

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YULAF UNU İLE  
ÜRETİLEN EKMEKLERDE FENOLİK MADDE İÇERİĞİ VE ANTİOKSİDAN  
AKTİVİTESİNE PROSES ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Berna TOPÇU**

**Gıda Mühendisliği Bölümü**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ARALIK, 2017**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YULAF UNU İLE  
ÜRETİLEN EKMEKLERDE FENOLİK MADDE İÇERİĞİ VE ANTİOKSİDAN  
AKTİVİTESİNE PROSES ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Berna TOPÇU  
(506151532)**

**Gıda Mühendisliği Bölümü**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Dilara ERDİL**

**ARALIK, 2017**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506151532 numaralı Yüksek Lisans Berna TOPÇU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YULAF UNU İLE ÜRETİLEN EKMEKLERDE FENOLİK MADDE İÇERİĞİ VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİNE PROSES ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Yrd. Doç. Dr. Nilüfer Dilara ERDİL** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Zeynep TACER CABA** .....  
İstanbul Aydın Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : 17 Kasım 2017  
**Savunma Tarihi** : 11 Aralık 2017





*Aileme,*





## ÖNSÖZ

Hayatım boyunca beni en iyi şekilde yetiştiren, çalışmaya, okumaya ve ahlaklı olmaya teşvik eden aileme çok teşekkür ederim. Hiçbir koşulda desteğini benden esirgemeyen Eren ÜNLÜTÜRK'e ve bütün arkadaşlarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Geniş bilgi birikimi, yol göstericiliği ve tecrübesiyle çalışmam süresince benden desteğini ve yardımını hiçbir koşulda esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Dilara Nilüfer ERDİL'e sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmalarım boyunca, usanmadan sorularımı yanıtlayıp bana ellerinden geldiğince yardımcı olan İTÜ Gıda Mühendisliği Bölümü asistanlarına ve Yüksek Mühendis Nalan DEMİR'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümüne bana bu şansı ve imkanları sunduğu için de ayrıca teşekkür ederim.

Kasım, 2017

Berna TOPÇU  
Gıda Mühendisi



# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ .....	vii
İÇİNDEKİLER .....	ix
KISALTMALAR .....	xi
SEMBOLLER .....	xiii
TABLO LİSTESİ .....	xv
ŞEKİL LİSTESİ .....	xvii
ÖZET .....	xix
SUMMARY .....	xxiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Tahılların Yapısı.....	3
2.2 Yulaf.....	4
2.2.1 Yulafın içeriği .....	4
2.2.2 Yulafın sağlığa yararları.....	6
2.2.3 Geleneksel ekmeğe yulaf unu eklenmesi .....	8
2.3 Oksidatif Stres ve Antioksidan Aktivite.....	9
2.4 Fenolik Bileşikler .....	10
2.4.1 Yulafta bulunan fenolik bileşikler.....	12
2.4.2 Antioksidan aktivite ve fenolik bileşik içeriği üzerine işlem etkileri hakkında örnek çalışmalar .....	13
<b>3. MATERYAL VE METODLAR .....</b>	<b>19</b>
3.1 Malzemeler.....	19
3.2 Kimyasallar .....	19
3.3 Örnek Hazırlanması.....	19
3.4 Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu .....	22
3.4.1 Serbest fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu .....	23
3.4.2 Bağlı fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu .....	23
3.5 Toplam Fenolik Madde Analizi-Folin Ciocalteu Metodu .....	25
3.6 DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) Metodu .....	25
3.7 CUPRAC (Cuprik Azaltan Antioksidan Aktivite) Metodu.....	26
3.8 Toplam Flavonoid İçeriği .....	27
3.9 HPLC Analizleri- Fenolik Bileşik Profili.....	27
3.10 İstatistik Analizler .....	28
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>29</b>
4.1 Toplam Fenolik ve Flavonoid İçeriği .....	29
4.1.1 Hammaddelerin fenolik ve flavonoid içeriği .....	30
4.1.2 İşlemlerin fenolik ve flavonoid içeriğine etkisi .....	32
4.2 Antioksidan Aktivitesi Analizleri.....	37
4.2.1 Hammaddelerin antioksidan aktivitesi (CUPRAC ve DPPH) .....	38
4.2.2 İşlemlerin antioksidan aktivitesi üzerine etkisi (CUPRAC ve DPPH) .....	40
4.3 HPLC Analizleri-Fenolik Bileşik Profili.....	45
4.3.1 Hammaddelerin fenolik profili.....	45
4.3.2 İşlemlerin fenolik profil üzerine etkisi .....	47
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>55</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>61</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>81</b>



## KISALTMALAR

<b>ROS</b>	: Reaktif Oksijen Türleri
<b>DNA</b>	: Deoksiribo Nükleik Asit
<b>LDL</b>	: Düşük Yoğunluklu Lipoproteinler
<b>Y</b>	: %40 Yulaf unu ile elde edilmiş ekmek (Y-1, Y-2)
<b>K</b>	: Karıştırma numuneleri
<b>F</b>	: Fermentasyon Numuneleri
<b>P</b>	: Pişirme Numuneleri
<b>HPLC</b>	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (High Performance Liquid Chromatography)
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>µl</b>	: Mikrolitre
<b>M</b>	: Molar
<b>g</b>	: Gram
<b>mg</b>	: Miligram
<b>dk</b>	: Dakika
<b>KA</b>	: Kuru Ağırlık
<b>GAED</b>	: Gallik Asit Eşdeğeri
<b>RED</b>	: Rutin Eşdeğeri
<b>TED</b>	: Troloks Eşdeğeri
<b>SDG</b>	: Sekoizolarisirezanol diglukozid
<b>ABTS</b>	: 2,2'-Azino.bis-3-etil-bezotiazolin 6-sulfonat



## SEMBOLLER

<b>HCL</b>	: Hidroklorik asit
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	: Sülfirik asit
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	: Sodyum karbonat
<b>DPPH</b>	: 1,1 – difenil-2-pikrilhidrazil
<b>CuCl<sub>2</sub></b>	: Bakır (II) Klorid
<b>H<sub>2</sub>O</b>	: Su
<b>NH<sub>4</sub>Ac</b>	: Amonyum Asetat
<b>Nc</b>	: Neokuprin
<b>EtOH</b>	: Etanol
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	: Sodyum nitrit
<b>AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O</b>	: Alüminyum klorür hidrat
<b>NaOH</b>	: Sodyum hidroksit







## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 4.1 :</b> Kullanılan unların serbest, bağlı ve toplam fenolik bileşik içeriği. ....	<b>30</b>
<b>Tablo 4.2 :</b> Kullanılan unların serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşik içeriği. ....	<b>31</b>
<b>Tablo 4.3 :</b> Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest, bağlı ve toplam fenolik bileşiklerine işlem etkileri. ....	<b>33</b>
<b>Tablo 4.4 :</b> Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşiklerine işlem etkileri. ....	<b>35</b>
<b>Tablo 4.5 :</b> Kullanılan unların DPPH metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi. ....	<b>38</b>
<b>Tablo 4.6:</b> Kullanılan unların CUPRAC metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi. ....	<b>40</b>
<b>Tablo 4.7 :</b> Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin DPPH metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi üzerine işlem etkileri. ....	<b>41</b>
<b>Tablo 4.8 :</b> Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi üzerine işlem etkileri. ....	<b>44</b>
<b>Tablo 4.9 :</b> Hammadde olarak kullanılan yulaf ve buğday ununun serbest fenolik profili. ....	<b>49</b>
<b>Tablo 4.10 :</b> Hammadde olarak kullanılan yulaf ve buğday ununun serbest fenolik profili. ....	<b>49</b>
<b>Tablo 4.11 :</b> Ekmek üretim aşamalarında %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest fenolik profili. ....	<b>50</b>
<b>Tablo 4.12 :</b> Ekmek üretim aşamalarında %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest fenolik profili. ....	<b>50</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yulaf yan kesiti. ....	4
Şekil 3.1: Yulaf ekmeği denemesi (A:%40 yulaf unu ve %60 buğday unu, B:%60 yulaf unu ve %40 buğday unu ile elde edilmiştir.).....	20
Şekil 3.2: Üretilen ekmeklerin gözenek yapısı (A: birinci, B: ikinci paralel %40 yulaf unu içeren ekmekler, C: buğday unu ile üretilen kontrol ekmeği) .....	21
Şekil 3.3: Yulaf ekmeğinin üstten ve yandan görüntüsü (A: üstten görüntü, B: yandan görüntü).....	21
Şekil 3.4: %40 yulaf unu içeren ekmek yapım aşaması. ....	22
Şekil 3.5: Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu akım şeması.....	24
Şekil 4.1: Toplam fenolik analizi için Gallik Asit kalibrasyon eğrisi.....	29
Şekil 4.2: Toplam flavonoid analizi için Rutin kalibrasyon eğrisi. ....	30
Şekil 4.3: Hammaddelerin serbest, bağlı ve toplam fenolik bileşik içeriği.....	30
Şekil 4.4: Hammaddelerin serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşik içeriği. ....	32
Şekil 4.5: Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğine etkisi.....	34
Şekil 4.6: Ekmek üretim aşamalarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğine etkisi.....	34
Şekil 4.7: Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriğine etkisi.....	36
Şekil 4.8: Ekmek üretim aşamalarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriğine etkisi.....	36
Şekil 4.9: DPPH metodu için oluşturulan Troloks standart kalibrasyon eğrisi. ....	37
Şekil 4.10: CUPRAC metodu için oluşturulan Troloks standart kalibrasyon eğrisi. ....	38
Şekil 4.11: Hammaddelerin DPPH metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi.....	39
Şekil 4.12: Hammaddelerin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi.....	40
Şekil 4.13: Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin DPPH metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesine etkisi.....	42
Şekil 4.14: Ekmek üretim aşamalarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin DPPH metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesine etkisi.....	43
Şekil 4.15: Ekmek üretim aşamalarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesine etkisi.....	44
Şekil 4.16: Ekmek üretim aşamalarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesine etkisi.....	45



# YULAF UNU İLE ÜRETİLEN EKMEKLERDE FENOLİK MADDE İÇERİĞİ VE ANTIOKSİDAN AKTİVİTESİNE PROSES ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

## ÖZET

Dünyada popülasyon artışı ve azalan kaynaklar sebebiyle yararlı besin maddelerine erişim zorlaşmıştır. Özellikle içeriğinde sağlığa yararlı etkileri, kanseri önleyici etkisi, kalp ve damar rahatsızlıklarının riskini azaltıcı etkisi birçok çalışmayla kanıtlanmış, antioksidan aktivitesi yüksek, fenolik bileşik açısından zengin gıdalara ulaşmanın giderek kısıtlanması, alternatif yararlı gıdalara yönelimi tetiklemiştir. Yulaf tanesi bu bağlamda hem kaynak sıkıntısı çekilmemesi hem de ulaşılabilir olması nedeniyle son yıllarda çalışmalara konu olmuştur. Zengin diyet lifi ve fenolik bileşik içeriğinin yanısıra antioksidan aktivitesi, yulafı diğer tahıllar arasında farklı kılan özelliğidir. İçeriğinde E vitamini gibi antioksidanlar ve *in vitro/in vivo* olarak kuvvetli antioksidan aktivite gösteren çok çeşitli fenolik bileşikler bulunur. Yulaf, diğer bütün tahıl tanelerine göre, yüksek lipit ve protein içeriği ve lipolitik enzimlerinin 10-15 kat daha aktif olması dolayısıyla özgündür.

Literatürde yulafın diğer tahıllara göre insan sağlığına yararlı bileşik içerdiğini gösteren birçok çalışma vardır. Meyve-sebze gibi, fenolik bileşik açısından çok zengin olan gıdalarda, fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine etki eden ve/veya edebilecek işlemler araştırılmış olup, yulaf ununun bir ürün içerisinde kullanılması esnasında, uygulanan işlemlerinin antioksidan aktivite ve fenolik bileşik içeriğine etkisi hakkında çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda; buğday unundan üretilen ekmeklerde fermentasyon aşamasının, fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite üzerine pozitif yönde etki ettiği söylenmektedir.

Ülkemizde ve dünyada en çok tüketilen gıdanın ekmek olduğu aşikardır. Geleneksel buğday ekmeğini yüksek oranda yulaf unu ilavesi ile zenginleştirip, sağlığa yararlı etkilerini arttırmak suretiyle endüstriye ve tüketici sağlığına yenilikçi bir yaklaşım sağlanabileceği düşünülmüştür.

Bu çalışmanın amacı; buğday ununun %40'ı oranında (ekmeğin tadımı ve de istenilen reolojik özelliklerini bozmayan en yüksek düzey) yulaf unu ile ikame edilmesiyle üretilen ekmeklerin yapımında uygulanan karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite üzerine nasıl etki ettiğini araştırmaktır. Diğer bir amaç ise; yulaf unu ilavesiyle fırıncılık ürünlerinin fonksiyonel etkilerinin geliştirilmesini sağlamaktır. Böylelikle endüstriye yulafın kullanım alanını genişletecek bir fonksiyonel gıda sunmak da hedeflenmiştir.

Ekmek pişirme prosesinde; karıştırma, fermentasyon ve pişirme işlemlerinin sonundan numuneler alınmıştır. Ekmek ve hamur numuneleri dondurarak kurutulduktan sonra sıvı azot yardımı ile öğütücüde öğütülmüştür. Bütün sonuçlar kuru ağırlık bazında ifade edilmiştir. Bütün analizler, 2 işlem tekrarı, 2 ekstraksiyon tekrarı ile elde edilen numunelerde 3 analiz tekrarı olarak gerçekleştirilmiştir.

Ekstraksiyonlar yulafta mevcut olan serbest ve bağlı fenolikler için ayrı ayrı yapılmıştır. Serbest fenolikler HCl içeren metanol ile, bağlı fenolikler ise serbest fenolik ekstraksiyonundan kalan çökeltiye H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve metanole ek olarak ısı uygulaması yapılarak ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar analizlerde kullanılabildiği kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

Ekstraktların fenolik bileşik içeriği Folin-Ciocalteu metodu ile belirlenmiştir. Standart kalibrasyon grafiği gallik asitin belli konsantrasyonları kullanılarak elde edilmiştir. Analiz sonucunda, %40 yulaf unu içeren ekmeklerin geleneksel beyaz ekmeğe göre serbest, bağlı ve toplam fenolik bileşik içerikleri daha yüksek çıkmıştır. Her iki ekmeğin çeşidinde de fermentasyon işleminin fenolik bileşik içeriğini arttırdığı pişirme işleminin ise düşürdüğü görülmüştür.

Toplam flavonoid analizi için standart kalibrasyon grafiği, yulaf içerisinde rutin yüksek miktarlarda bulunduğu için, rutin belli konsantrasyonları kullanılarak elde edilmiştir. Analiz sonucunda; fermentasyon işleminin toplam flavonoid miktarını pozitif olarak etkilediği görülmüştür. Pişirme işleminin ise, yulaf içeriğinde bulunan flavonoidlerin ısıya hassas bileşikler olması nedeniyle, flavonoid miktarında önemli düzeyde azalmaya sebep olduğu bulunmuştur.

Antioksidan aktivitesi 2 ayrı yöntemle test edilmiştir. DPPH ve CUPRAC metodları için; standart eğrileri Troloxun belli konsantrasyonları kullanılarak elde edilmiştir. İki analiz de birbirine paralel sonuçlar vermiştir. Antioksidan aktivitesi fermentasyon ile artarken, geleneksel beyaz buğday ekmeğinin antioksidan aktivitesi yulaf ekmeğine yakın sonuçlar vermiştir. Bunun sebebinin, beyaz ekmeğin üretiminde oksidan madde olarak kullanılan C vitamininin katılması sonucunda antioksidan aktivitenin artışı olarak düşünülmektedir.

Numunelerin fenolik bileşik profili HPLC/PDA ile belirlenmiştir. Yulaf unu ilave edilen ekmeğin ve hamur numunelerinde; serbest halde ferulik, gallik, kafeik, p-kumarik, vanilik, t-sinamik, p-hidroksibenzoik asit, şiringik ve rutin bileşenleri tespit edilmiştir ve miktarları tanımlanmıştır. Buna ek olarak buğday ekmeği ve unu numunelerinde, serbest halde ferulik, gallik, kafeik asit ve şiringik asit tespit edilmiş ve miktarları tanımlanmıştır. Literatürde yulafta bahsi geçen avenantramidlerin yulaf ekmeği ve unu numunelerinde de varlığı tespit edilmiştir. Yapılan fenolik profil analizi sonucunda yulaf ununda en yüksek miktarda bulunan serbest fenolik asidin gallik asit (34,46 mg/g), bağlı fenolik asidin ise şiringik asit (45,93 mg/g) olduğu tespit edilmiştir. Buğday ununda ise; en yüksek miktarda bulunan serbest fenolik asidin şiringik asit (21,31 mg/g), bağlı fenolik asidin ise gallik asit (5,15 mg/g) olduğu belirlenmiştir. Serbest fenolik asit profilinde fermentasyonun değerlendirilen bütün fenolik asitler için farklı oranlarda pozitif etki gösterdiği, pişirme işleminin ise farklı oranlarda negatif etki gösterdiği belirlenmiştir. Yulaf unu numunelerinde bağlı halde; serbest fenolik profilinden farklı olarak t-sinamik asit tespit edilmemiştir. Yulaf ununda bağlı halde en yüksek miktarda bulunan fenolik asidin ferulik asit (16,54 mg/g) olduğu belirlenmiştir. Buna ek olarak buğday ununda; en yüksek miktarda bulunan bağlı haldeki fenolik asidin gallik asit (5,15 mg/g) olduğu belirlenmiştir. Yulaf ekmeği ve buğday ekmeğindeki bağlı fenolik asit profilinde serbest fenolik asitlerden farklı olarak bazı fenolik asitlerin fermentasyon sırasında artmadığı görülmüştür. Yulaf ekmeği numunelerinde; bağlı formda bulunan vanilik asidin pişirme işlemi etkisiyle 13 kat arttığı belirlenmiştir. Buğday ekmeği numunelerinde ise; bağlı formda bulunan gallik asidin 2 kat arttığı gözlemlenmiştir. Yulaf unu ile üretilen ekmeğin fenolik asit profilini en verimli şekilde arttırabilmek için ekmeğin yapım aşamalarındaki parametrelerin ileriki çalışmalarda optimize edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çıkan sonuçlar doğrultusunda; yulaf unununun %40 düzeyinde ilave edilmesi ile ekmeğin fenolik madde ve antioksidan aktivitesi içeriği artmıştır. Üretilen yulaflı ekmeğin; fenolik maddeler, flavonoid ve diyet lifi içeriği ile ve kabul edilebilir kalite özellikleri ile fonksiyonel bir ürün olarak umut verici gözükmektedir.







