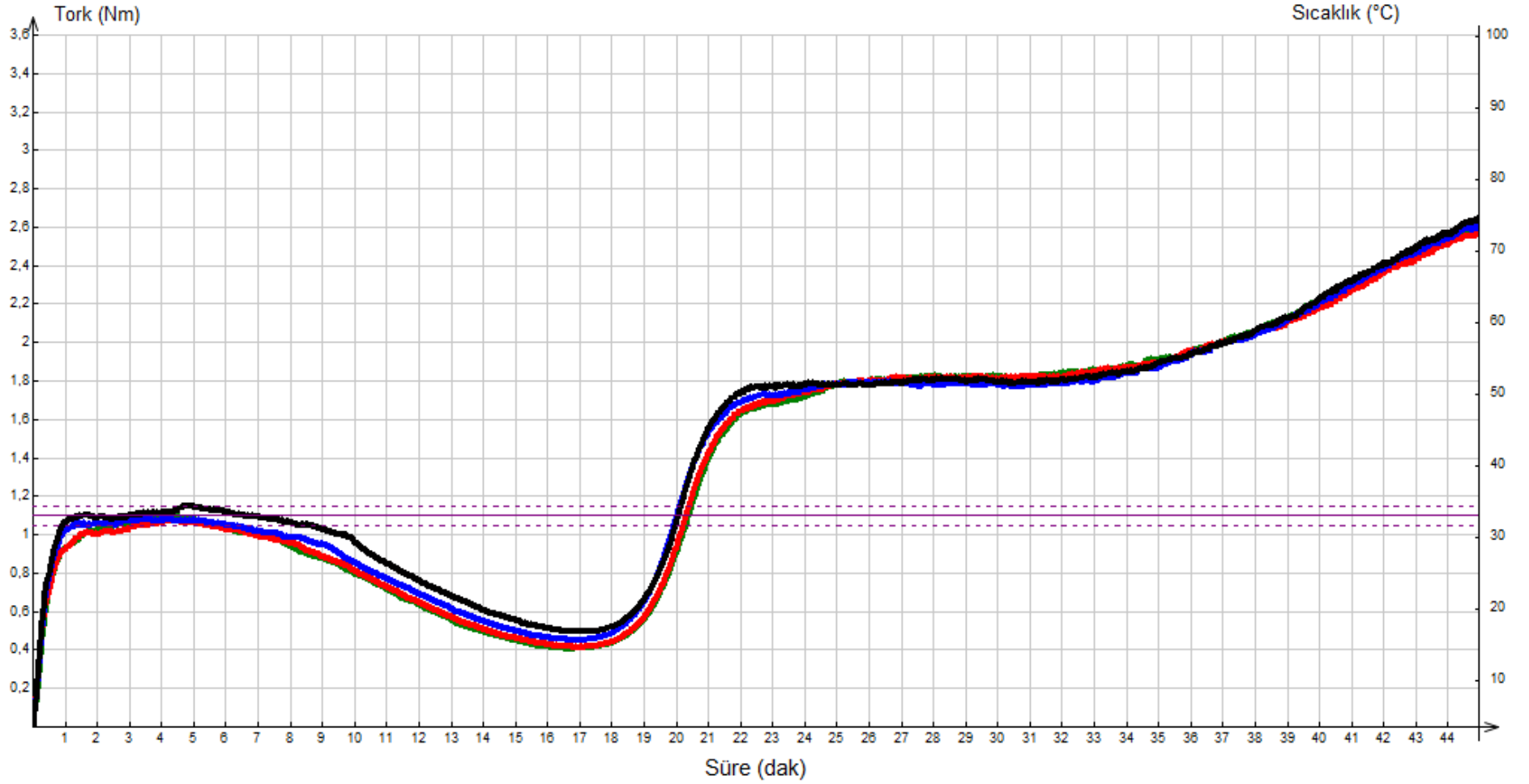
130°C'de İşlem Görmüş Hidrolizatlara Ait Miksolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK)