# EFFECT OF PROCESSING ON THE PHENOLIC CONTENT AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF OAT FLOUR SUBSTITUTED BREADS

## SUMMARY

With the increasing population of the World and decreasing sources, reaching to the beneficial nutrients is getting harder. Especially, rich phenolic content foods of which healthy, anticarcinogenic and anti-atherosclerosis effects are proven with many studies a tendency in consumers for alternative beneficial foods has occur. In this manner, oat has been discussed in many articles and studies because of its availability and its applicability in large variety of products. It is separated from other cereals by its high dietary fiber and rich phenolic contents. The antioxidants like vitamin E and phenolic contents which showed strong antioxidant activities both *in vitro* and *in vivo* is proven to be available in oat grain. Oats are unique among other cereals because their lipolytic enzyme is 10-15 times more active than wheat besides their high lipid and protein contents.

In the literature there are many studies which states that oat contains many beneficial compounds for human health with respect to other cereals. Although there are many studies showing phenolic content and process effects on antioxidant capacity of fruits and vegetables, there are very few studies for the antioxidant activity and phenolic content of products which has oat flour. In a study; the effect of bread making processes on wheat bread phenolics has been searched. As a result the researchers reported that fermentation created positive effect on the antioxidant activity and phenolic content in wheat breads.

When it is considered that the most consumed food is bread in our country and in the world, an innovative contribution may be made for both the industry and consumers' health by enrichment of traditional wheat bread with oat flour and enhance its health beneficial effects.

The aim of this study is to understand how mixing, fermentation and baking stages effects the phenolic content and antioxidant activities in a bread which is substituted by 40% oat flour (to preserve the taste of bread reologic properties). In addition to that, to develop an acceptable functional bakery product by the addition of oat flour is another aim. By this way, an innovative functional food idea is presented to the industry.

Sampling is done from 2 different treatments. Extractions were applied dublicately and for each experiemt three replicates were analyzed. The data is the avergae results for all those samples. Breads and dough samples are grinded under liquid nitrogen using a grinder after they are freeze dried. All the results are expressed in dry weight basis.

Extractions are performed both for free and bound phenolics. Free phenolics are extracted by HCl and methanol, bound phenolics are extracted after heat application to the sediments from the free phenolic extraction in addition to the methanol and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Extracts are preserved in -20°C until they are used in analysis.

Phenolic content is determined by Folin-Ciocalteau method. Standard calibration curve has been obtained by measuring the absorbances for the known concentrations of gallic acid at a specific wavelength. As a result of analysis; free, bound and total phenolic contents for 40% oat flour bread is found to be higher than traditional white bread. In addition to this; while the fermentation process is increasing the phenolic

content, it is observed that baking process decreased the phenolic content (free, bound and total) for both of the breads.

The standard calibration graph for total flavonoid analysis is plotted by using rutin because it is dominantly found in oat. In the result of analysis; while fermentation process is increasing the total flavonoid content, baking process is decreasing the total flavonoid content. The reason for this situation is probably because of their heat sensitive properties.

Antioxidant activity is tested by two methods. The standard curves for DPPH and CUPRAC methods are plotted by using Trolox. The standard calibration curves for both have been obtained by measuring the absorbances for the known concentrations of Trolox in a specific wavelength. The results of two analysis were close to each other. While antioxidant activity was increasing by fermentation process, antioxidant activity of traditional white bread was close to the oat bread as it is contrary to the expected. The reason for this might be the addition of Vitamin C as an oxidant to wheat flour.

Phenolic profiles of the samples were also identified by HPLC/PDA. In the oat flour and the oat flour added bread samples, free ferulic, gallic, caffeic, p-cumaric, vanilic, t-cinammic, p-hydroxybenzoic acid, syringic and rutin have been detected by the HPLC/PDA analyses. In addition; in the samples of wheat flour and wheat flour bread free ferulic, gallic, caffeic acid and syringic has also been found. As it has been mentioned in the literature; avenantramids have been detected at the oat flour and oat bread samples. As a result of the phenolic profile analysis; it has been seen that in oat flour the most abundant free phenolic acid was gallic acid (34,46 mg/g) and the highest amount of bound phenolic acid was syringic acid (45,93 mg/g). In the wheat flour the most abundant free phenolic acid was syringic acid (21,31 mg/g) and the most abundant bound phenolic acid was gallic acid (5,15 mg/g). For the free phenolics; the result of the phenolic profile analysis showed that; fermentation had a positive effect at different rates on all the free phenolic acids and the baking process had a negative effect at different rates. In the oat bread samples; it has been found that; unlike free phenolic acid profile, there are no t-cinammic acid in the bound fraction. In the oat flour samples; it has been seen that the most abundant bound phenolic acid was ferulic acid (16,54 mg/g). Furthermore; it has been found that the wheat flour was rich in gallic acid (5,15 mg/g) in the bound fraction. In the oat and wheat breads for the bound fraction, in a contrast with the results of the free phenolic acid analyses, some of the phenolic acids didn't increase with the fermentation process. In the oat bread samples; bound vanilic acid increased 13-fold by the baking process. In addition to this; in the wheat breads in the bound fraction gallic acid increased 2-fold with the baking process. To determine the most efficient formula for producing oat bread with the highest amount of the total phenolic acid profile, further studies should be done to optimize the process parameters.

As a result, more healthy foods which is also acceptable by consumers can be produced using functional ingredients in bread production. It is well known that oat has better health benefits, compared to wheat. In this study; oat flour, wheat flour, oat and wheat bread have been evaluated. Results showed that; oat bread, as it is expected, has better phenolic acid content and profile compared to wheat bread. This study suggested that; the use of oat flour in bread making will increase the health benefits of the most popular food consumed in our country. Further studies should be done for optimizing the conditions of the oat bread production.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan popülasyonla birlikte sağlıklı besin kaynakları azalmakta ve toplumlar sağlıksız besinlere yönelmektedir. Bunun sonucu olarak da birçok hastalığın görülme sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Son yıllarda dünyada özellikle gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde alım gücünün kısıtlı olması sebebiyle sağlıklı gıdalara ulaşmak daha da zor bir hal almıştır. Bazı gıdalar ise, faydaları bilinmediği için kullanımını ekonomik olmasına rağmen rağbet görmemektedir.

Son yıllarda araştırmacılar ve gıda üreticileri fenolik maddelerce zengin gıda kaynaklarına büyük ilgi duymaya başladılar. Bunun sebebi fenolik bileşenlerin sahip oldukları antioksidan etkinin farkedilmesi ve kanser, dejeneratif ve kardiyovasküler hastalıklar gibi oksidatif strese bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların önlenmesinde rol oynamalarıdır (Rodríguez ve diğ., 2009).

Birçok kanıt, oksidatif stresin birçok çeşitli hastalıkla ilişkili olduğunu göstermektedir. Antioksidanların bu bağlamda; bu hastalıkları önlediği sonucuna varılmaktadır (Temple ve diğ., 2000). Normal olarak vücut; serbest radikallerin sürekli olarak üretilmesi ile kararlı hal durumundadır. Fakat; uzun vadede birikmiş serbest radikallerin sebep olduğu zarar, sayısız dejeneratif hastalığı kapsar. Oksidatif stresin geniş spektrumdaki hastalıkları hatta bazı vücut işlev bozukluklarını ağır bir şekilde etkilediğini gösteren kanıtlar mevcuttur. Oksidatif stres çeşitli sebeplere dayandırılabilir; çok az seviyelerdeki antioksidan madde (Örneğin; E vitamini, ürat), antioksidan savunma sisteminin bir parçası olan enzimlerin az miktarlarda olması, oksidasyon ürünlerinin seviyesinin artması (örneğin; melondialdehit, DNA hasarı) (Temple ve diğ., 2000).

Son zamanlarda; yulaf tüketiminin, yüksek lif içeriğine sahip olduğu için, dolaşım sistemindeki disfonksiyonları iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Liu ve diğ., 2004). Yapılan yeni çalışmalarda; yulaf tahılının içeriğindeki fenolik bileşikler ve antioksidan aktivitesi dikkat çekmiştir. Bir çok çalışma, yulaftaki fenolik bileşiklerin miktarı ve antioksidan kapasitelerinin önemli derecede, depolama, fermantasyon, çimlendirme,

ısı uygulaması ve farklı proses metodlarından etkilendiğinden bahsetmiştir (Cai ve diğ., 2011).

Yulafın antioksidan özellik gösteren bileşenlerini koruyucu yöntemlerin geliştirilmesi, tüketicilerin yulafın sağlığa olan faydalarına daha fazla erişebilmelerini sağlayan nutrasötiklerin veya gıda bileşenlerinin üretimini büyük ölçüde kolaylaştıracaktır. Yulafın; değerli bileşenlerini içerecek ve yaygın olarak tüketilebilecek bir ürün olarak yulaf unu içeren ekmeklerin içeriğindeki antioksidan ve polifenol hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın amacı; %40 gibi yüksek bir oranda (ekmeğin tadı ve istenilen kalite özelliklerinin kabul edilebilir olduğu maksimum düzey) yulaf unu içeren ekmeklerin üretiminde yer alan karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının fenolik bileşiklere ve antioksidan aktivite üzerine etkilerini belirlemek ve bu bileşiklerin bu işlemler sırasında ne derece korunduğunu araştırmaktır. Diğer bir amaç ise; yulaf unu ilavesiyle fırıncılık ürünlerinin fonksiyonel etkilerinin geliştirilmesini sağlamaktır. Çalışma sonunda, ekonomik ve tarımsal açıdan ulaşımı kolay olan bir hammaddenin yaygın olarak tüketilen bir gıda ile toplumun beslenmesine sunulması ve sağlığa fayda sağlaması hedeflenmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1 Tahılların Yapısı

Buğday, arpa, çavdar, yulaf, pirinç ve mısır gibi taneli ürünlere genel olarak tahıl denir. Taneli tahıllar, insan ve hayvan diyetinde önemli miktarlarda enerji, protein ve seçilmiş mikro besinleri sağlar. Bu besinlerin kimyasal kompozisyonu ve biyoyararlılığı tahılın türü ile çeşitliliği arasında değişir ve hatta yem ya da gıdanın işlenme şekli de kompozisyonu etkileyebilir (Zielinski ve diğ., 2016).

Buğday, mısır, pirinç, arpa, sorgum (süpürge darısı), yulaf, çavdar ve akdarı da dahil olmak üzere 8 tahıl tanesi dünyada tüketilen, gıda enerjisinin %56'sını, proteinin ise %50'sinin oluşturur (Wang ve diğ., 2016).

Tahıllar, sebzeler ve meyveler, çeşitli fenolik bileşikler içerir ve birlikte, serbest radikalleri temizleyebilme yeteneklerine sahiptirler (Cai ve diğ., 2011).

Tahıl taneleri fenolik asit bakımından çok zenginlerdir (500 mg/kg yenilebilir tahıl). Tahıllarda bulunan diğer fitokimyasallar ise; fitosterinler, saponinler ve fitoöstrojenlerdir. Tahıllarda flavanoidler çok düşük miktarlardadır. Arpada ölçülebilir miktarlarda kateşin ve bazı di ve trimer prosiyanidinler bulunmaktadır.

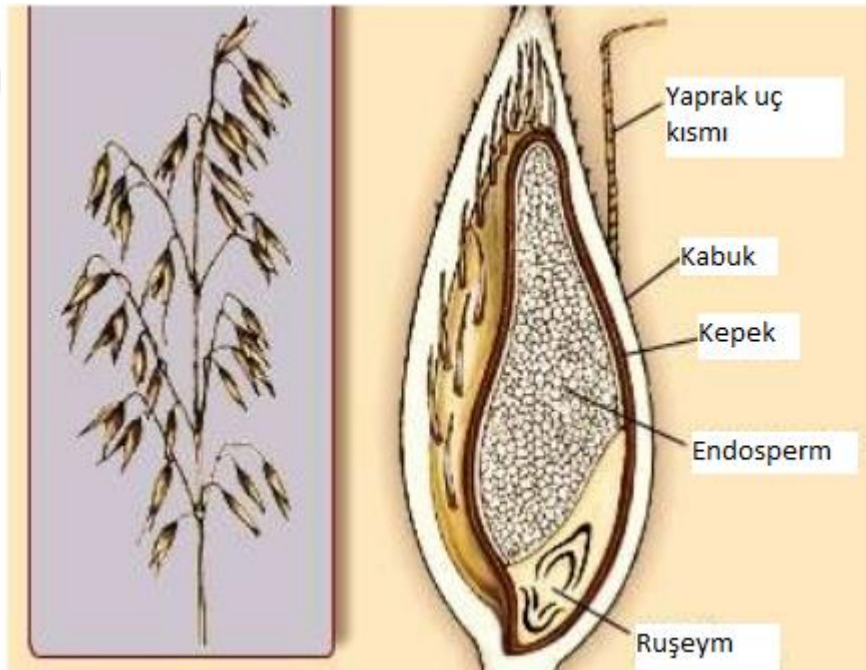
İnsan beslenmesinde tahıllar diyet ile alınan lignan açısından en iyi kaynaklardır. Lignanlar çok kuvvetli antioksidanlardır ve anti-kanserojenik etki sergilerler. Bağışıklık sistemi hücreleri ve tümör hücreleri tarafından üretilen reaktif oksijenin üretilmesini azaltırlar. Yapılan yeni çalışmalarda, bezelye, yer fıstığı, kara buğday ve yulafta antioksidan ve radikal parçalayıcı aktivitesi olan bileşikler olduğu söylenilmektedir (Zielinski ve diğ., 2016).

Tüketimi buğday ve pirince nazaran daha düşük miktarlarda olmasına rağmen, yulaflar (*Avena sativa* L) son zamanlarda, sahip oldukları mükemmel antioksidan, anti enflamatuar, hipoalerjenik ve antikarsinojenik özelliklerinden dolayı, büyük ilgi çekmektedir (Bei ve diğ., 2017).

## 2.2 Yulaf

### 2.2.1 Yulafın İçeriği

Yulaf tanesi yapısında ruşeym, endosperm, kepek, kabuk ve yaprak uç kısmı bulunduran bir tahıldır. Yulaf tanesinin yapısı Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Yulafın (*Avena sativa* L. ve *Avena nuda* L.) içeriğindeki çözünebilir diyet lifi, doymamış yağ asitleri, birçok vitamin ve mineral ve iyi dengelenmiş protein kompozisyonuna sahip olması nedeniyle işlenmiş gıdalarda kullanımına olan ilgiyi arttırmıştır. Yulaf aynı zamanda bol miktarda tokol (tokoferol ve tokotrienol), sterol, fenolik bileşikler ve fitik asit gibi antioksidan özellikte bileşikler içerir (Chen ve diğ., 2015).



Şekil 2.1. Yulaf yan kesiti.

Yulaf (*Avena sativa* L.) uzun zamandır sağlıklı bir gıda maddesi olarak bilinmektedir. İçeriğinde E vitamini gibi antioksidanların yanısıra *in vitro/in vivo* olarak kuvvetli antioksidan aktivite gösteren çok çeşitli fenolik bileşikler bulunur (Cai ve diğ., 2011).

Yulaflar,  $\beta$ -glukan ve biyoaktif fitokimyasallar açısından zengin kaynaklardır. Son zamanlarda; yulafın sahip olduğu sağlığa yararlı etkilerin belirlenmesi, yulaf ya da yulaf bazlı gıda ürünlerinin tüketiminin artmasına sebep olmuştur (Ryan ve diğ., 2011).

Yulaflar, diğer bütün tahıl tanelerine göre, yüksek lipit ve protein içeriği ve lipolitik enzimlerinin buğdaya göre 10-15 kat daha aktif olması dolayısıyla özgündür. İnsan

tüketimi için olan yulafların çoğu, lipaz inaktivasyonu için buhar ile muamele edilirler. Aynı zamanda yulaflar, doğal olarak tokoferol, çeşitli sinamik asit türevleri, avenalumik asit ve avenantramid gibi endojen antioksidan bileşikler içerir (Viscidi ve diğ., 2004).

Diğer bütün tek çeneli bitkiler gibi yulaf da çok sayıda; serbest radikalleri parçalayabilen ve bu sebeple canlı dışı ortamda antioksidan özellik gösterebilen, fenolik içeriği olan fitokimyasal içermektedir. Analitik ve kimyasal yapı açısından bunlar, düşük molekül ağırlıklı, çözünebilen “serbest fenolik” bileşikler (tokoferol, tokotriyenol, flavanoid, hidroksisinamat, vb.) ve kovalent bağlarıyla bağlı, kompleks, yüksek molekül ağırlığına sahip, çözünmeyen hücre bileşeni “bağlı fenolik” bileşikler (lignin, hücre duvarı polisakkaritleri, yapısal ve/veya depo proteinleri, vb.) olarak ikiye ayrılabilir. Serbest fenolikler kolaylıkla insan diyetinde absorbe edilebilen antioksidan kaynağı iken; bağlı fenolikler gastrointestinal yolda emilimden önce daha ileri bir metabolizma süreci gerektirdikleri için uzun süreli yararları mevcuttur. Diğer tahıllara göre farklı olarak, yulaflar kendine özgü, düşük molekül ağırlığına sahip, diğer tahıllarda kesinlikle bulunmayan avenantramid adında, bir çözünebilen fenolik bileşik içerir. Sentetik avenantramidler, canlı dışı ortamda kuvvetli antioksidan özellik gösterirler ve ekstraktlarda antioksidan aktivitesi ile avenantramid arasında korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Bahsedilen bu antioksidan özellikli majör fenolik bileşik olan avenantramid çekirdekte bulunur. Yulaf çekirdeği içerisinde de dış bölgelerde (örneğin; kepek ve alt alöron tabakalarda) nispeten daha yüksek konsantrasyonlarda bulunur, yine de bu dokularla sınırlı değildir (Liu ve diğ., 2004).

Yulafın içinde bulunan fenolik asitler hücre duvarında, sellüloz ve hemiselülozlara ester bağlarıyla bağlanmış durumdadır. Bunların arasındaki başlıca fenolik asitlerden biri olan ferulik asit hücre duvarındaki arabinoksilana bağlıdır (Chen, 2015).

Yulaf, fenolik bileşikler, avenantramidler, fitik asitler, steroller gibi birçok antioksidan aktivitesi olan farklı bileşiklere sahiptir. Yulaf içerisindeki fenolik bileşikler en bol bulunan antioksidanlardır ve bunlar birincil antioksidan olarak sınıflandırılırlar. Diğer antioksidanların aksine, fenolik antioksidanlar oksidasyon prosesiyle serbest radikal temizleyicisi olarak bazen de metal şelatlayıcı ajan olarak müdahale ederler (Alamed ve diğ., 2009).

Bazı araştırmacılar, fenolik asitler, flavonoidler ve avenantramidler de dahil olmak üzere yulaftaki fenolik bileşiklerin en önemli doğal kaynaklı antioksidanlar olduğunu söylemektedirler (Hitayezu ve diğ., 2015).

### 2.2.2 Yulafın sağlığa yararları

Epidemiyolojik alışmalar, tam tahıl açısından zengin diyetlerin koroner kalp rahatsızlıkları, tip 2 diyabet, bazı kanserler gibi kronik hastalıkların riskinin azalmasıyla bağlantılı olduğunu ısrarla göstermiştir. Tam tahıl ve hububatların yararlı etkileri, genellikle lif içeriğine atfedilir. Diyet lifi bakımından zengin olan gıdalar (Tam tahıllar, baklagiller, meyveler ve sebzeler), vitamin, mineral, fitokimyasal ve antioksidan gibi sağlığı teşvik edici bileşenler açısından da zengin kaynaklardır. Tam tahılların yüksek miktarlarda lifin yanısıra insan sağlığını optimize etmek için sinerjistik bir şekilde çalışabilecek polifenol ve diğer antioksidan bileşenleri içerdiği bilinmektedir. E ve C vitamini gibi antioksidanlar, hastalık önleyici olarak rol alabileceği gibi, vücudu serbest radikallerin yaratacağı hasardan da korurlar. Fakat bu görüş polifenollerin endotelial fonksiyonu, hücre sinyali ve antiinflamatuvar özellikleri geliştirmek gibi çok daha fazla önemli canlı içi etkilerinin olabileceği üzerine revize edilmektedir (Ryan ve diğ., 2011).

İnsan beslenmesinde yulafın kullanımı son yıllarda sahip olduğu besinsel yararlar sayesinde artmıştır (Kilci ve diğ., 2014).

Yulafın beta glukan ve fenolik açısından zengin olması kullanımını çarpıcı bir şekilde artırmıştır. Yulaf içerisindeki en önemli biyoaktif bileşikler ise fenoliklerdir. Yulaf içerisindeki bazı fenolikler nutrasötik (hastalık önleyici ve tedavi edici özelliği) özellik gösterirken, bazıları ise kuvvetli antioksidan özellik gösterirler. Ticari sentetik antioksidanların geliştirilmesinden önce, yulaf unu süt tozu, katı yağ, dondurma ve bazı tahıl ürünlerinde raf ömrünü uzatmak amacıyla antioksidan olarak kullanılıyordu. Yulafın sahip olduğu antioksidan özellik yıllar önce keşfedilmiştir. FDA, yulafın tüketilmesinin önemini vurgulamıştır. 1960'lı yıllarda, yulaf antioksidanları hakkında yapılan ilk araştırmalarda, potansiyel hijyen materyali olarak kullanılması konusuna dikkat çekilmiştir. Besinsel yararları ve antioksidan özelliklerine ek olarak yulafta bulunan fenolik bileşikler; tat, burukluk ve renk gibi çoklu duyusal gıda özelliklerini etkilemektedir. Fenolik bileşikler gıda ürünlerinin orijinde sahip oldukları aroma ve tat özelliklerine katkıda bulunur (Kilci ve diğ., 2014).



Yulafın içindeki fenolikler, serbest radikalleri temizleyebildiği için ve insan sağlığında DNA, RNA, proteinler ve hücrel organellerde oluşabilecek köklü hasarları önledikleri için; ilgi çekici bir hal almıştır. Ancak; yulaf ve diğer tahıllarda bulunan fenolik bileşikler ağırlıklı olarak bağlı formda bulunurlar. Bu da organik çözücüler içerisinde kolayca ekstrakte olmamalarına sebep olur (Chen ve diğ., 2015).

Damar tıkanıklığında diyet faktörünün büyük rol oynadığı daha önceki makalelerde belirtilmiştir. Diyet; sadece lipoprotein metabolizmasını modüle ederek değil, aynı zamanda iltihaplı durumları da etkileyerek de damar tıkanıklığı hastalığının gelişimine etki eder. Daha önce yapılan çalışmalarda yulaf tüketimi koroner kalp hastalıkları riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir (Liu ve diğ., 2004).

Yulafın antioksidan kapasitesi çoğunlukla olarak, tokoferol, tokotrienol, fitik asit, flavonoid ve flavonoid olmayan fenolik bileşiklerden (örneğin; avenantramidler) kaynaklanır. Yulaf antioksidanlarının, düşük-yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonunu inhibe ettiği ve reaktif oksijen çeşitlerini temizlediği daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir. Avenantramidlerin; aterosklerosisin (Damarın yağ bağlaması, tıkanması) başlamasını ve gelişmesini inhibe ettiği söylenmektedir. Yulafın kolesterol-düşürücü etkisi, sinerjistik olarak lignin ve  $\beta$ -glukanın dahil olması sayesinde, safra asidinin bağlanması ile gerçekleşir (Emmons ve diğ.,1999).

Yulaf kepeği de insan sağlığı üzerine geniş çapta yararlı etki sağlar. Bunlara örnek olarak; serum kolesterolünü düşürme, koroner kalp rahatsızlıklarını azaltma, diyabet semptomlarını azaltma, kan basıncını düşürme, kanseri önleme ve obeziteyi önleme gibi etkiler verilebilir. Yulaf kepeğinde, bu sağlık etkilerini kapsayan birincil komponent  $\beta$ -glukandır. Fakat; yulaf fenolikleri ve diğer antioksidan bileşikler de sağlığa yararlı etkiler sergilerler (Emmons ve diğ.,1999).

Yapılan son çalışmalar; tahıl tanelerinin antioksidan aktivitesi yüksek fenolik bileşikler içerdiği (Chandrasekara ve diğ., 2012) ve kronik hastalıkların, obezitenin, diyabetin, kardiyovasküler rahatsızlıkların ve kanserin (Schatzkin ve diğ., 2007) riskini azaltmak adına geliştirilebileceğini söylemişlerdir.

### 2.2.3 Geleneksel ekmeğe yulaf unu eklenmesi

İnsan beslenmesinde ekmeğin yaygın kullanımı dünya çapında bir önem teşkil etmektedir. Buğday (*Triticum aestivum*) diğer tahıllara kıyasla daha iyi pişme performansına sahip olduğu için en önemli ekindir. Buna karşılık olarak; tüketicinin yeni ve sağlıklı gıdalara olan talebi arttıkça başka alternatif tahıllara ilgi de artmıştır. Yulaf (*Avena sativa*); çözünebilen lifler, proteinler, doymamış yağ asitleri, vitaminler, minareller ve fitokimyasallar gibi doğal değerli besinleri içerdiği için en önemli tahıllardan biridir (Hüttner ve diğ., 2010).

Yulafın içeriğindeki diyet lifi, antioksidanlar ve diğer fitokimyasallar bizleri kardiyovasküler hastalıklardan ve belli bazı kanser tiplerinden korur. (Flander, 2007)

Yulaf unu ile yapılmış ekmekler sadece yüksek besin kalitesine sahip değil, aynı zamanda fındık benzeri, ekşiliği giderilmiş ve hoş bir tada da sahiptir. Mükemmel su tutma özellikleri ile ekmeğin daha uzun süre boyunca taze kalmasını sağlar (Hüttner ve diğ., 2010).

Buna ek olarak; son zamanlarda yapılan çalışmalarda çölyak hastalığı olan birçok insanın yulafı tolere edebildiği de gösterilmiştir (Hoffenberg ve diğ., 2000).

Bu sebeplerden yulafın ekmek yapımında kullanılması, ekmeğin besinsel değerini artırır. Fakat; yulaf içeriğindeki proteinler buğdaydaki gluten gibi özgün viskoelastik özelliklere sahip değildirler. Bunun sonucunda da elde edilen ürünler düşük kalitede ve düşük ekmek hacminde dirler. Bu bilgilerin ışığında son zamanlarda, yulafın hamur özellikleri ve ekmek kalitesi üzerine etkisi yulaf ununun %10'dan %51'e kadar değişiklik gösteren miktarları ile yulaf ve buğdaydan yapılan ekmek karışımları üzerine çalışmalar yapılmıştır (Hüttner ve diğ., 2010).

Buğday ekmeğine yulaf, yulaf nişastası veya yulaf lesitini eklenmesi ekmeğin bayatlamasını da geciktirici etkiye sahiptir. Yulaf kullanımındaki ana problem, pişme kalitesinin düşmesidir, çünkü yulaf proteinleri normalde ısı uygulaması ile denatüre olur ve buğday glutenine özgün viskoelastik özelliklere sahip değildirler. Yulafın zayıf pişme performansı, hamura kuru gluten eklemesi yapılarak telafi edilebilir (Flander ve diğ., 2007).

Yulaf içerisinde proteinlerin buğdaydaki gluten gibi viskoelastik özelliklere sahip olmamasından yola çıkarak yapılan bir araştırmada, iki oksidatif (glukoz oksidaz ve lakkaz) ve proteolitik (protez) enzim eklenmesinin yulaf unundan elde edilen ekmek

yapım performansına etkisi incelenmiştir. Lakkaz ve proteaz eklenmesi önemli derecede yulaf ekmeğinin kalitesini hacim ve kırıntı sertliğini geliştirmek suretiyle arttırmıştır. Protez ve lakkaz eklenmesiyle kalitedeki düzelme, hamurun yumuşaklığı, deforme olabilme özelliği ve elastikliğinin artması ile açıklanmıştır (Renzetti ve diğ., 2010).

Yulaf ekmeği; pirinç unundan üretilen ekmeğe göre sadece besin değeri açısından yüksek kaliteye değil aynı zamanda daha gelişmiş hacim, doku ve tada da sahiptir. Yulaf unundan üretilmiş ekmekleri çölyak hastaları için kullanılabilir bir fonksiyonel gıda haline getirmek için yapılan bir çalışmada, pirinç unundan ve yulaf unundan elde edilen ekmeklerde depolama sürecinde meydana gelen değişiklikler üzerine çalışılmıştır. Ekmek hamurları; kullanılan una (pirinç veya yulaf) göre %1,5 tuz, %6 şeker, %3 maya ve %95 su kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda; glutensiz ekmek yapımı için yulaf ununun kullanımının raf ömrü açısından da fayda sağlayacağı gözlemlenmiştir (Hager ve diğ., 2014).

Yapılan başka bir çalışmada; yulaf kepeği ile üretilen ekmeğin uzun süreçte insüline bağımlı olmayan tip-2 diyabeti olan insanlarda besinsel, klinik ve biyokimyasal olarak etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, ortalama glisemik indeks ve akut insülin cevabının konsantre yulaf kepeği içeren ekmek için, normal beyaz ekmeğe (sadece buğday unundan elde edilen ekmek) göre daha düşük çıktığı rapor edilmiştir. Yulaf kepeği ile zenginleştirilmiş ekmeğin, glisemik, insülinemik ve lipidemik tepkileri geliştirdiği gözlemlenmiştir (Pick ve diğ., 1996).

### **2.3 Oksidatif Stres ve Antioksidan Aktivite**

Reaktif oksijen türleri (reactive oxygen species=ROS) tekli oksijen, süperoksit anyon radikali, peroksit anyon ve hidroksil radikali içerir. Bunlar moleküler oksijen tarafından üretilen yüksek derecede reaktif serbest radikallerdir. Bunlar, normal hücre solunum esnasında, immun tepkinin bir parçası olan aktif lökositler tarafından ve hava kirliliği ve sigara dumanı gibi ekzojen oksidanlar tarafından üretilir. Bunların, lipitler, proteinler ve DNA dahil olmak üzere yaşamsal hücre bileşenlere zarar verebileceği konusunda şüphe yoktur (Temple ve diğ., 2000).

Vücudumuzun oksidatif stres etkisini yok etmek için birçok savunma sistemi bulunur. Bunlar, endojen enzimler (katalaz, glutatiyoin reduktaz ve süperoksit dismutaz da

dahildir), endojen faktörler (glutasyon, ürat ve koenzim-Q) ve beslenme faktörleridir (antioksidan içeren besinler, özellikle  $\beta$ -karoten ve diğer karotenoidler, C vitamini, E vitamini ve selenyum) (Temple ve diğ., 2000).

Vücudumuz normalde, sürekli olarak serbest radikallerin üretilmesi ve yok edilmesi ile kararlı hal durumundadır. Buna karşılık; serbest radikaller tarafından yapılan uzun dönemde birikmiş hasarlar sayısız dejeneratif hastalık ile ilişkilidir. Birçok kanıtla göre, vücutta işlev bozukluğu ile ilgili geniş yelpazedeki birçok hastalıkla oksidatif stres ilişkilidir. Oksidatif stres; antioksidan seviyesinin çok az olması (E vitamini ve ürat gibi), antioksidan savunma sisteminde görev alan bazı enzimlerin düşük seviyelerde olması ve oksidasyon ürünlerinin yükselen seviyelerine (malondialdehit ve DNA hasarı gibi) bağlı olarak çeşitli derecelerde ortaya çıkabilir (Temple ve diğ., 2000).

Hastalığa sebebiyet veren oksidasyon ürünlerine en bilinen örnek; düşük-yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolüdür. Bu natif LDL'ye göre daha aterojeniktir. Bu bağlamda, oksidatif stres ile aterosklerosis ve koroner kalp rahatsızlıkları arasında bir ilişki vardır (Temple ve diğ., 2000).

Oksidatif stres ile bir ilgisi olduğu düşünülen diğer hastalıklar şunlardır; bozulmuş bir immun sistem ve bulaşıcı hastalıklara yakalanma riskinin artması, kanser, diyabet (Tip 1 ve Tip 2), romatizma gibi oto immun durumları, ankilozan spondilit (omurgada hareket kısıtlayıcı bir iltihaplı romatizma), çeşitli solunum ile ilgili hastalık, katarakt ve diğer göz hastalıkları, yaş ile ilgili maküler dejenerasyona sebep olan retinal hasar, Alzheimer hastalığı ve şizofreni (Temple ve diğ., 2000).

## **2.4 Fenolik Bileşikler**

Hem deneysel hem de epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen veriler, tahıllar, sebzeler ve meyvelerin bitki kimyasalı ya da fitokimyasal olarak adlandırılan maddenin çokça çeşidini içerdiğini göstermektedir. Fitokimyasal kelimesi; bitkilerde doğal olarak bulunan kimyasal maddelerin, özellikle biyolojik olarak aktif olanları olarak tanımlanır. Majör fitokimyasallar; fenolik asitler, flavonoidler ve kumarin türevlerinin yanı sıra birçok diğer polifenollerini kapsar. Bu fitokimyasallardaki antioksidan aktivite, ekstrem derecede azdan çok yüksek seviyelere kadar değişkenlik gösterir. Doğal antioksidanlar şu fonksiyonlara sahip olabilirler; serbest radikal

parçalayıcı, azaltıcı ajan, prooksidan metaller için potansiyel bloklayıcı ve tekli oksijen sönümleyici (Zielinski ve diğ., 2016).

Diyet ile birlikte alınan fitokimyasal bileşenler, aktif olarak oksidatif reaksiyonların kontrol edilmesine katkı sağlar ve canlı organizmada (in vivo) koruma sağlar. Antioksidanlar, gıdanın besleyici kalitesi ve tatta istenmeyen değişimleri önlemede önemli rol oynarlar (Zielinski ve diğ., 2016).

Geleneksel olarak ve basit bilgi bazında; fenolik bileşikler proteinlerle etkileşip nları çöktürdükleri, sindirim enzimlerini inaktif hale getirdikleri, vitamin ve minarelerden alınan faydaya olumsuz etkileri ve gıdanın besinler değerlerini düşürdükleri için gıda içerisinde bazı durumlarda istenmeyen bileşikler olmuşlardır. Ancak; sahip olduğu antioksidan etkinin fark edilmesi sonrasında sağlığa etkileri araştırılmaya başlanmıştır. Diyetle fenolik bileşiklerin varlığı sağlığa yararlıdır. Bunun sebebi ise; karsinogenler ve mutajenler üzerindeki kemopreventif aktiviteleridir. Fenolik bileşiklerin sağlığa faydaları tüketilen miktar ve biyoyararlılıklarına göre değişkenlik gösterebilir (Rodríguez ve diğ., 2009).

Fenolik bileşikler, bir veya daha fazla hidroksil grup taşıyan aromatik zinciri bir veya daha fazla miktarda bulunduran bileşiklere denir ve bunlar genel olarak fenolik asit, flavonoid, antosiyanin ve taninler olarak kategorize edilirler (Dykes ve diğ., 2007; Masisi ve diğ., 2016).

Fenolik bileşik terimi; yenilebilir bitkilerde bulunan, birkaç yüz molekülden oluşan, en az bir hidroksil grubunun bağlı olduğu benzenik zincir olarak tanımlanır. Bu bileşikler; sahip oldukları fenol zincirinin sayısına ve birbirine bağlı olan yapısal elementlere göre sınıflandırılabilir. Bu sebeple fenolik asitler (benzoik ya da hidrosinamik asit türevleri) arasında ayrımlar yapılır, flavonoidler, stilbenler ve lignanlar. Flavonoidler ise kendi içlerinde ayrılırlar: flavonoller, flavonler, izoflavonlar, flavanonlar, antosiyaninler ve flavonoller (kateşin ve proantosiyanidin) (Rodríguez ve diğ., 2009).

Fenolik asitler iki formda bulunurlar: 1) çözünebilir serbest asitler, 2) çözünemeyen fenolik asitler; kovalent bağlarla (esterife ve eterife) hücre duvarına bağlı formdaki yapısal bileşiklerdir (Ayoum ve diğ., 2016). Bağlı fenolik asitler, yapısal karbonhidrat ve proteinli ester ve lignin bağları olan ether bağları oluştururlar (Bhanja ve diğ.,

2009). Çözünmeyen bağlı formlar, tahıl tanelerindeki majör formdur ve özellikle tahılın hücre duvarındaki çapraz bağlı polimerlere dahil olurlar (Bei ve diğ., 2017).

Fenolikler, serbest radikal yok edici, metal katalizörlerin şelatörü, ya da tekli oksijen söndürücüsü olarak davranış sergilerler. Serbest radikallerin tüketilmesi ve oksidasyon ürünleri, kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı risk faktörü oluşturabilir. Diyet ile alınan fenoliklerin bu konuda sağlığa yararlı etkileri bulunur (Acuña ve diğ.,2008).

Besinsel ve antioksidan özelliklerine ek olarak; fenolik bileşikler gıdada tat, burukluk ve renk gibi çoklu duyuşal özellikleri de geliştirir. Fenolik bileşikler, gıda ürünlerinin aroma ve tatlarına katkıda bulunurlar. Bu katkının ana sebebi ise; uçucu fenoliklerdir. Uçucu fenolikler, kuvvetli alkollerin hidrolizi sonucu ve maya ve laktik asit bakterilerinin metabolizması sonucu meydana gelirler. Bazı fenolik bileşikler, genellikle taninler, gıdada buldukları takdirde burukluk olarak adlandırılan buruşma, kuruma gibi duyulara sebep olurlar. Bu da; tükürükte bulunan proteinlerin çökmesine sebep olur. Ek olarak; fenolik bileşikler sebzelerin sahip olduğu rengi önemli derecede etkileyen doğal renk pigmentleridir. Flavonoidlerin yanı sıra, antosiyaninler sebze, meyve, meyve suları ve şaraptaki pembe, kırmızı, kızıl, leylak rengi, eflatun, mavi renklerinden sorumludur. Çoğu flavonoid, bitki hücrelerinde glikozid formunda bulunurlar. Meyve, sebze, içecekler ve çay, insan diyetindeki fenolik bileşiklerin ana kaynağıdır. Akdeniz diyeti şarap ve zeytin gibi fermente sebze ürünlerini içermektedir. Bu ürünlerde bulunan fenolik bileşikler duyuşal ve besinsel karakteristiklerden sorumludur (Rodríguez ve diğ., 2009).