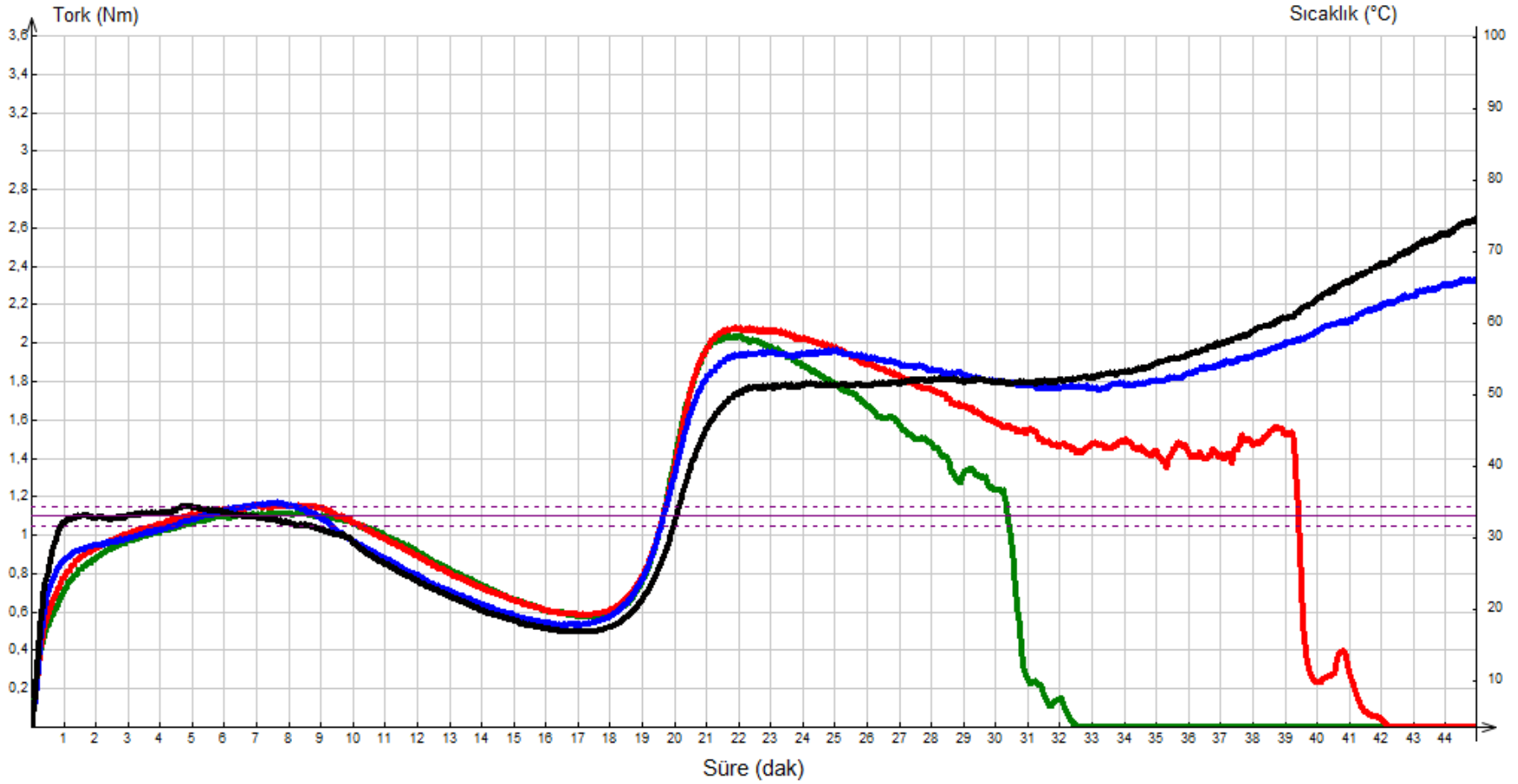
140°C'de İşlem Görmüş Hidrolizatlara Ait Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK)