#### **2.4.1 Yulafta bulunan fenolik bileşikler**

Yulaf çekirdeği içerisindeki antioksidan dağılımı, antioksidan kapasitesi geliştirilmiş yulafli ürünleri geliştirecek teknolojileri uygulamak açısından önem teşkil eder. Yulaf rüşeymi, çekirdeğin yüksek lipit içeren bölümü olup konsantre halde tokoferol (alfa ve gama izomerleri) bulunurken, tokotrienoller endosperm bölümünde konsantre bir biçimde bulunur ancak rüşeyimde bulunmazlar.

Yulaf çekirdeğinden ekstrakte edilen serbest fitokimyasalın; mısır, buğday ve pirince göre daha yüksek antioksidan kapasitesi varken, buğdayın bağlı fitokimyasallar açısından daha zengin olduğu belirtilmiştir. Yulaf kepeğinin; buğday, arpa ve çavdar gibi diğer tahıl kepekleri ile kıyaslandığında serbest-radikal temizleme açısından daha

az etkili olduğu görülmüştür. Buna karşılık; yulafın aynı 3 tahıla kıyasla daha fazla antioksidan kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Stevenson ve diğ., 2008).

Yulaflarda bulunan fenolik bileşikler tahılın işlevsel ve besleyici özelliklerine katkıda bulunur. Bütün tahıllarda bulunan fenolik asitlerin antioksidan karakteristik gösterdiği bilinmektedir. Bunlar, vücut serbest radikal temizleyici, prooksidan metalleri şelatlayıcı ajan ve tekli oksijeni sönmüleyici olarak fonksiyon gösterirler. Ferulik asit, kafeik asit ve p-kumarik asit gibi hidroksinamikler düşük yoğunluklu lipoprotein oksidasyonunu azaltırlar. Sağlığa potansiyel yararlı etkilerine ek olarak; işlenmiş yulaf ürünlerinde fenolik bileşikler tadı da etkilerler. Yulaf içindeki antioksidan aktiviteye sahip fenolik bileşikler tanımlanmıştır. Fakat; kantitatif veriler kullanılan farklı ekstraksiyon ve analiz yöntemi dolayısıyla yüksek oranda farklılık gösterir ve kıyaslamak çok zordur (Emmons ve diğ.,1999).

Yulaf içerisinde iki çeşit fenolik bileşik bulunur. Birincisi; serbest halde bulunan, ekstrakte edilebilen fenolik bileşiklerdir. İkincisi; bağlı halde bulunan, hidrolize edilebilen fenolik bileşiklerdir. Bağlı fenolik bileşikler, yulaf içerisindeki proteinlere bağlıdır. Aralarındaki bağı kırmak suretiyle elde edilirler (Kilci ve diğ., 2014).

#### **2.4.2 Antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşik içeriği üzerine işlem etkileri hakkında örnek çalışmalar**

Yapılan bir çalışmada; yağı alınmış buğdayda *Bacillus subtilis* ile gerçekleştirilen fermentasyon sonunda serbest fenolik bileşiklerin ve peptitlerin değişimi ve aralarındaki sinerjistik interaksiyonun antoksidan özelliklere etkisi araştırılmıştır. Yağı alınmış buğday tanesi hidrolizatlarında toplam fenolik bileşik miktarının fermente olmamış buğday tanelerine göre önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Uygulanan fermentasyon işlemi sonrasında yağı alınmış buğday tanelerindeki serbest fenolik bileşikler artış gösterirken, bağlı fenolik bileşikler azalmıştır. Çalışma sonucunda, yağı alınmış buğday tanelerinde *Bacillus subtilis* fermentasyonunun antioksidan aktiviteyi arttırmak ve fenolik ve peptit bileşikleri üretmek için alternatif olabileceği söylenmiştir (Liu ve diğ., 2017).

Kaktüs kladodları (*Opuntia ficus-indica*) ile pişirme metotlarının (kaynatma, mikrodalga ile ısıtma, ızgarada pişirme, zeytinyağı ve soya fasulyesi yağında kızartma) besinsel kompozisyonu (protein, mineral, yağ, karbonhidrat, lif, yağ asidi profili ve enerji), antioksidan kapasitesi ve polifenol bileşikler üzerindeki etkisini

araştıran bir çalışmada; ısı uygulamalarının, özellikle ızgara ve mikrodalga uygulamalarının, bütün flavonoid ve fenolik bileşiklerin miktarını 3 kat arttırdığı ve bunun sonucunda da antioksidan kapasitesinin de arttığı sonucuna ulaşılmıştır (Santiago ve diğ., 2018).

Yapılan başka bir çalışmada rutin ve kuersetin eklenen sürülebilir işlenmiş peynirde erime sıcaklığının toplam fenolik miktarındaki, antioksidan kapasitesindeki ve eklenen rutin ve kuersetinin değişimleri izlenmiştir. Çalışmanın sonunda; rutin degradasyonunun ısıdan etkilendiği söylenmiştir. Erime sıcaklığı arttıkça toplam fenolik miktarının arttığı fakat antioksidan kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir (Prikryl ve diğ., 2018).

Kajunun mikrodalga ile ısıtılması sonrasında yağ asidi kompozisyonu, fenolik bileşik içeriği ve antioksidan kapasitesindeki değişimini konu alan bir çalışmada ise; genellikle mikrodalga ile ısıtılan kajuların antioksidan aktivitesinin ve toplam fenolik içeriğinin düştüğü söylenmiştir. Buna karşılık olarak spesifik bir değerde (720 W) en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriğinin gözlemlendiği belirtilmiştir (Uslu ve diğ., 2017).

5 farklı kurutma metodunun, hava ile kurutma, sülfür fümigasyonu ile kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga ile kurutma, tatlı patates ununun nişasta ile ilgili özellikleri ve antioksidan aktivitesi üzerine yapılan bir başka çalışmada ise; sülfür fümigasyonu ile kurutulan örneklerin işlem görmemiş tatlı patates ununa göre bile daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Chen ve diğ., 2017).

Yapılan başka bir çalışmada, işleme, fermentasyon ve yillandırma uygulamalarının soya fasulyesi tohumu, soya loru (tofu) ve soya macununda bulunan 43 ana fenolik bileşiğin miktarı ve profili üzerine etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, soya fasulyesi için 3 günlük ve 6 günlük yillandırma işlemlerinin uygulamaları sonucundaki fenolik bileşik miktarı eşit iken soya macunun fenolik bileşik miktarının her ikisinden de küçük olduğu söylenmiştir (Chung ve diğ., 2011).

Endüstride işlenen ve evde üretilen domates sosunun *in vitro* gastrointestinal sindirimi, fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesini kıyaslayan bir çalışmada; endüstriyel olarak domatesten domates sosu elde edilmesinin genel olarak antioksidan kapasiteye ev



yapımı domates suyuna göre 1,2 kat daha fazla pozitif etki ettiği söylenmiştir. Ek olarak domatesin evde işlenmesi koşulları sonrasında fenolik bileşik içeriğinin azaldığı belirtilmiştir (Tomas ve diğ., 2017).

Çavdar unu ile üretilen bir ekmekte, ekmek yapım aşamalarının fenolik bileşiklere etkisi üzerine yapılan bir çalışmada; ekmek yapımı esnasında toplam fenolik miktarında önemli derecede bir düşüş gözlemlenmiştir. Son fermentasyon aşaması en yüksek düşüşe sebep olurken, uygulanan karıştırma pişirme işlemlerinde de toplam fenolik madde içeriğinde azalma meydana gelmiştir (Boskov ve diğ., 2002).

Soyada bulunan izoflavonların sağlığa yararlı etkileri, ulaşılabilirliklerine ve kimyasal formlarına göre değişkenlik gösterebilirler. Soyadan ekmek yapımı esnasında  $\beta$ -glukosidaz aktivitesi ve izoflavon dağılımını incelemek amacıyla yapılan bir çalışmada; soya ekmeği için gerekli malzemeler karıştırılıp 48°C'de 1-4 saat fermente edilmiş ve 50 dk. boyunca 165°C'de pişirilmiştir. Ekmek yapımı esnasında izoflavonlarda herhangi bir degradasyon gözlemlenmezken izoflavon dağılımı büyük ölçüde değişkenlik göstermiştir. Fermentasyon ve pişirme aşamaları önemli ve farklı açılardan izoflavon dağılımlarını değiştirmişlerdir. Başlangıç içeriğinde kullanılan soya unu ve soya sütü tozundaki izoflavonlar (715 mg) soya ekmeğinde, çok az miktarlarda izoflavon degradasyonu ile yüksek miktarda kurtarılabilmektedir. Fakat izoflavon içeriği önemli ölçüde değişkenlik göstermiştir. Karıştırma ve fermentasyon aşamalarında izoflavonlar degradasyona uğramazken fermentasyon aşamasında kompozisyonu ciddi ölçüde farklılaşmıştır. Aglukonlarda %157 oranında bir artış görülürken,  $\beta$ -glukozidlerde %29,7 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Ekmek pişirme aşamasında görülen %4,2 oranındaki izoflavon konsantrasyonundaki azalmanın sebebinin ise termal bozulma veya geri dönüşü olmayan bir şekilde diğer ekmek bileşenlerine bağlanması olduğu söylenmiştir (Zhang ve diğ., 2015).

Buğday unuyla elde edilmiş ekmekte pişirme işlemlerinin antioksidan aktiviteye etkisini araştırmayı amaçlayan bir çalışmanın sonucunda; işlem tipinin antioksidan aktiviteyi etkilediği söylenmiştir. Araştırma sonucunda kafeik asidin fenolik asitler arasında en yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu belirlenmiş olup, onu sırasıyla ferulik asit, gallik asit ve şiringik asit takip etmektedir. Serbest fenolik asitlerin antioksidan aktivitesinin karışma ile azaldığı fakat daha sonra fermentasyon ve pişirme ile artış gösterdiği söylenmiştir. Fenolik asitlerin pişirme aşamasından

sonra antioksidan aktivitelerini sürdürebildikleri ve bunun da tüketici için sağlığa potansiyel fayda sağladığı belirlenmiştir (Han ve diğ., 2010).

Yapılan bir çalışmada; üzüm yan ürünlerinin çavdar ekmeğine eklenmesi sonrasında, kimyasal kompozisyonları, çözünebilir ve çözünemeyen diyet lifi içeriği, fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. Çavdar ekmeğine, %4, %6, %8 ve %10 oranında üzüm yan ürünleri eklenerek kontrol çavdar ekmeği ile kıyaslanmıştır. Çalışma sonunda, üzüm yan ürünlerinin radikal temizleme aktivitesini pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Artan üzüm yan ürünü yüzdesi ile çavdar ekmeğindeki fenolik madde içeriğinde kademeli olarak ve önemli derecede artış gözlemlenmiştir. Kontrol çavdar ekmeğinde ise; ana fenolik maddenin gallik asit olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; çavdar ekmeğine üzüm yan ürünleri eklenerek potansiyel bir fonksiyonel ekmek önerisinde bulunulmuştur (Mildner-Szkudlarz ve diğ., 2011).

Çavdar tahılında steroller, folik asit, tokoferoller ve tokotrienoller, alkilrezorsinoller, lignanlar, fenolik asitler ve toplam fenolikler kepek içerisinde yüksek miktarlarda, endosperm içerisinde de çok düşük seviyelerde bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada; öğütme, fermentasyon, ekşi maya pişirme ve çimlendirme işlemlerinin biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çimlendirme ve ekşi maya pişirilmesi işlemlerinde kolayca ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin artış gösterdiği söylenmiştir. Çimlendirme esnasında en yüksek artış 25°C'de görülmüştür. Fermentasyon işleminin ise kolayca ekstrakte edilebilir fenolik bileşik miktarını iki katından daha fazla arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; kepekli çavdarda bulunan biyoakt,f bileşiklerin bir çoğunun gıda işlenmesi esnasında stabil kaldığı belirlenmiştir. Buna ek olarak uygun işlemler ile bahsi geçen biyoaktif bileşiklerin seviyelerinin artabileceği söylenmiştir (Liukkonen ve diğ., 2003). Buğday, üstün pişme performansı sayesinde, ekmek yapımı için diğer ekinler arasında en önemlisidir. Sadece buğday unundan elde edilen ekmeklerde düşük antioksidan aktivitesi gözlenirken, kepekli buğday ekmeği daha 3 kat daha yüksek antioksidan aktivitesine sahiptir. Brinzova ve diğ. tarafından yapılan çalışmada, kara buğday ve yulaf ununun buğday ekmeğine eklenmesi sonucunda antioksidan aktivitesinin arttığı belirlenmiştir. Bir başka çalışmada Serpen ve diğ., multi-tahıl (buğday, yulaf, çavdar, buğday kepeği, soya, mısır) kombinasyonlarının toplam antioksidan aktivitesine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak referans ekmeğe kıyasla; soya ve buğday kepeği içeren ekmeklerin yapılan her iki analiz sonucunda (DPPH ve ABTS) daha yüksek toplam antioksidan kapasitesi sergilediği gözlemlenmiştir (Serpen ve diğ., 2012).

Yapılan başka bir çalışmada; yulaf, çavdar, kara buğday ve buğdaydan elde edilen unlar karıştırılarak çok tahıllı bir ekmeğ hazırlanmıştır. Kontrol olarak referans alınan sadece buğday unundan üretilen ekmeğ ile çok tahıllı ekmeğın toplam fenol seviyeleri (sırasıyla 592 mg/kg, 916 mg/kg) büyük farklılıklar göstermiştir. Çok tahıllı ekmeğ içerisindeki buğday unu içeriğinin yerine diğerk tahıl unları eklendikçe çok tahıllı ekmeğın toplam fenol seviyesi daha da fazla artış sergilemiştir. Sonuç olarak da çok tahıllı ekmeğlerin, buğday ekmeğine göre daha yüksek antiradikal aktivitesi olduğu kanaatine varılmıştır (Angioloni ve diğ., 2011).





### **3. MATERYAL VE METOTLAR**

#### **3.1.Malzemeler**

Ekmeğin yapımı için Tito marka 30 kg'lık yulaf unu temin edildi. Buğday unu olarak ise çok amaçlı buğday unu (Eriş un) yerel bir marketten satın alındı. Ekmeğin yapımında kullanılan diğer malzemeler; margarin (Sana yağ, klasik), tuz (Billur tuz, iyotlu), toz şeker (Bal Küpü, kristal şeker), su (Erikli su), instant maya (Dr. Oetker, Instant kuru hamur mayası) olarak belirlenmiştir. Tüm deneyler, 2 işlem tekrarlı örneklerde, paralel ekstraksiyonu takiben 3'er analiz tekrarı olarak gerçekleştirilmiştir.

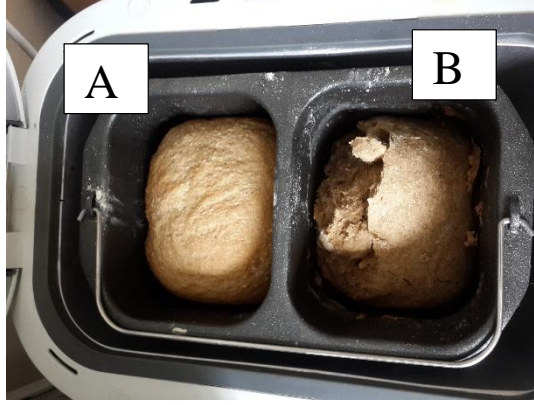
#### **3.2.Kimyasallar**

Ekstraksiyon için kullanılan metanol ( $\geq 99,9$ ), hidroklorik asit (HCL, %37), sülfirik Asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, %95) ve spektrofotometrik analizler için kullanılan sodyum karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), bakır (II) klorid (CuCl<sub>2</sub>), amonyum Asetat (NH<sub>4</sub>Ac), sodyum nitrit (NaNO<sub>2</sub>), sodyum hidroksit (NaOH) Merck KGaA'dan (Darmstadt, Almanya) tedarik edilmiştir. Spektrofotometrik analizler için kullanılan gallik asit ( $\geq 98$ ), Folin-Ciocalteu fenol ajanı, rutin, etanol (EtOH,  $\geq 99,8$ ), neocuprine (Nc), 1,1 – diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) Sigma-Aldrich Chemie GmbH'den (Steinheim, Almanya) tedarik edilmiştir. Spektrofotometrik analizler için kullanılan alüminyum klorür (AlCl<sub>3</sub>) ve 6-hidroksi-2,5, 7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Troloks) Fluka Chemie'den (Buchs, İsviçre) tedarik edilmiştir. Deneyin her aşamasında, su saflaştırma sistemi (TKA GenPure, Almanya) ile saflaştırılan ve damıtılmış su kullanılmıştır. HPLC analizlerinde kullanılan asetonitril yüksek saflıkta HPLC grade solvent ve su distile deiyonize sudur.

#### **3.3 Örnek Hazırlanması**

Yulaf unu ile zenginleştirilecek ekmeğin formulasyonuna karar verebilmek için işlemlerin öncesinde; buğday ununun %40 yulaf unu ve %60 yulaf unu ikameleri ile iki farklı deneme yapılmıştır. Deneme sonucunda Şekil 3.1'de görüldüğü gibi %60

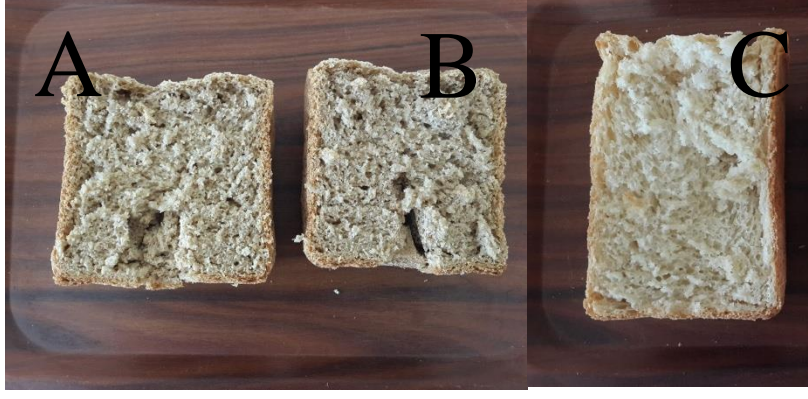
yulaf unu ile üretilen ekmeğin kalitesinin uygun olmaması nedeniyle çalışma için %40 yulaf unu ikamesi ile devam edilmesine karar verilmiştir.