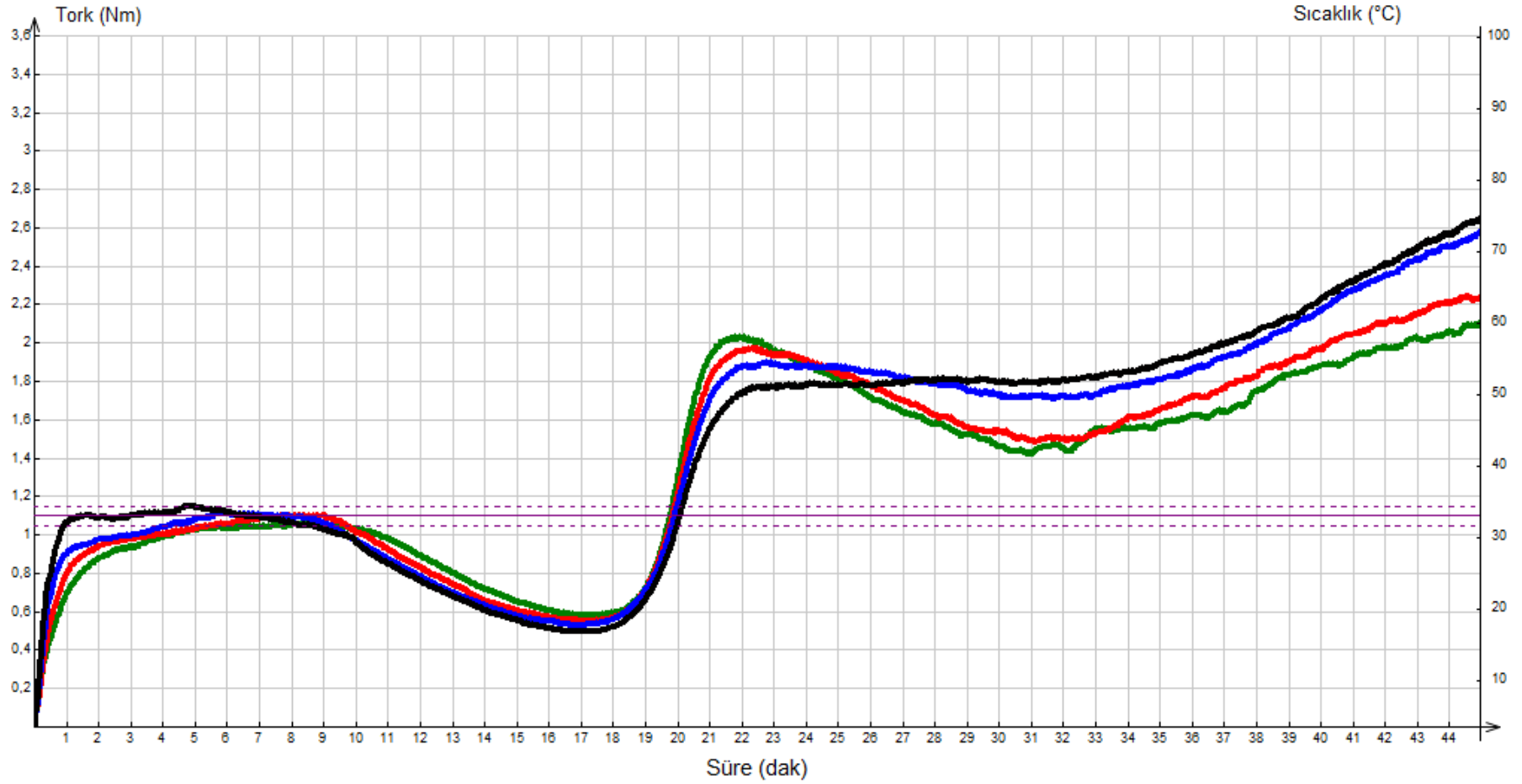
150°C'de İşlem Görmüş Hidrolizatlara Ait Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK)



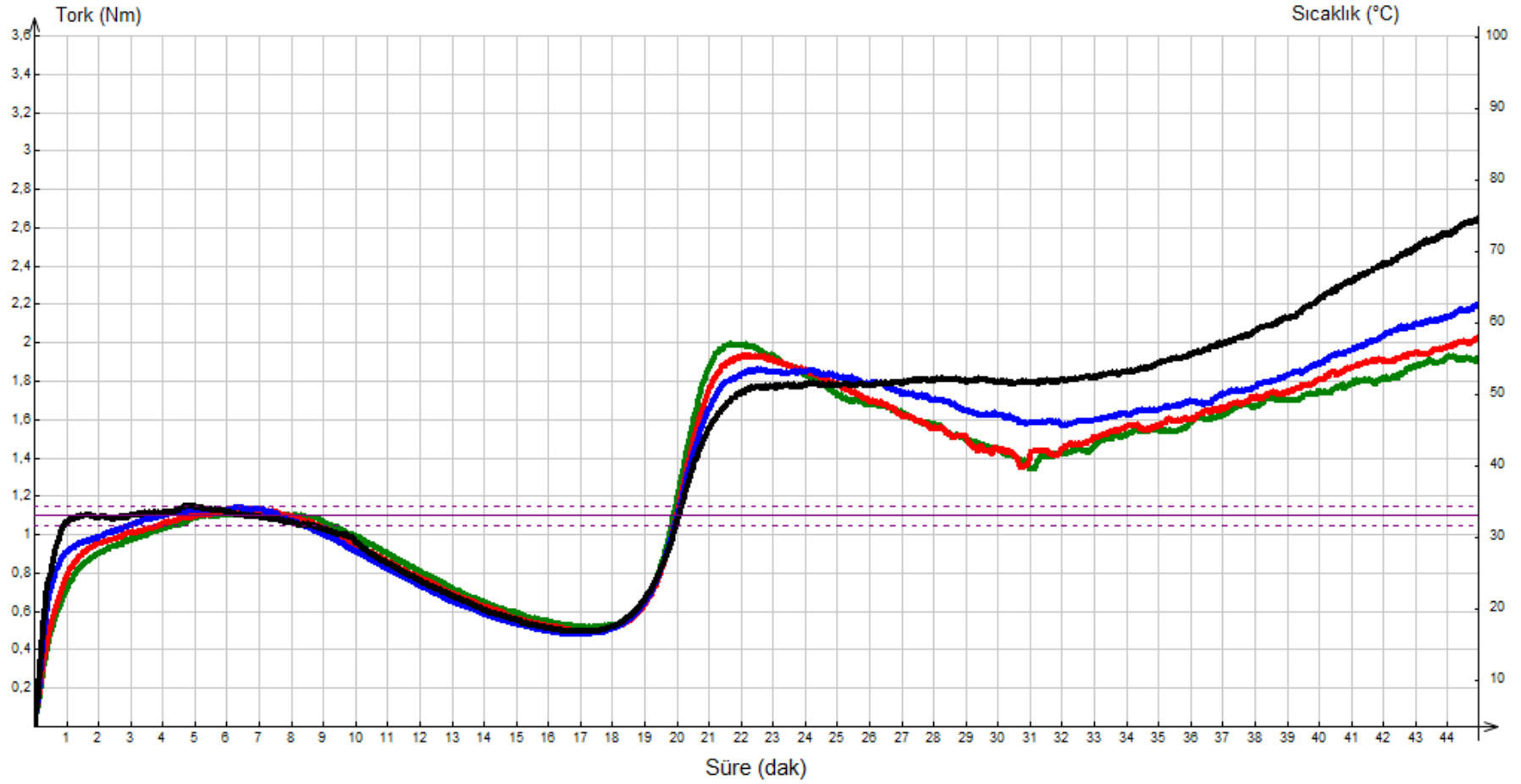
160°C'de İşlem Görmüş Hidrolizatlara Ait Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK)