**Şekil 3.1:** Yulaf ekmeği denemesi (A: %40 yulaf unu ve %60 buğday unu, B: %60 yulaf unu ve %40 buğday unu ile elde edilmiştir.)

İki adet %40 yulaf unu ve %60 buğday unu içerikli ekmeğin ve bir adet kontrol ekmeğin olarak %100 buğday unu içeren ekmeğin yapılması için Hammaddelerin belirlenmesinin ardından reçeteler oluşturuldu ve yulaf ekmeği için oluşturulan reçete; 112 g yulaf unu, 168 g buğday unu, 10 ml yağ (1 küçük ölçek), 195 ml su, 8 g (2 küçük ölçek) şeker, 6,2 g tuz (1 küçük ölçek) ve 3,4 g instant maya (1 küçük ölçek) olarak belirlendi. Kontrol ekmeği için oluşturulan reçetede ise; buğday unu miktarı 280 g olarak belirlenirken, diğer bileşenlerin hepsi sabit kalmıştır. Malzemeler ekmeğin yapım cihazına konulurken ilk önce sıvı malzemeler konulmuş, maya ve tuz suya temas etmeyecek şekilde yerleştirilmiştir.

Ekmeğin yapımında Arçelik Ekmekçim (K 2715 model) ekmeğin yapma makinası kullanılmıştır. Oluşturulan ekmeğin reçeteleri ekmeğin yapma makinasının kılavuzunda yazan reçetelerden modifiye edilerek oluşturulmuştur. Ekmeğin yapımı için detaylı ekmeğin üretim şemasında verilen Standart 1 numaralı program seçildi, sıcaklık orta derece olarak ayarlandı (180° C), ekmeğin boyutu çiftli olarak seçildi. Üretilen ekmeğin gözenek yapısı, kabuk görünümü ve yan görüntüsü Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

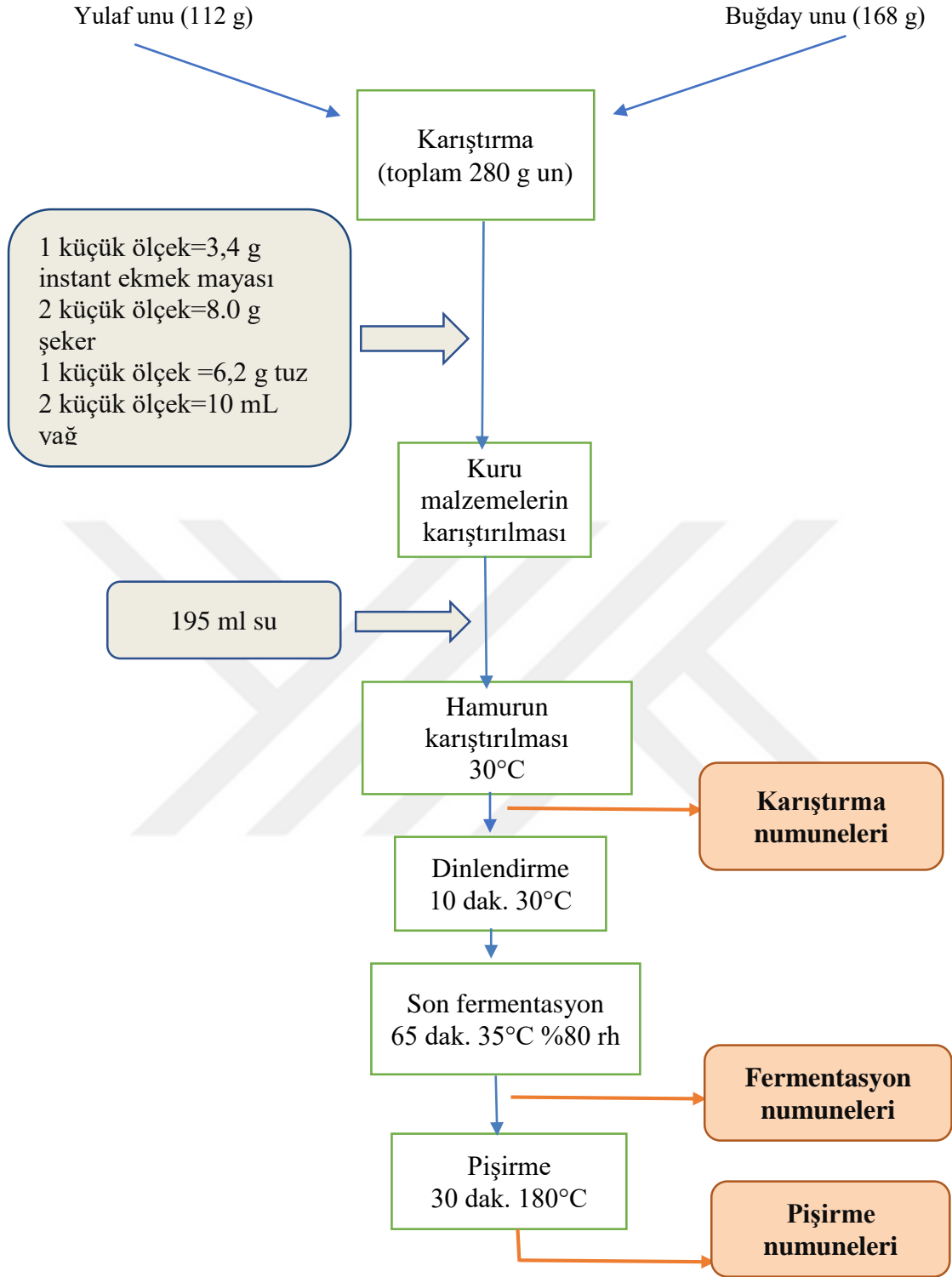


**Şekil 3.2:** Üretilen ekmeklerin gözenek yapısı (A:%40 yulaf unu içeren ekmek ilk deneme, B::%40 yulaf unu içeren ekmek ikinci deneme, C: kontrol buğday unu ekmeği).



**Şekil 3.3:** Yulaf ekmeğinin dış görünüşleri (A:üstten görüntü, B:yandan görüntü).

Eş zamanlı yapılan iki ekmeğin birinden karıştırma ve fermentasyon numuneleri alınırken ikinci ekmekten pişirme numunesi alındı. Bu işlem her 3 ekmek için de uygulandı. Cihazın ekmek yapımı esnasında, son karıştırma ve son fermentasyon işlemlerinin bitiminde hamurlardan numune alındı. Ekmek yapımı aşamaları ve alınan numuneler Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Alınan hamur numuneleri, petri kapları üzerine yayılarak yerleştirildi. Pişirilen ekmek, pişme işlemi sonrasında küçük parçalara kesildi soğumaya bırakıldı. Üç numune donması için  $-20^{\circ}\text{C}$ ’de bir gün boyunca bekletildi. Sadece pişirme numuneleri, sıvı azot altında öğütücüde (IKA A11 basic) öğütüldü ve daha sonra petri kaplarına yerleştirildi. Petri kaplarındaki numunelerin hepsi, dondurularak kurutulmak üzere, dondurarak kurutms yapan cihaza (Freeze-dryer Christ Alpha 1-2 LD plus) yerleştirildi. Numunelere cihazda 16 saat boyunca vakum altında kurutma işlemi uygulandı. 16 saatin sonunda numuneler cihazdan alınıp hamur örnekleri sıvı azot altında öğütücüde un haline gelene öğütüldü. Bütün petri kaplarının kurutma öncesi ve sonrası tartımları yapıldı. Bu işlemler her üç ekmek için de tekrarlandı. Şekil 3.1’de yulaf içeren ekmek üretimi akım şeması gösterilmiştir.



Şekil 3.4: %40 yulaf unu içeren ekmek üretimi akım şeması.

### 3.4. Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için akım şeması Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



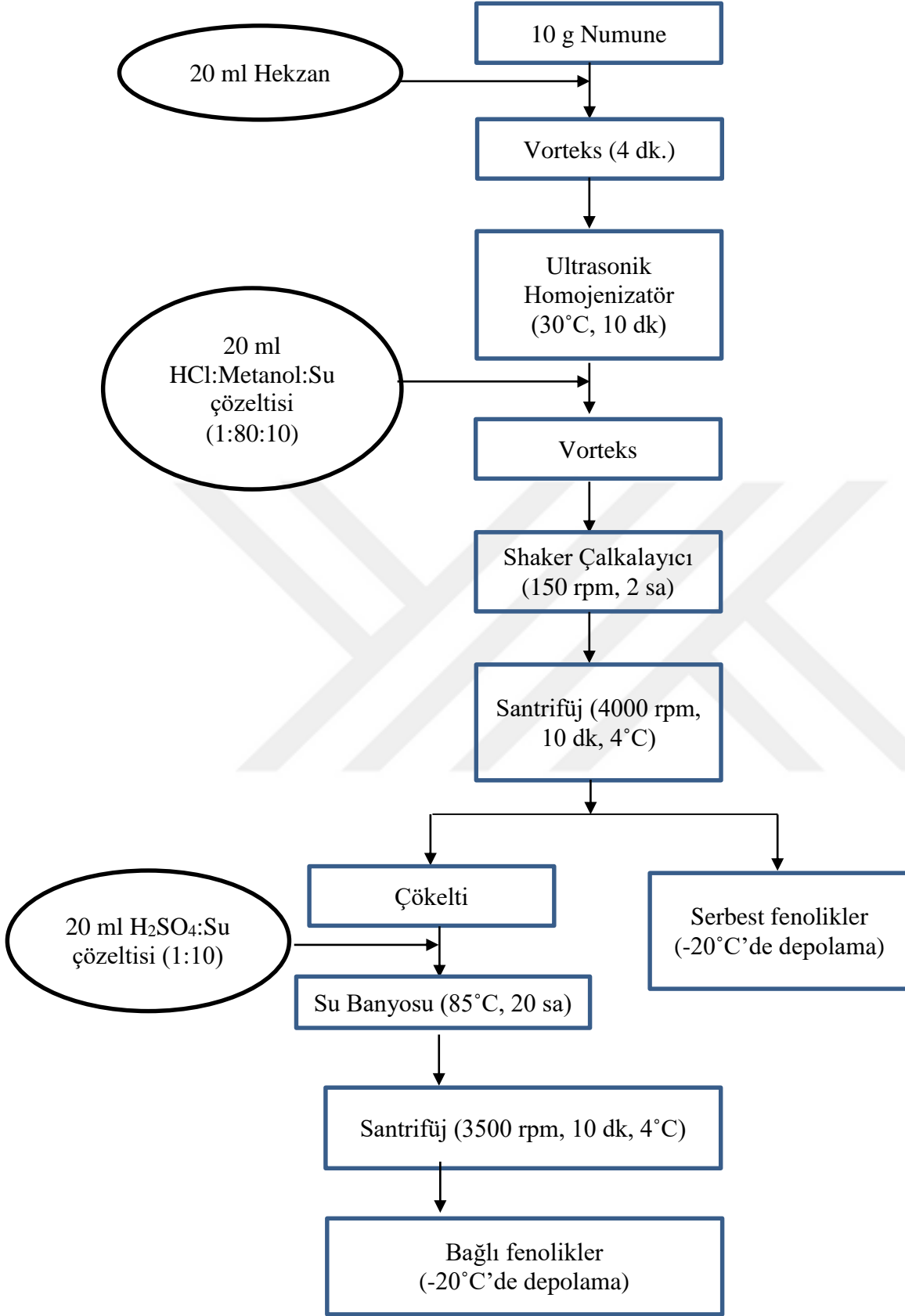
### 3.4.1. Serbest fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu

Her bir örnekten 10 g tartıldı. Üzerine 20 ml hekzan eklendi ve 4 dk vorteks karıştırıcıda karıştırıldı (IKA Vortex Genius 3). Ultrasonik homojenizatör (VWR Ultrasonic Cleaner) ile yağlarından arındırıldı. Bu işlem 30°C’de, 10 dakika boyunca iki kez tekrarlandı. 20’şer ml HCl, metanol ve su çözeltisi (1:80:10) eklendi. Tekrar vorteks karıştırıcıda karıştırıldı. Çalkalayıcıda 150 rpm koşullarında 2 saat boyunca çalkalama işlemine tabi tutuldu. Daha sonra faz ayrımını sağlamak için; 4000 rpm, 10 dakika 4°C’de santrifüj (Hettick Zentrifugen, Universal 32R) edildi. Üzerindeki sıvı kısım alınarak – 20°C’de depolanmak üzere dondurucuya (A++ Uğur Derin Dondurucu) kaldırıldı (Kilci ve diğ., 2014).

### 3.4.2 Bağlı fenolikler bileşiklerin ekstraksiyonu

Serbest fenolik ekstraksiyonu sonucunda dibe çöken tortu üzerine 20 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve metanol çözeltisi (1:10) eklendi. Daha sonra 85°C’de 20 saat boyunca su banyosunda bekletildi. Bu süre sonunda örnekler alınıp soğutuldu. Son olarak da 3500 rpm, 10 dakika, 4°C’de santrifüj (Hettick Zentrifugen, Universal 32R) edildi. Ekstraktlar kullanılana kadar -20°C’de (A++ Uğur Derin Dondurucu) depolandı (Kilci ve diğ., 2014).

Serbest fenolik madde içeren ekstraktlar analiz esnasında doğrudan kullanılırken, bağlı fenolik madde içeren ekstraktın dokusu çok koyu olduğu için önce filtrasyon yapıldı ve 1:20 oranında ekstraksiyon esnasında kullanılan çözelti (1:10 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve metanol çözeltisi) ile seyreltildi.



Şekil 3.5: Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu akım şeması.

### 3.5 Toplam Fenolik Madde Analizi-Folin Ciocalteau Metodu

Numunelerden elde edilen ekstraktlarda toplam fenolik içeriğini araştırmak için Spanos ve diğ.'nin makalesinde belirtilen metot, bu çalışmadaki örnek çeşidine göre küçük modifikasyonlar uygulanarak kullanıldı (Spanos ve diğ., 1990).

Yapılacak analiz için; 2 N Folin-Ciocalteau reaktif maddesi 10 kez metanol ile seyreltildi. 10 ml Folin reaktifi konulduktan sonra 100 ml'ye tamamlandı. Daha sonra 7,5 g doymuş Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (sodyum karbonat) 100 ml metanol içinde çözüldü. Standart için ise gallik asit kullanıldı. 1g/1ml gallik asit çözeltisi hazırlandıktan sonra seyreltilerek sırasıyla 0,01-0,02-0,05-0,08-0,1-0,2 g/ml konsantrasyonlarında kalibrasyon zelteleri elde edildi.

Standart, rnekler ve kr (metanol) denemesinin her birinden 100'er l alınarak tüplere konuldu. zerine 900 l methanol eklendi. Daha sonra; 750 l Folin reaktifi eklenip vortekslenen örnekler 5 dakika karanlıkta bekletildi. zerine 750 l sodyum karbonat eklenerek vortekslenen örnekler 90 dakika yine karanlıkta bekletildi. Bekleme süresi sonunda 765 nm'de absorbanslar spektrofotometre cihazında (PharmaSpec UV-1700, UV-invisible spectrophotometer, Shimadzu) okundu (Spanos ve diğ., 1990). Standart zeltelerin absorbanslarından konsantrasyon-absorbans grafiği elde edildi. Elde edilen grafiğin denklemi ve r<sup>2</sup> değerleri hesaplandı. ıkan denklem kullanılarak örneklerdeki absorbans miktarından örnek içeriğindeki fenolik madde konsantrasyonu bulundu. Sonuçlar, 10 g kuru ağırlıkta gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edildi. Her bir numune için üç analiz tekrarı yapıldı.

### 3.6 DPPH (1,1–difenil-2-pikrilhidrazil) Metodu

Antioksidan kapasitesini araştırmak için; Kumaran ve diğ. (2006) ve Rai ve diğ. (2006)'nin çalışmalarında belirtilen metotlar kombine edilerek ve bu çalışmadaki örnek çeşidine göre küçük modifikasyonlar uygulanarak kullanıldı (Kumaran ve diğ., 2006; Rai ve diğ., 2006).

Yapılacak analiz için; 0,0039 g DPPH tartılıp 100 ml metanol içinde çözüldü. Standart olarak, Trolox kullanıldı. 1 g/1ml Trolox zeltisi hazırlandıktan sonra seyreltilerek sırasıyla 0,01-0,02-0,05-0,08-0,1-0,2 g/ml konsantrasyonlarında kalibrasyon zelteleri elde edildi. Standart, rnekler ve kr (metanol) denemesinin her birinden 100 l alınarak tüplere konuldu. zerine, 2 ml hazırlanan DPPH çözeltisinden

eklendikten sonra 10 saniye vortex (IKA Vortex Genius 3) uygulandı. Daha sonra 30 dakika boyunca karanlıkta bekletildikten sonra; 517 nm'de absorbans değerleri spektrofotometre cihazında (PharmaSpec UV-1700, UV-invisible spectrophotometer, Shimadzu) okundu (Rai ve diğ., 2006).

Standart çözeltilerin absorbanslarından konsantrasyon-absorbans grafiği elde edildi. Elde edilen grafiğin denklemi ve  $r^2$  değerleri hesaplandı. Çıkan denklem kullanılarak örneklerdeki absorbans miktarından örneğin antioksidan aktivitesi bulundu. Sonuçlar, 10 g kuru ağırlıkta Troloks eşdeğeri (TE) olarak ifade edildi. Her bir numune için üç analiz tekrarı yapıldı.

### **3.7 Cuprac (Cuprik Azaltan Antioksidan Kapasite) Metodu**

Antioksidan kapasitesini araştırmak için; Apak ve diğ.'nin (2004) çalışmalarında belirtilen metod, bu çalışmadaki numunelerin reolojik özelliklerine göre modifikasyonlar uygulanarak kullanıldı (Apak ve diğ., 2004).

Bakır (II) Klorid çözeltisi, 0,4262 g  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tartılarak  $\text{H}_2\text{O}$  içinde çözüldükten sonra 250 ml'ye tamamlandı. Amonyum Asetat ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) ise, 19,27 g tartıldıktan sonra 250 ml'ye su ile seyreltildi. Bu çözelti ortamın pH'sını ayarlamak için tampon (pH 7) olarak hazırlandı. Son olarak, Neocuproine (Nc) çözeltisi (7,5x) hazırlamak için 0,039 g Nc tartıldı ve 25 ml %96'lık EtOH içinde seyreltildi. Standart olarak, Trolox kullanıldı. 1 g/1ml Trolox çözeltisi hazırlandıktan sonra seyreltilerek sırasıyla 0,01-0,02-0,05-0,08-0,1-0,2 g/ml konsantrasyonlarında kalibrasyon çözeltileri elde edildi.