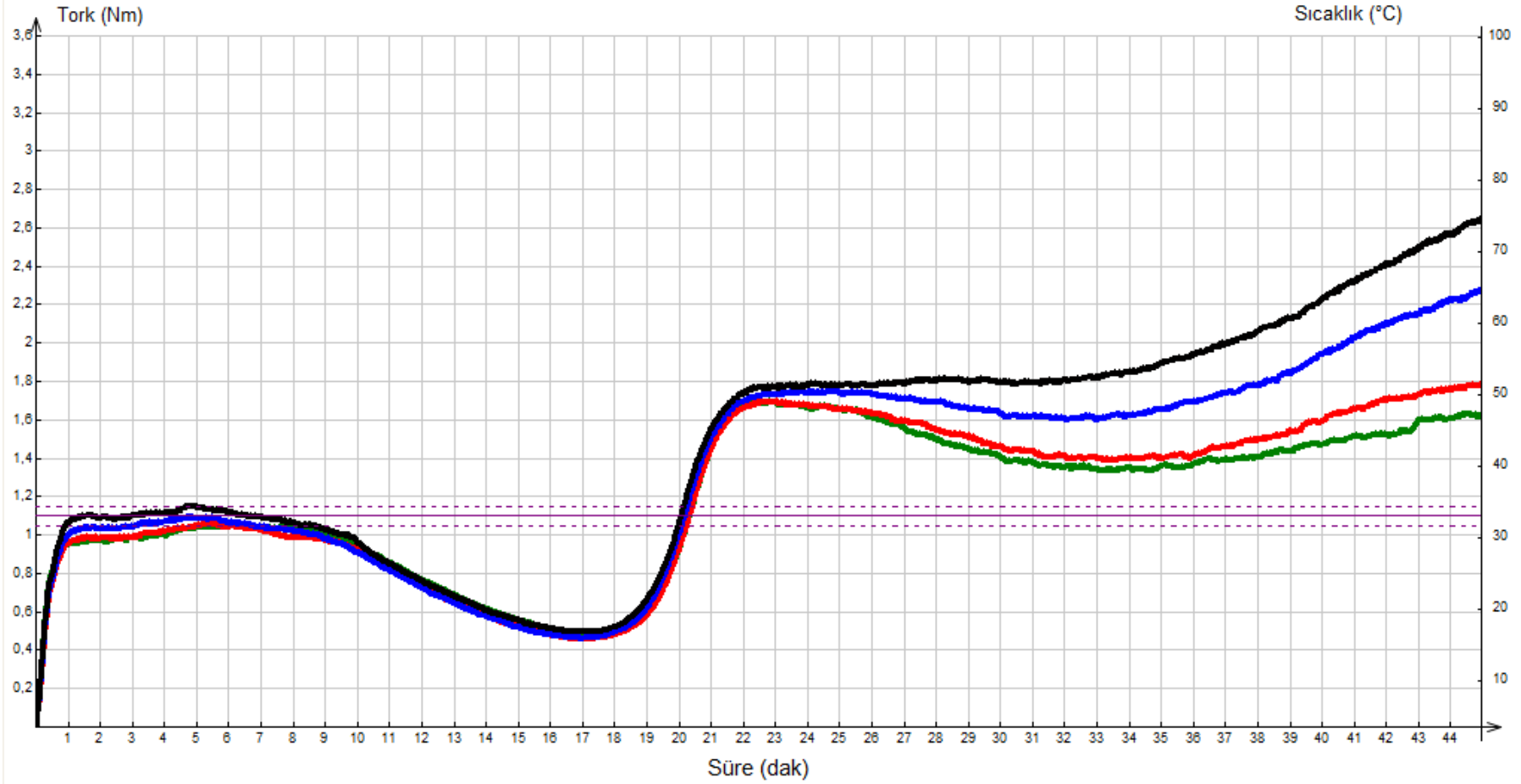
Hidrolizasyon Sonrası Arta Kalan Katı Kepek Katkılı Unlara Ait Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK)