Standart, örnekler ve kör (metanol) denemesinin her birinden 100  $\mu\text{l}$  alınarak tüplere konuldu. Hazırlanan çözelti karışımından 4 ml (1 ml Bakır (II) Klorid, 1 ml Amonyum Asetat ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ), 1 ml Neocuproine (Nc), 1 ml  $\text{H}_2\text{O}$  içeriğinde) eklendi. Çözelti eklenen tüpler karanlık ortamda 30 dk boyunca bekletildi. Bekleme süresi sonunda; köre karşı 450 nm'de absorbans değerleri spektrofotometre cihazında (PharmaSpec UV-1700, UV-invisible spectrophotometer, Shimadzu) okundu. Standart çözeltilerin absorbanslarından, konsantrasyona absorbans grafiği elde edildi. Elde edilen grafiğin denklemi ve  $r^2$  değerleri hesaplandı. Çıkan denklem kullanılarak örneklerdeki absorbans miktarından örneğin antioksidan aktivitesi bulundu. Sonuçlar, 10 g kuru ağırlıkta Troloks eşdeğeri (TE) olarak ifade edildi. Her bir numune için üç analiz tekrarı yapıldı.

### 3.8. Toplam Flavonoid içeriği

Toplam flavonoid içeriğini araştırmak için; Chlopicka ve diğ.'nin (2012) çalışmalarında belirtilen metod modifikasyonlar uygulanarak kullanıldı (Chlopicka ve diğ., 2012).

%5'lik NaNO<sub>2</sub> (Sodyum nitrit) çözeltisi için 5 g tartılıp, 100 ml'ye saf su ile tamamlandı. %10'luk AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (Alüminyum klorür hidrat) çözeltisi için, 10 g tartılıp 100 ml'ye saf su ile tamamlandı. 1 M NaOH (Sodyum hidroksit) çözeltisi için, 4 g tartılıp 100 ml'ye saf su ile tamamlandı. Standart olarak, rutin kullanıldı. 1 g/1ml rutin çözeltisi hazırlandıktan sonra seyreltilerek sırasıyla 0,01-0,02- 0,05-0,08- 0,1-0,2 g/ml konsantrasyonlarında kalibrasyon çözeltileri elde edildi.

Standart, örnekler ve kör (metanol) denemesinin her birinden 250 µl alınarak tüplere konuldu. Üzerine 75 µl NaNO<sub>2</sub> çözeltisi eklenip 6 dk. beklendikten sonra 150 µl AlCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O çözeltisi eklenip 5 dk. beklendi. Sürenin sonunda 500 µl NaOH çözeltisi eklenip toplam hacmi 2,5 ml'ye tamamlamak için 275 µl saf su eklendi. Köre karşı 510 nm'de absorbans değerleri spektrofotometre cihazında (PharmaSpec UV-1700, UV-invisible spectrophotometer, Shimadzu) okundu. Standart çözeltilerin absorbanslarından, konsantrasyona absorbans grafiği elde edildi. Elde edilen grafiğin denklemi ve r<sup>2</sup> değerleri hesaplandı. Çıkan denklem kullanılarak örneklerdeki absorbans miktarından örneğin flavonoid içeriği bulundu. Sonuçlar, 10 g kuru ağırlıkta rutin eşdeğeri (RE) olarak ifade edildi. Her bir numune için üç analiz tekrarı yapıldı.

### 3.9. HPLC Metodu- Fenolik Madde Profili Analizi

Numunelerdeki fenolik bileşiklerin profili, Çapanoğlu ve diğ. (2008)'nin metoduna göre belirlenmiştir. Ekstraktlar 0.45-µm membrane filtreler ile filtre edilmiştir. Waters 600 kontrol ünitesi, Waters 996 fotodiyot dizileri (PDA) dedektör ve Waters 2475 floresans dedektöründen oluşan bir HPLC sistemi ile analiz edilmiştir. Luna 3 µ C18 150x4.60 mm kolon (Phenomenex, Torrance, CA, USA) kullanılmıştır. Mobil fazda solvent A, distile-deiyonize su ile %0,1 (v/v) trifloroasetik asit (TFA), ve solvent B, asetonitril ile %0,1 (v/v) TFA'dan oluşur. Lineer gradyen şu şekilde kullanılmıştır: 0. dakikada, %95 solvent A ve %5 solvent B; 45. dakikada %65 solvent A ve %35 solvent B; 47. dakikada %25 solvent A ve %75 solvent B; ve 54. dakikada ilk koşullara geri dönülmüştür. Akış hızı 1 ml/dk'dır. Tespitler, 280, 312, 360 ve 512 nm'de yapılmıştır.

Tanımlama, alıkonma süresi ve karakteristik UV spektra baz alınarak, hesaplama ise harici standart eğriler ile yapılmıştır. Bütün analizler iki paralelli olarak yapılmıştır.

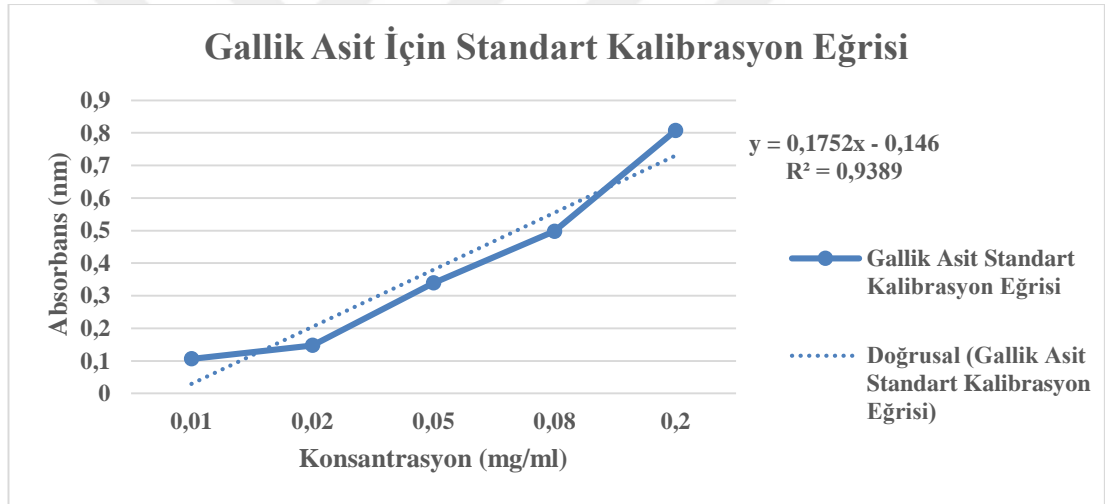
### **3.10. İstatistik Analizler**

Deneyler sonucunda çıkan sonuçlar, istatistiksel olarak SPSS (Statistical Package for the Social Sciences sürüm 24.0) yazılım programı ile analiz edilmiştir. İstatistik analizler %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Bütün örnekler, işlemler ve hammaddeler arasında farklılıklar tek yöllü varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Tek yönlü Farkların önemli bulunduğu durumlarda ortalamalar Duncan Çoklu Aralık testi kullanılarak analizlenmiştir. İstatistiksel değerlendirmeler EK-A'da sunulmuştur.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

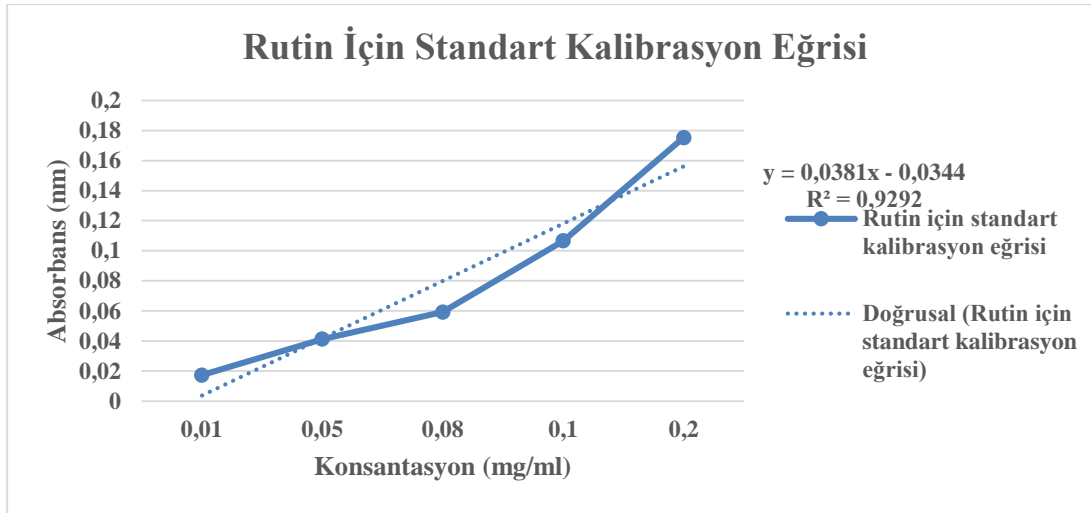
### 4.1. Toplam Fenolik Madde ve Toplam Flavonoid İçerikleri

Toplam fenolik madde analizleri için standart kalibrasyon eğrisi Şekil 4.1’de verilmiştir. Her örnek için fenolik bileşik miktarları mg GAE/10 g km numune olarak ifade edilmiştir. Standart kalibrasyon eğrisi 0,01-0,2 mg/ml arasında oluşturulmuş olup çıkan denklem örneklerin spektrofotometre ile ölçülen absorbans değerlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 4.1: Toplam fenolik madde analizi için kalibrasyon eğrisi.

Şekil 4.2’de gösterildiği gibi toplam flavonoid analizleri için standart kalibrasyon eğrisi rutin ile oluşturuldu. Kalibrasyon eğrisinde rutin kullanılmasının sebebi, yulaf içerisinde yüksek miktarlarda bulunan bir flavonoid olmasıdır. Her örnek için flavonoid bileşik miktarları mg RE/10 g km numune olarak ifade edilmiştir. Standart kalibrasyon eğrisi 0,01-0,2 mg/ml arasında oluşturulmuş olup çıkan denklem örneklerin spektrofotometre ile ölçülen absorbans değerlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.



**Şekil 4.2:** Toplam flavonoid analizi için rutin kalibrasyon eğrisi.

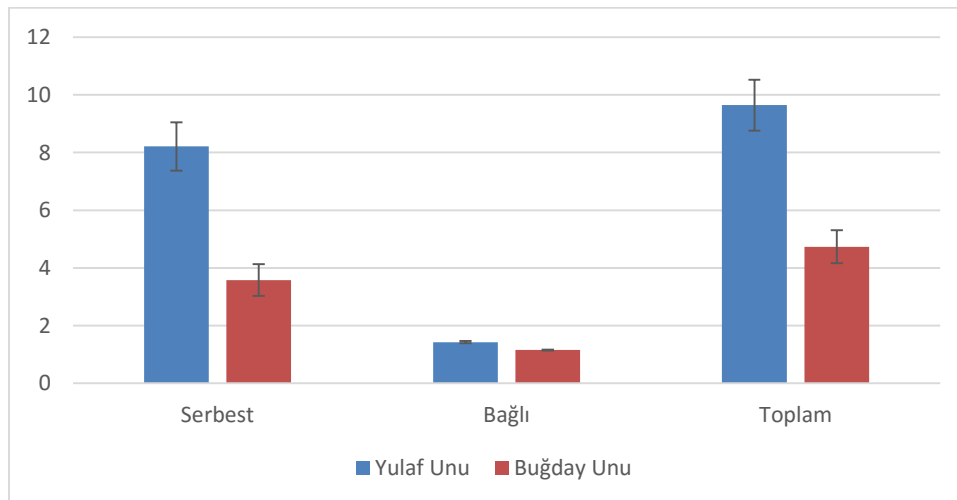
#### 4.1.1 Hammaddelerin fenolik ve flavonoid içeriği

Kullanılan hammaddeler için serbest, bağlı ve toplam fenolik madde içerikleri için elde edilen sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir. Üretilen ekmeklerdeki sonuçların kaynağının belirlenebilmesi için hammaddelere de analiz yapılmıştır.

**Tablo 4.1:** Kullanılan unların serbest, bağlı ve toplam fenolik madde içerikleri.

	<b>Yulaf Unu</b>	<b>Buğday Unu</b>
	mg GAE /10 g km	mg GAE /10 g km
<b>Serbest fenolikler</b>	8,21±0,84 <sup>a</sup>	3,58±0,55 <sup>b</sup>
<b>Bağlı fenolikler</b>	1,43±0,04 <sup>a</sup>	1,15±0,02 <sup>b</sup>
<b>Toplam fenolik madde</b>	9,64±0,88 <sup>a</sup>	4,73±0,57 <sup>b</sup>

Değerler 2 ekstraksiyon ve 3 tekrarlı analizin ortalama ve standart sapma değerleri olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ( $p < 0.05$ )



**Şekil 4.3:** Hammaddelerin serbest, bağlı ve toplam fenolik madde içerikleri.



Çin’de yapılan bir çalışmada yerel olarak tedarik edilen 9 tam yulaf tanesi ve 4 tane yulaf kepeğinde toplam fenolik madde, oksijen radikal absorbans kapasitesi, hücrel antioksidan aktivite ve antiproliferatif kapasite araştırılmıştır. Çalışma sonunda; toplam fenolik madde miktarının yulaf çeşidine göre değişkenlik gösterdiği ve kuru ağırlıkta 52,82 ile 81,20 mg GAE/100 g arasında seyrettiği söylenmiştir. Buna ek olarak; tam tane yulafa göre yulaf kepeğinde daha yüksek miktarlarda fenolik madde olduğu belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak; diyet lifi, mineraller, tokoferoller ve fenolikler de dahil olmak üzere besinsel tüm içeriğin kepek tabakasında yoğunlaştığı, buna karşılık olarak tanenin endospermde ağırlıklı olarak nişasta bulunduğu söylenmiştir (Chen, 2018).

Yapılan araştırmada, Şekil 4.3’te de görüldüğü gibi kuru ağırlıkta, serbest fenolik madde miktarı 8,21 mg GAE /10 g iken bağlı fenolik madde içeriği 1,43 mg GAE /10 g’dır. Yulaf ununun buğday ununa göre fenolik madde içeriği serbest fenolik madde açısından 2 kat daha yüksektir. Bağlı fenolikler açısından da yulaf unu önemli düzeyde daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Çin’de bulunan 3 tipik buğday çeşidinde yapılan çalışmalarda ise; ham tohumda kuru madde bazında değerlendirildiğinde serbest fenolik içeriği 30.96, 39.41, 42.56 mg GAE/100 g bulunurken, bağlı fenolik içeriği 154.89, 128.70 ve 84.64 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur (Chen, 2017).

**Tablo 4.2:** Kullanılan unların serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşik içeriği.

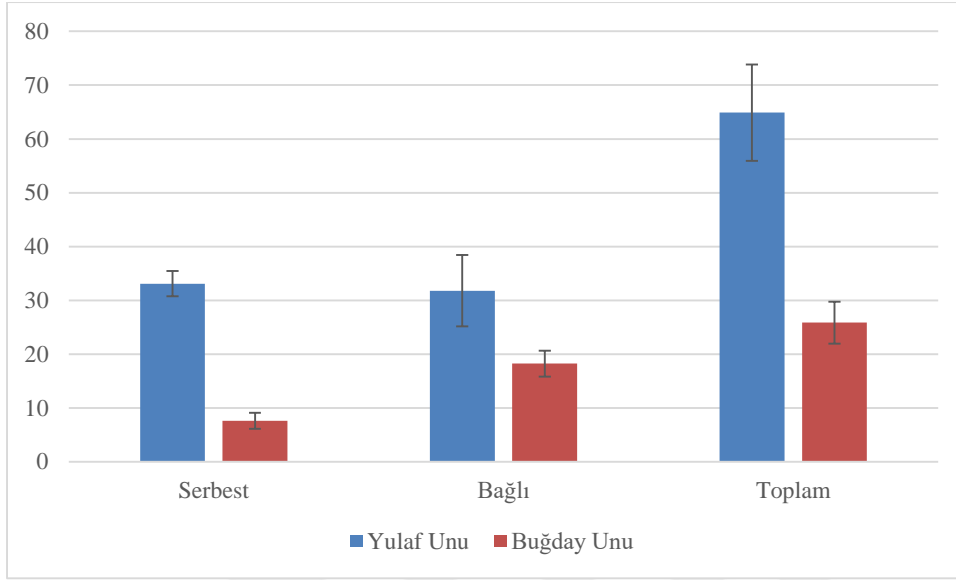
	<b>Yulaf Unu</b>	<b>Buğday Unu</b>
	mg RE/10 g km	mg RE/10 g km
<b>Serbest flavonoidler</b>	33,10±2,33 <sup>a</sup>	7,62±1,48 <sup>b</sup>
<b>Bağlı flavonoidler</b>	31,78±6,63 <sup>a</sup>	18,24±2,41 <sup>b</sup>
<b>Toplam flavonoidler</b>	64,88±8,96 <sup>a</sup>	25,86±3,89 <sup>b</sup>

Değerler 2 ekstraksiyon ve 3 tekrarlı analiz için ortalama ve standart sapma değerleri olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0.05)

Kullanılan hammaddeler için serbest, bağlı ve toplam flavonoid içerikleri Tablo 4.2’de kıyaslanmıştır.

Yapılan bir çalışmada; iki farklı yüzde ile ekmeğe eklenen kinoa ve amarant unlarının ekmekteki antioksidan özelliklerin ve duyuşal değerler üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmaya göre; kinoa ununun amaranta göre (sırasıyla kuru ağırlıkta 92 µg/g ve 65 µg/g) daha iyi bir flavonoid kaynağı olduğu söylenmiştir (Cholpicka, 2012).

Bu çalışmada ise; flavonoid analizi sonucunda yulaf ununda serbest flavonoidler buğday ununa göre 4.5 kat fazla bulunurken, bağlı flavonoid miktarı buğday ununa göre 1.5 kat daha fazladır. Toplam flavonoid içeriği ise yulaf ununda buğday ununa kıyasla yaklaşık 2,5 kat daha fazladır (Şekil 4.4).



**Şekil 4.4:** Hammaddelerin serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşik içerikleri.

Hammaddelere üzerinde yapılan analizler sonucunda üretilecek yulaf ekmeklerinde buğday unununun yulaf unu ile ikamesi sonucu fenolik madde ve flavonoid içeriğinin artması yönünde bulguların elde edilebileceği doğrulanmıştır.

#### 4.1.2 İşlemlerin fenolik ve flavonoid içeriğe etkisi

Serbest, bağlı ve toplam fenolik içerik sonuçları, yulaf ekmeği ve geleneksel beyaz ekmek için, Tablo 4.3’de hem işlemler arasında hem de birbirleri arasında kıyaslanmıştır.

Yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan grafikte, fermentasyon işleminin her iki ekmekte de serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğini farklı oranlarda arttırdığı görülmüştür. Yulaf ekmeği için serbest fenolik bileşiklerin fermentasyon işlemi ile 1,3 kat arttırdığı belirlenmiştir. Daha sonra uygulanan pişirme işlemi sonrasında ise önemli ölçüde azalma görülmüştür. Üretilen yulaf ekmeklerinin her aşamasında bağlı fenolik bileşiklerin serbest fenolik bileşiklere kıyasla önemli ölçüde daha az bulunduğu gözlemlenmiştir. Bağlı fenolik bileşikler de serbest fenolik bileşiklerde olduğu gibi fermentasyon aşamasında bir artış görülürken, pişirme sonrasında düşüş gözlemlenmiştir. Yapılan istatistik analizde ekmek ile işlem arasındaki interaksyonun

önem teşkil ettiği belirlenmiş olup yapılan iki paralel yulaf ekmeğinin birbirinden farksız olduğu, kontrol ekmeğinin ise farklı olduğu bulunmuştur. İşlem etkisinin önemli ölçüde fenolik madde içeriğini etkilediği belirlenmiştir.

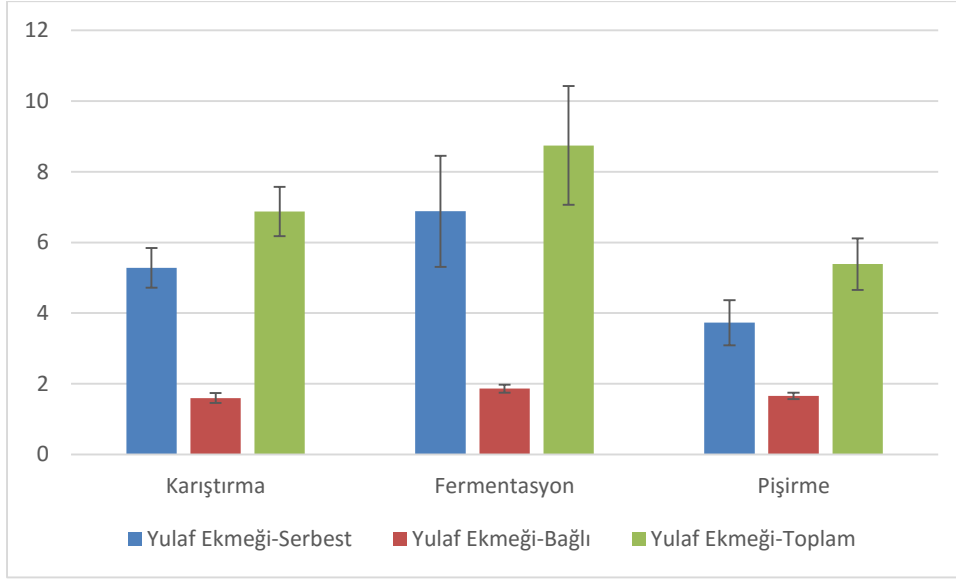
**Tablo 4.3:** Ekmek üretim aşamalarının ekmeklerin serbest, bağlı ve toplam fenolik bileşiklerine etkileri.

	<b>Karıştırma</b>	<b>Fermentasyon</b>	<b>Pişirme</b>
	mg GAE /10 g km	mg GAE /10 g km	mg GAE /10 g km
<b>Yulaf Ekmeği</b>	<b>Serbest fenolik</b>	5,28±0,56 <sup>b</sup>	6,88±1,57 <sup>a</sup>
	<b>Bağlı fenolik</b>	1,60±0,14 <sup>b</sup>	1,86±0,11 <sup>a</sup>
	<b>Toplam fenolik</b>	6,88±0,70 <sup>b</sup>	8,74±1,68 <sup>a</sup>
<b>Buğday unu ekmeği</b>	<b>Serbest fenolik</b>	2,92±0,14 <sup>b</sup>	3,56±0,32 <sup>a</sup>
	<b>Bağlı fenolik</b>	1,56±0,14 <sup>b</sup>	1,95±0,09 <sup>a</sup>
	<b>Toplam fenolik</b>	4,49±0,28 <sup>b</sup>	5,51±0,41 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Değerler iki işlem tekrarı, iki ekstraksiyon tekrarı ve üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama değerler ± standart sapma olarak verilmiştir. Her bir ekmek numunesi kendi içinde aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

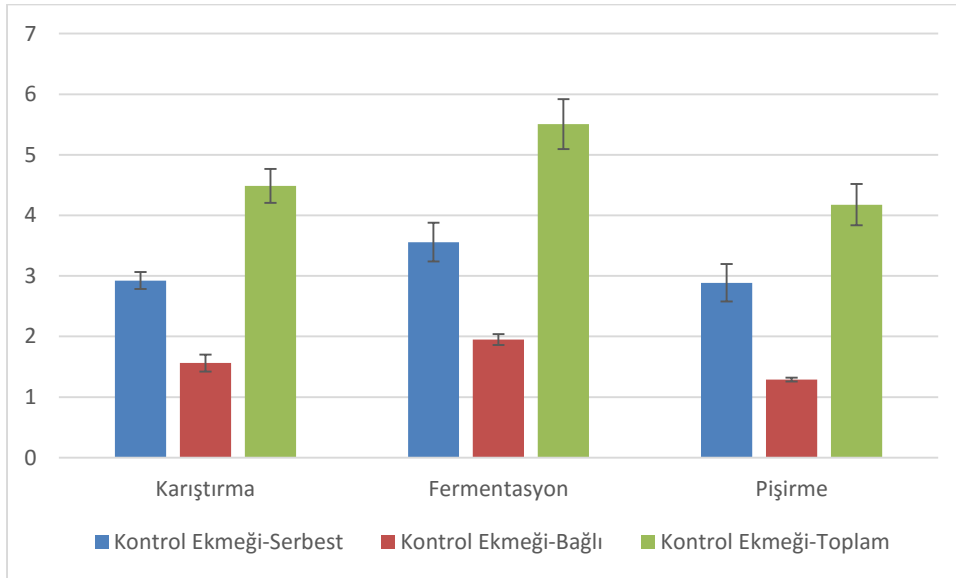
Çavdar unu ekmeği yapım aşamalarında, kepekli un, hamur ve ekmek halindeyken içeriğindeki diyet lifi, fenolik asit ve ferulik asit dehidrodimerleri ve endojen enzimlerin aktivitesindeki değişimleri değerlendiren bir çalışmada; toplam fenolik miktarı ve ferulik asit dehidromerlerinin 1575 µg/g'dan 1472 µg/g'a düştüğü belirlenmiştir. Yapılan toplam fenolik madde içeriği analizlerinde; ferulik asit dehidromerleri işlem görmüş örneklerde una göre çok daha düşük çıkmıştır. Fenolik madde içeriğindeki en büyük düşüş ise ekşi maya yapımı esnasında meydana gelmiştir. Uygulanan bütün işlem basamaklarında fenolik madde içeriği sistematik olarak düşme göstermiştir (Boskov ve diğ., 2002).

Yapılan bu çalışmada ise; yulaf unu ile zenginleştirilmiş ekmeklerde toplam fenolik madde içeriği örnek çalışmanın aksine artış göstermiştir. Yulaf ekmeğindeki toplam fenolik madde içeriği; fermentasyon aşaması sonrasında, 6,88 mg/10 g'dan 8,74 mg/10 g'a yükselmiştir. Fakat pişirme işlemi sonrasında benzer şekilde örnekte düşüş (5,39 mg/10 g) gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.5:** Ekmek üretim basamaklarının yulaf unu içeren ekmeklerin serbest, bağlı ve toplam fenolik madde içeriklerine etkisi.

Yulaf ekmeğinin toplam fenolik madde içeriği kontrol ekmeğinin toplam fenolik madde içeriği ile kıyaslandığında; her aşamada alınan örnekler için yulaf ekmeğinin daha yüksek miktarlarda fenolik bileşik içerdiği tespit edilmiştir. Yulaf ekmeğinde olduğu gibi kontrol ekmeğinde de bağlı fenolik bileşik içeriğinin serbeste kıyaslandığında daha az olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.6:** Ekmek üretim basamaklarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriklerine etkisi.

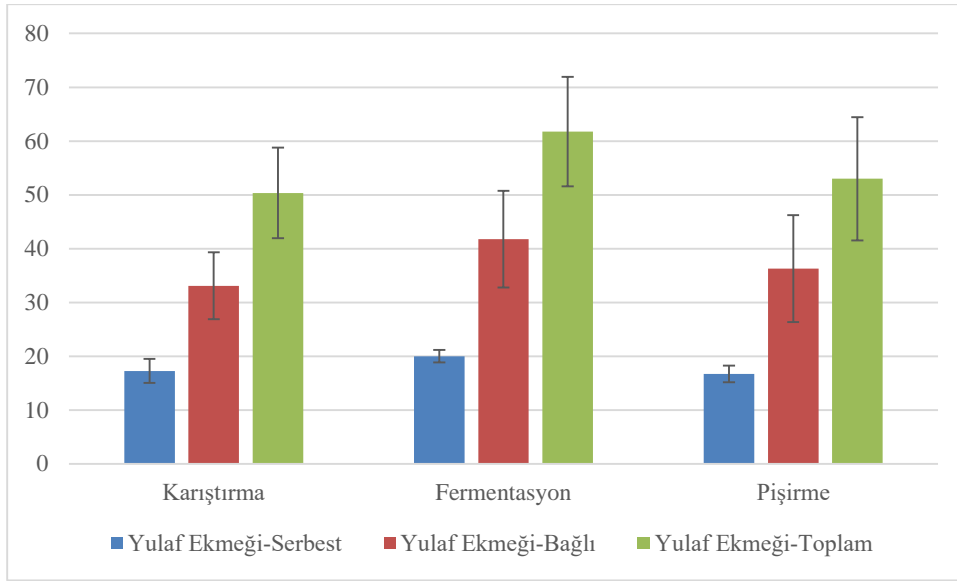
Şekil 4.5'te %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin işlem basamaklarının serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğine etkisi, Şekil 4.6'da ise sadece buğday unu ile üretilen ekmeklerde işlem basamaklarının serbest, bağlı ve toplam fenolik içeriğine etkisi gösterilmiştir. Serbest, bağlı ve toplam flavonoid içerik sonuçları, yulaf ekmeği ve geleneksel beyaz ekmeğin için, Tablo 4.4'de hem işlemler arasında hem de birbirleri arasında kıyaslanmıştır.

**Tablo 4.4:** Ekmeğin üretim basamaklarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest, bağlı ve toplam flavonoid bileşiklerine işlem etkileri.

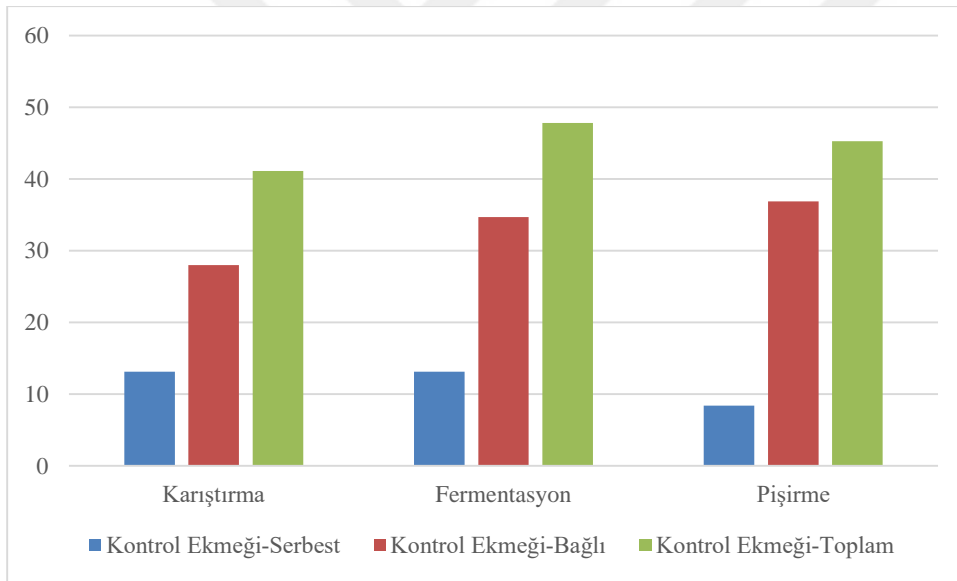
	<b>Karıştırma</b>	<b>Fermentasyon</b>	<b>Pişirme</b>
	mg RE /10 g km	mg RE /10 g km	mg RE /10 g km
<b>Yulaf Ekmeği-Serbest</b>	17,26±2,24 <sup>ab</sup>	20,01±1,18 <sup>a</sup>	16,72±1,53 <sup>c</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Bağlı</b>	33,10±6,21 <sup>c</sup>	41,76±9,00 <sup>a</sup>	36,27±9,93 <sup>ab</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Toplam</b>	50,36±8,44 <sup>b</sup>	61,77±10,18 <sup>a</sup>	52,99±11,47 <sup>b</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Serbest</b>	13,12±2,44 <sup>a</sup>	13,12±0,87 <sup>a</sup>	8,39±1,06 <sup>b</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Bağlı</b>	28,00±0,94 <sup>c</sup>	34,69±3,21 <sup>a</sup>	36,90±6,37 <sup>ab</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Toplam</b>	41,12±3,39 <sup>b</sup>	47,82±4,08 <sup>a</sup>	45,29±7,43 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Değerler iki işlem tekrarı, iki ekstraksiyon tekrarı ve üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama değerler ± standart sapma olarak verilmiştir. Her bir ekmeğin numunesi kendi içinde aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).

Toplam flavonoid içeriği, her ekmeğin ve her aşama için fenolik miktarına göre daha yüksek çıkmıştır. Burada fenolik içeriğe zıt olarak, bağlı flavonoid miktarı serbeste göre her iki ekmeğin için de yüksek çıkmıştır. İşlemler yulaf ekmeği için kendi içinde kıyaslandığında, fermentasyon işleminin serbest, bağlı ve toplam flavonoid miktarını pozitif yönde etkilediği görülmüştür. Yapılan istatistik analiz sonucunda, ekmeğin ile işlem arasındaki interaksiyonun önem teşkil ettiği belirlenmiş olup yapılan iki paralel yulaf ekmeğinin birbirinden farksız olduğu kontrol ekmeğinin ise farklı olduğu bulunmuştur. İşlem etkisinin önemli ölçüde flavonoid içeriğini etkilediği belirlenmiştir.



**Şekil 4.7:** Ekmek üretim basamaklarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriklerine etkisi.



**Şekil 4.8:** Ekmek üretim basamaklarının buğday unu ile üretilen ekmeğin serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriklerine etkisi.

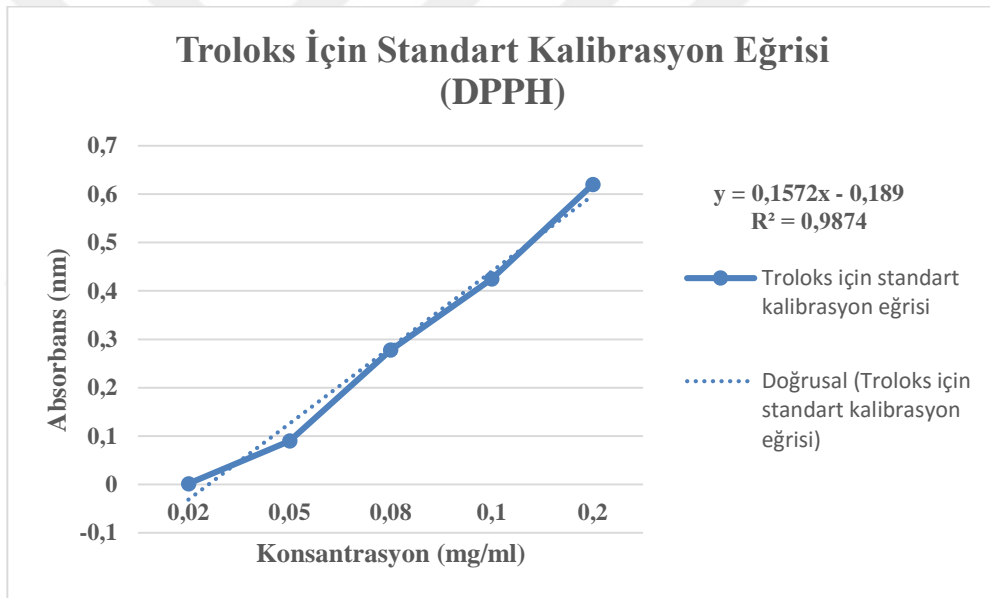
Şekil 4.7’de %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin işlem basamaklarının serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriğine etkisi, Şekil 4.8’de ise sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin işlem basamaklarının serbest, bağlı ve toplam flavonoid içeriğine etkisi gösterilmiştir.

Soya unu ile üretilen ekmekte; flavonoid içeriğinin ekmek yapım aşamaları esnasında değiştiği fakat degradasyona uğramadığı söylenmiştir (Zhang ve diğ., 2015). Güncel çalışmada ise; toplam flavonoid miktarı, fermentasyon ile artış gösterirken, pişirme

aşaması sonrasında azalmıştır. Pişirme sonrasında azalması açısından soya unu ile elde edilen ekmek ile yapılan çalışmaya benzerlik göstermiştir. Pişme esnasında flavonoid miktarında yaşanan azalmanın muhtemel sebebinin ise; termal bozulma veya geri dönüşü olmayan bir şekilde diğer ekmek bileşenlerine bağlanması olduğu düşünülmektedir.

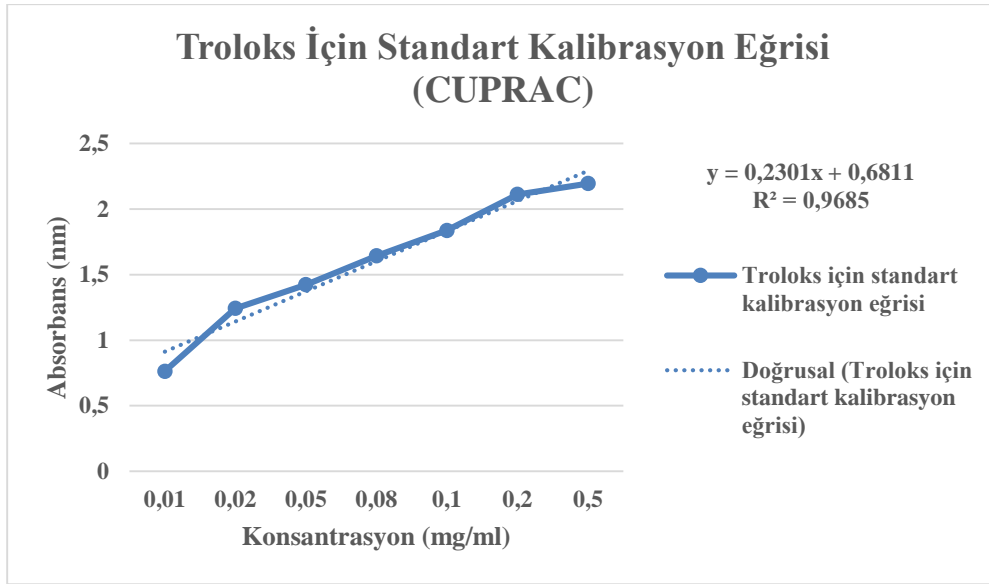
#### 4.2 Antioksidan Aktivitesi Analizleri (DPPH ve CUPRAC)

Şekil 4.9’da gösterildiği gibi DPPH metodu ile antioksidan aktivitesi hesaplanması için standart kalibrasyon eğrisi Troloks ile oluşturulmuştur. Her örnek için antioksidan aktivitesi mg TE/10 g km olarak ifade edilmiştir. Standart kalibrasyon eğrisi 0,02-0,2 mg/ml arasında oluşturulmuş olup çıkan denklem örneklerin spektrofotometre ile ölçülen absorbans değerlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.