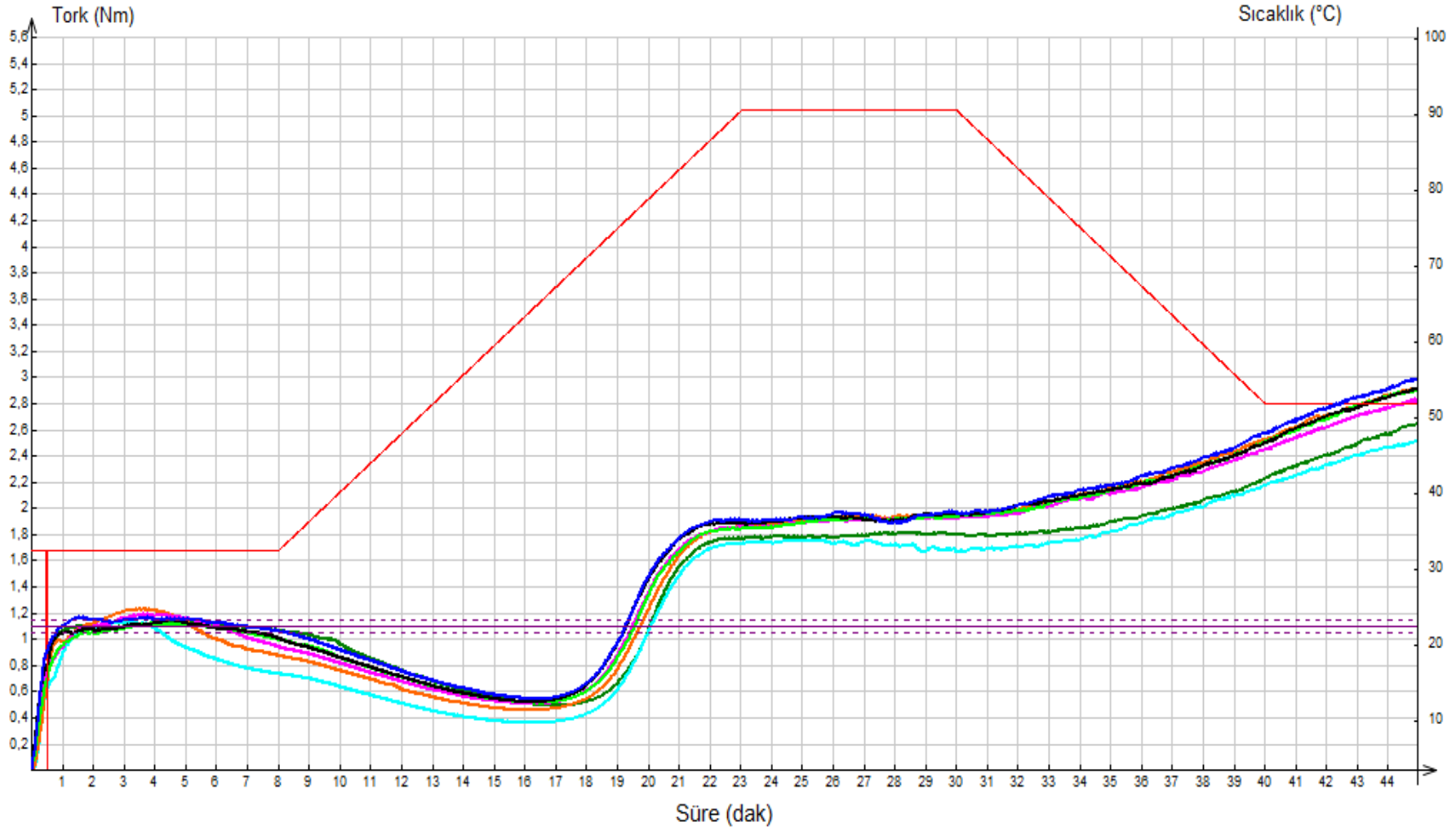
Kaba Kepek İlaveli Unlara Ait Karşılaştırmalı Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 KK, Kırmızı: %20 KK, Yeşil: %30 KK)



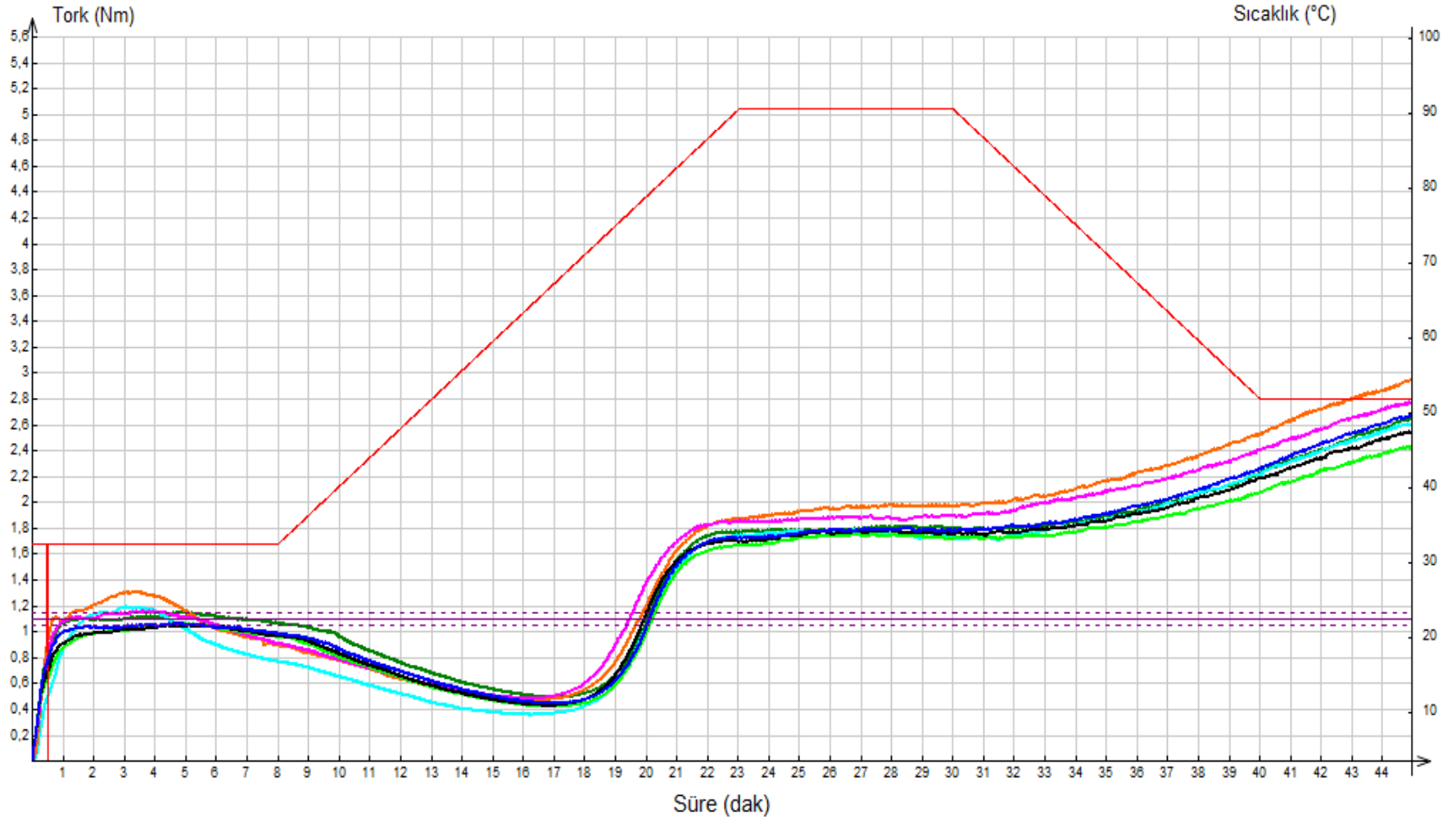
Enzim İlaveli Kaba Kepek Katkılı Unlara Ait Karşılaştırmalı Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 EKK, Kırmızı: %20 EKK, Yeşil: %30 EKK)



İnce Kepek İlaveli Unlara Ait Karşılaştırmalı Mixolab Grafiği (Siyah: Standart Un, Mavi: %10 İK, Kırmızı: %20 İK, Yeşil: %30 İK)



Hidrolizat İlaveli Unlara Ait Karşılaştırmalı Mixolab Grafiği (Eflatun: Standart, Bordo:%10 HK, Kırmızı: %20 HK, Yeşil: %30 HK, Turuncu: %50 HK, Lacivert: %100 HK, Açık Mavi: %200 HK)



Enzim İlaveli Hidrolizat Katkılı Unlara Ait Karşılaştırmalı Mixolab Grafiği (Siyah: Standart, Bordo:%10 EHK, Kırmızı: %20 EHK, Yeşil: %30 EHK, Mor: %50 EHK, Turuncu: %100 EHK, Açık Mavi: %200 EHK)

8. ÖZGEÇMİŞ

1. Kişisel Bilgiler:

Ad Soyad: Ali CİNGÖZ
Doğum Yeri ve Doğum Tarihi: 10.03.1986 / KONYA
Medeni Durumu: Evli
e-posta adresi: ali.cingoz@gop.edu.tr
ali_cingoz42@hotmail.com
Telefon (İş): 0356 252 1616 (Dahili 2890)
Telefon (Cep): 05543154217
Adres: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Merkez/Tokat

2. Öğrenim Bilgisi:

Doktora (2012-) Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Gıda Mühendisliği Bölümü/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans (2010-2012) Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Gıda Mühendisliği Bölümü/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans (2005-2009) Selçuk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi / Gıda Mühendisliği Bölümü

3. Görevler:

Ar-ge Mühendisi (2009-2010) Molino A. Ş.
Arş. Gör. (Şubat-Temmuz 2010) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ziraat Fakültesi / Gıda Mühendisliği Bölümü

Arş. Gör. (Temmuz 2010-)

Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi/Gıda
Mühendisliği Bölümü

4. Verdiği Dersler:

Tahıl İşleme Teknolojisi (Uygulama)
Gıda Teknolojisi Laboratuvar I
Yağ İşleme Teknolojisi (Uygulama)
Süt İşleme Teknolojisi (Uygulama)
Fermantasyon İşleme Teknolojisi (Uygulama)
Gıda Teknolojisi Laboratuvar II

5. Projelerde Yaptığı Görevler:

Hidrotermal İşlem Görmüş Kepeklerin Ekmek Kalitesi ve Besleyicilik Değerine Etkisi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, **Araştırmacı**, 13/09/2015 (Devam Ediyor) (ULUSAL)

6. Ödüller:

Altıncı Gıda Mühendisliği Kongresi Poster 3.'lüğü Ödülü, GIDA MÜHENDİSLERİ ODASI, 2013.

7. Sertifika:

Laboratuvar Cihazları Eğitim Semineri, Tahıl teknolojisi laboratuvar cihazları eğitim semineri, Ankara, Sertifika, 08.01.2010 -09.01.2010 (Ulusal)

KOSGEB Uygulamalı Girişimcilik Eğitimi, Tokat (08.04.2015-19.04.2015)

Mühendislik ve Doğa Bilimlerinde Araştırma Projeleri Hazırlama Eğitimi (MÜDAP), Tokat, Sertifika, TÜBİTAK 2237, 04-06 Nisan 2015

8. Eserler:

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, SAYASLAN ABDULVAHİT (2017). Farklı Kepek Fraksiyonlarının Fonksiyonel Özellikleri ve Hamur Reolojik Özelliklerine Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(3), 128-138. (Yayın No: 3826872)

2. ÖZBEY AYŞE, KARAGÖZ ŞEYDA, CİNGÖZ ALİ (2017). Effect of Drying Process On Pesticide Residues in Grapes. GIDA / THE JOURNAL OF FOOD, 42(2), 204-209., Doi: 10.15237/gida.GD16098 (Yayın No: 3571423)
3. DAYISOYLU KENAN SİNAN, GEZGİNÇ YEKTA, CİNGÖZ ALİ (2014). Fonksiyonel Gıda mı Fonksiyonel Bileşen mi Gıdalarda Fonksiyonellik. Gıda, 39(1), 57-62., Doi: 10.5505/gida.03511 (Yayın No: 562874)

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

1. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, SAYASLAN ABDULVAHİT (2017). Effect of Hydrothermally Treated Bran on Bread Quality. International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT2017) (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3633239)
2. CİNGÖZ ALİ, ÖZTURGUT GÜLAY, APAYDIN EZGİ, DEĞİRMENCİ ELİF, YETİŞİR ÖZGE, AKPINAR ÖZLEM (2017). The Effect of Barley Flour on Quality Criteria of Biscuit in Biscuit Production. International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT2017) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3633252)
3. CİNGÖZ ALİ, DEMİR TUĞBA (2017). Tıbbi Aromatik Bitkilerin Gıda Sanayinde Kullanımı. İç Anadolu Bölgesi 3. Tarım Ve Gıda Kongresi (ULUSLARARASI KATILIMLI) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3633271)
4. CİNGÖZ ALİ (2017). Konya İl Merkezinde Ailelerin Bal Ve Bal Ürünleri Tüketim Alışkanlıkları. İç Anadolu Bölgesi 3. Tarım Ve Gıda Kongresi (ULUSLARARASI KATILIMLI) (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3633278)
5. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM (2017). Determination of Rheological Properties of Biscuit Grade Flour Blended with Different Flours. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF), 1114-1114. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3538005)
6. CİNGÖZ ALİ (2017). Alternative Source of Protein and Oil: Sour Cherry Kernel. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF), 1115-1115. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:3538007)
7. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, SAYASLAN ABDULVAHİT (2017). Rheological Properties of Hydrothermally Treated Wheat Bran. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF), 141-141. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3538000)
8. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, SAYASLAN ABDULVAHİT (2017). Important Carbohydrate Fractions and Antioxidant Activity of Breads Produced with Different Bran Fractions. International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF), 140-140. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3537992)
9. YILDIRIM ZELİHA, ÖZBEY AYŞE, ÖNCÜL NİLGÜN, CİNGÖZ ALİ Applications of bacteriocins and bacteriocinogenic lactic acid bacteria in the dairy industry. International Food Congress Novel Approaches in Food Industry (Tam Metin Bildiri)(Yayın No:563347)
10. DAYISOYLU KENAN SİNAN, CİNGÖZ ALİ, KARAMAN NAGEHAN, YENER AYBIKE Dondurma Teknolojisinde Maraş Dondurmasının Yeri ve

- Önemi. 1. Uluslar Arası “Adriyatik’ten Kafkaslar’a Geleneksel Gıdalar” Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:563176)
11. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, KARAGÖZ ŞEYDA, ESİN YÜCEL ESRA Traditional Bread Types Produced In Turkey. The 2nd International Symposium on “Traditional Foods From Adriatic to Caucasus” (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:563672)
 12. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM, KARAGÖZ ŞEYDA, ESİN YÜCEL ESRA Konya Style Oven Furun Kebab. The 2nd International Symposium on “Traditional Foods From Adriatic to Caucasus” (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:563497)
 13. KAYA CEMAL, ESİN YASEMİN, BAYRAM MUSTAFA, CİNGÖZ ALİ Special Grape Dessert Unique to Tokat Grape Tarhana. The 2nd International Symposium on “Traditional Foods From Adriatic to Caucasus” (Özet Bildiri/)(Yayın No:563917)
 14. CİNGÖZ ALİ, YILDIRIM SERCAN, YAZAR İLKNUR, ÇOBANLI MAHMUT, AKPINAR ÖZLEM (2016). Functional Traditional Noodle Production Using Chickpea Flours. 15th International Cereal and Bread Congress. 2016, 197-197. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:2856543)
 15. CİNGÖZ ALİ, YAZAR İLKNUR, YILDIRIM SERCAN, ÇOBANLI MAHMUT, AKPINAR ÖZLEM (2016). Effect of Barley Flour on Quality Criteria of Noodle in Traditional Noodle Production. 15th International Cereal and Bread Congress, 186-186. (Özet Bildiri/Poster)(Yayın No:2856540)
 16. ESİN YÜCEL ESRA, KAYA CEMAL, BAYRAM MUSTAFA, CİNGÖZ ALİ (2015). By different shape and Notable Taste in Palate Iron Dessert Rosette. The 3rd International Symposium on “Traditional Foods From Adriatic to Caucasus”, 420-420. (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856533)
 17. ESİN YÜCEL ESRA, CİNGÖZ ALİ (2015). Kenger Gum. The 3rd International Symposium on “Traditional Foods From Adriatic to Caucasus”, 490-490. (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856535)

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM Beta Glukanların İnsan Sağlığı Açısından Önemi Elde Edilmesi Ve Kullanım Alanları. 8. Gıda Mühendisliği Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:569978)
2. TOKSÖZ DERYA, ÖNCÜL NİLGÜN, CİNGÖZ ALİ, YILDIRIM ZELİHA, YILDIRIM METİN Keten Tohumu Protein Konsantresinin Yoğurdun Bazı Nitelikleri Üzerine Etkisi. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:565371)
3. CİNGÖZ ALİ, YILDIRIM METİN Proteinlerin işlevsel özelliklerini iyileştirme yöntemleri. Türkiye 11. Gıda Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:567929)
4. DAYISOYLU KENAN SİNAN, GEZGİNÇ YEKTA, CİNGÖZ ALİ Fonksiyonel gıda mı fonksiyonel bileşen mi Gıdalarda Fonksiyonellik. Türkiye 11. Gıda Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:565469)
5. ESİN YASEMİN, KAYA CEMAL, CİNGÖZ ALİ Tokat ilinin geleneksel lezzetleri. 3. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:568069)

6. HALICI FATMAGÜL, USAL GÜLSEN, TOPALOĞLU ESRA, CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM. Ayçiçeği Saplarından Enzimatik Olarak Ksiloz Üretimi. 8. Gıda Mühendisliği Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:570321)
7. CİNGÖZ ALİ, KARABIYIKLI ŞENİZ (2015). Riske Dayalı Gıda Güvenliği Uygulamaları. 5. Gıda Güvenliği Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856579)
8. CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM (2015). Alternatif Gıda Kaynağı Amaranth. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856567)
9. CİNGÖZ ALİ, GÜNDÜZ EBRUNUR, TEKELİ ELİF, YAVUZ SUZAN, AKPINAR ÖZLEM (2015). Oranlarda İlave Edilen Yağların Ekmeğin Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856573)
10. CİNGÖZ ALİ, KAYA CEMAL, KUL ERVA, KÖSE MİHRİBAN, ESİN YÜCEL ESRA, BAYRAM MUSTAFA (2015). Quinoa Katkısının Ekmeğin Kalite Kriterlerine Etkisi. İç Anadolu Bölgesi 2. Tarım ve Gıda Kongresi (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856563)
11. ÇOBANLI MAHMUT, YAZAR İLKNUR, YILDIRIM SERCAN, CİNGÖZ ALİ, AKPINAR ÖZLEM (2014). Geleneksel Erişte Üretiminde Yulaf Ununun Eriştenin Kalite Kriterlerine Etkisi. 4. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu (Özet Bildiri/)(Yayın No:2856557)