**Şekil 4.9:** DPPH metodu için oluşturulan Troloks standart kalibrasyon eğrisi.

Şekil 4.10’da gösterildiği gibi CUPRAC metodu ile antioksidan aktivitesi hesaplanması için standart kalibrasyon eğrisi Troloks ile oluşturuldu. Her örnek için antioksidan aktivitesi mg TE/10 g km olarak ifade edilmiştir. Standart kalibrasyon eğrisi 0,01-0,5 mg/ml arasında oluşturulmuş olup çıkan denklem örneklerin spektrofotometre ile ölçülen absorbans değerlerini değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır.



**Şekil 4.10:** CUPRAC metodu için oluşturulan Troloks standart kalibrasyon eğrisi.

#### 4.2.1 Hammaddelerin antioksidan aktivitesi

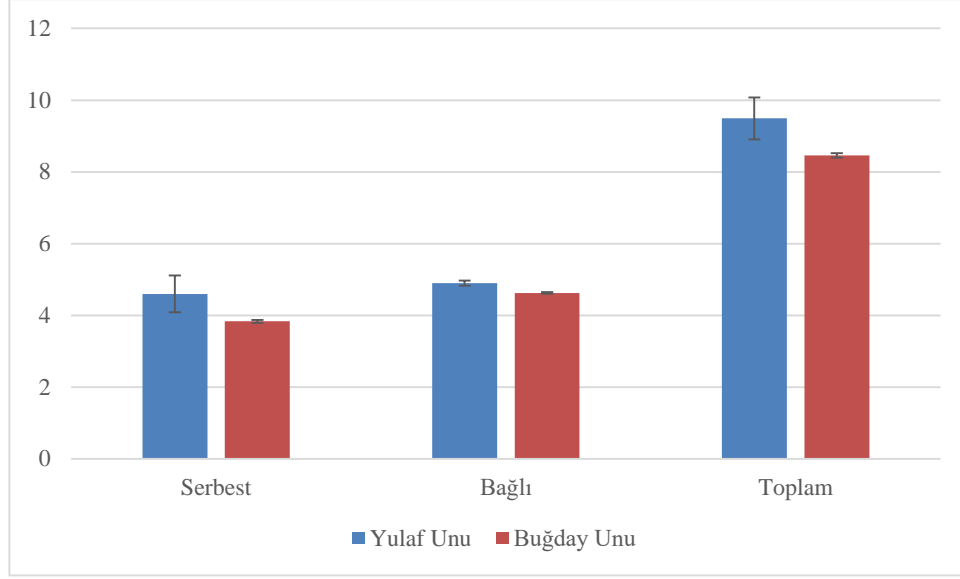
Ekmek yapımında kullanılan iki ana hammaddenin sahip olduğu serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi DPPH metodu ile Tablo 4.5'te kıyaslanmıştır. Yulaf unu ve buğday ununun serbest ve bağlı fraksiyonlardaki ve toplam antioksidan aktivitesi neredeyse eşit çıkmıştır. Bunun sebebinin, buğday ununa oksidan madde olarak eklenen C vitaminin sebep olabileceği düşünülmüştür. Şekil 4.11'de ekmek yapımları için kullanılan hammaddelerin DPPH metodu ile ölçülen antioksidan aktivitesi gösterilmiştir.

**Tablo 4.5:** Kullanılan unların DPPH metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi.

DPPH	Yulaf Unu	Buğday Unu
	mg TE/10 g km	mg TE /10 g km
<b>Serbest fraksiyon AA</b>	4,60 ±0,51 <sup>a</sup>	3,83 ±0,04 <sup>b</sup>
<b>Bağlı fraksiyon AA</b>	4,90 ±0,07 <sup>a</sup>	4,63 ±0,02 <sup>b</sup>
<b>Toplam AA</b>	9,49 ±0,58 <sup>a</sup>	8,46 ±0,06 <sup>b</sup>

Değerler 2 ekstraksiyon ve 3 tekrarlı analizlerin ortalama ve standart sapma değerleri olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır ( $p < 0,05$ )





**Şekil 4.11:** Hammaddelerin DPPH metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlardaki ve toplam antioksidan aktivitesi.

Ekmek yapımında kullanılan iki ana hammaddenin sahip olduğu serbest, bağlı fraksiyonlardaki ve toplam antioksidan aktivitesi CUPRAC metodu ile Tablo 4.6’te kıyaslanmıştır.

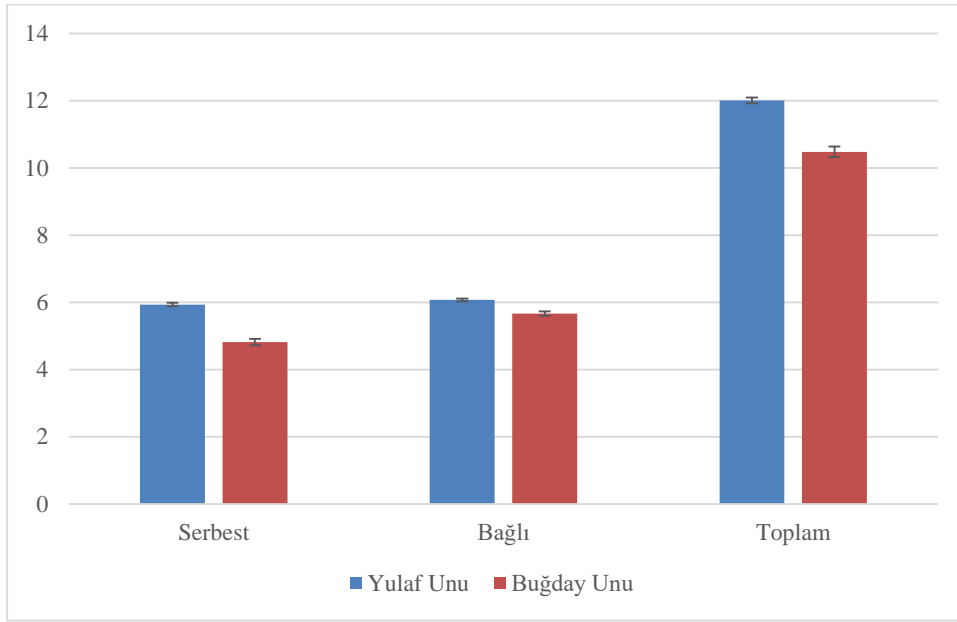
Her iki un için de bağlı fraksiyondaki antioksidan aktivitesi daha yüksek çıkmakla birlikte yulaf ununun toplam antioksidan aktivitesi buğday ununa göre yüksek çıkmıştır. Toplam antioksidan aktiviteleri kıyaslandığında ise yulaf ununun buğday ununa göre daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu görülmüştür.

Yapılan bir çalışmada buğday unundan ekmek üretilmiş olup hiçbir işlem görmemiş hammadde, buğday ununun, antioksidan aktivitesi incelendiğinde kuru maddede %28.0 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada, güncel çalışmanın aksine farklı bir metot kullanılmıştır. Çıkan sonuçlardaki farklılık muhtemelen uygulanan metotların farklılığından kaynaklanmaktadır. Örnek çalışmada  $\beta$ -karoten linoleat sistemi kullanılırken bu çalışmada CUPRAC ve DPPH metodları kullanılmıştır (Han ve diğ., 2010).

**Tablo 4.6:** Kullanılan unların CUPRAC metodu ile serbest, bağı ve toplam antioksidan aktivitesi.

CUPRAC	Yulaf Unu	Buğday Unu
	mg TE /10 g km	mg TE / 10 g km
<b>Serbest fraksiyon AA</b>	5,94 ±0,05 <sup>a</sup>	4,82 ±0,10 <sup>b</sup>
<b>Bağı fraksiyon AA</b>	6,08 ±0,04 <sup>a</sup>	5,67 ±0,07 <sup>b</sup>
<b>Toplam AA</b>	12,01 ±0,09 <sup>a</sup>	10,48 ±0,16 <sup>b</sup>

Değerler 2 ekstraksiyon ve 3 tekrarlı analizin ortalama ve standart sapma değerleri olarak verilmiştir. Aynı sütunda farklı harfler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p<0.05)



**Şekil 4.12:** Hammaddelerin CUPRAC metodu ile serbest, bağı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi.

Şekil 4.12’de ekmek yapımları için kullanılan hammaddelerin CUPRAC metodu ile ölçülen antioksidan aktivitesi gösterilmiştir. Yapılan her iki deney sonunda da buğday ununa muhtemelen eklenen katkı maddesi (C vitamini) nedeniyle buğday unu ile üretilen ekmeğin antioksidan aktivitesinin kaynağı yorumlanamamıştır.

#### 4.2.2 İşlemlerin antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

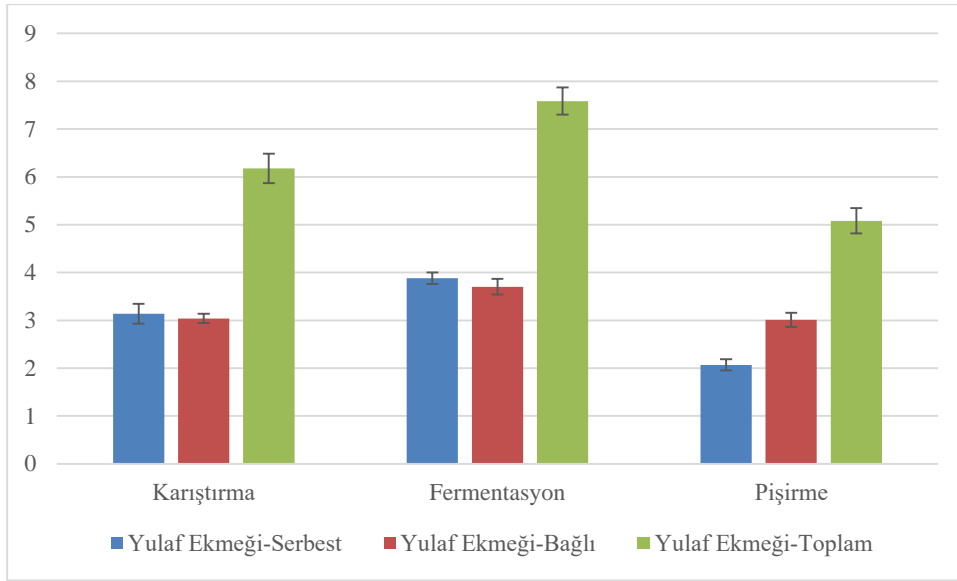
Serbest ve bağı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivites DPPH metodu sonuçları, yulaf ekmeği ve geleneksel beyaz ekmek için, Tablo 4.7’de işlemler arasında kıyaslanmıştır. Fermentasyon işleminin her iki ekmek ve her çeşit ekstrakt için antioksidan aktiviteyi artırıcı özellikte olduğu görülmüştür. Yulaf ekmeği için serbest ve bağı fraksiyonlardaki antioksidan aktivite arasında önemli bir fark görülmemekle birlikte, sadece buğday ekmeği ile üretilen geleneksel buğday

ekmeğinde bağılı fraksiyondaki antioksidan aktivite serbest fraksiyona göre daha yüksektir. Serbest fraksiyondaki fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi ısıya karşı bağılı fraksiyondakilerden daha hassas olduğu belirlenmiştir. İstatistik analiz sonucunda Cuprac analizinde; ekmeğin çeşidi ve işlemin çıkan sonuçlarda önem teşkil ettiği ve iki faktörün aralarındaki interaksiyonun da önemli olduğuna kanaat getirilmiştir. İki yulaf ekmeği paraleli arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli çıkmamıştır. Yulaf ekmeği ve kontrol ekmeği arasındaki fark önemli çıkmamıştır.

**Tablo 4.7:** Ekmeğin üretim basamaklarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeğin DPPH metodu ile serbest, bağılı fraksiyonlarda ve toplamda antioksidan aktivite üzerine etkileri.

DPPH	Karıştırma	Fermentasyon	Pişirme
	mg TE/10 g km	mg TE / 10 g km	mg TE /10 g km
<b>Yulaf Ekmeği-Serbest fraksiyon AA</b>	3,14 ±0,21 <sup>b</sup>	3,88 ±0,12 <sup>a</sup>	2,07 ±0,12 <sup>c</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Bağılı fraksiyon AA</b>	3,04 ±0,10 <sup>b</sup>	3,70 ±0,16 <sup>a</sup>	3,01 ±0,15 <sup>b</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Toplam AA</b>	6,18 ±0,31 <sup>b</sup>	7,59 ±0,28 <sup>a</sup>	5,08 ±0,27 <sup>c</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Serbest fraksiyon AA</b>	3,10 ±0,21 <sup>b</sup>	3,82 ±0,22 <sup>a</sup>	2,19 ±0,36 <sup>c</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Bağılı fraksiyon AA</b>	4,54 ±0,06 <sup>b</sup>	5,05 ±0,12 <sup>a</sup>	4,58 ±0,07 <sup>b</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Toplam AA</b>	7,64 ±0,28 <sup>b</sup>	8,87 ±0,34 <sup>a</sup>	6,76 ±0,43 <sup>c</sup>

\*Değerler iki işlem tekrarı, iki ekstraksiyon tekrarı ve üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama değerler ± standart sapma olarak verilmiştir. Her bir ekmeğin numunesi kendi içinde aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).



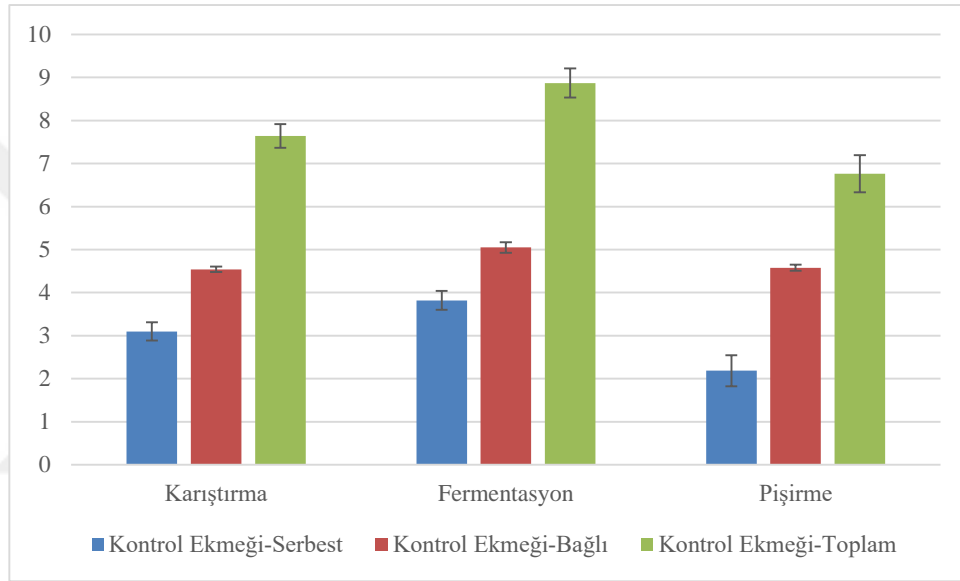
**Şekil 4.13:** Ekmek üretim basamaklarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin işlem basamaklarında DPPH metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplamda antioksidan aktivitesi.

Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin ve geleneksel buğday ekmeği yapım aşamalarının antioksidan aktivitesine etkisinin DPPH metodu ile elde edilen sonuçları gösterilmiştir. Görüldüğü üzere her fraksiyondaki (serbest, bağlı ve toplam) antioksidan aktivite kendi içinde fermentasyon ile artarken, pişirme ile azalma göstermiştir. Fermentasyon işleminin antioksidan aktiviteyi destekler bir etki ettiği görülmüştür. Daha önce yapılan bir çok çalışmadan da raporlandığı gibi pişirme işlemi antioksidan aktivite üzerine negatif etki göstermiştir. DPPH metodu ile elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için uygulanan istatistik analiz sonucuna göre; ekmek çeşidi arasındaki farklılık önemsiz işlem ise önemlidir.

Han ve diğ., tarafından yapılan çalışmada; iki aşamalı karıştırma işlemi uygulanmıştır. Birinci karıştırma işleminde antioksidan aktivitesi %16,9 ile ifade edilirken koşulları ağırlaştırarak uygulanan karıştırma işlemi sonrasında antioksidan aktivitesi %13,9'a düşmüştür. Her ikisi de kullanılan hammaddenin başlangıçta sergilediği antioksidan aktivitesine (%28) göre az olmakla birlikte, karıştırma koşulları ağırlaştıkça azalan antioksidan aktivitesi yüksek hızda uygulanan karıştırma işleminin glutendeki disülfid bağlarını kırarak tiyol serbest radikaller oluşturması ile açıklanmıştır. Bu durum; ferulik, fumarik asit ve serbest radikal temizleyicilerinin karıştırma esnasında hamurdaki yıkımı hızlandırması ile desteklenebilir. Çok fazla karıştırılan hamur; fenolik asitlerin tiyol serbest radikalleri ile daha fazla interaksiyona girmesi ile

optimum koşullarda karıştırılan hamura göre daha düşük antioksidan aktivite sergilemiştir. Fermentasyon işlemi ile hamurdaki toplam antioksidan aktivite %26,3'e çıkmıştır. Bu artış; antioksidanların bağlarının fermentasyon ile hidrolize olarak serbest radikalleri temizleyecek olan antioksidanları ortaya çıkarmasından kaynaklanıyor olabilir. Ekmek pişirme aşamasında ise fermente hamura göre çok az bir miktar antioksidan aktivitede artış sağlamıştır (Han ve diğ., 2010).

Yapılan başka bir çalışmada; bağlı antioksidanların filizlendirme işlemi sonucunda ortaya çıktığı ve serbest radikal temizlenmesinde artışa neden olduğu söylenmiştir (Purnuma ve diğ., 2005).



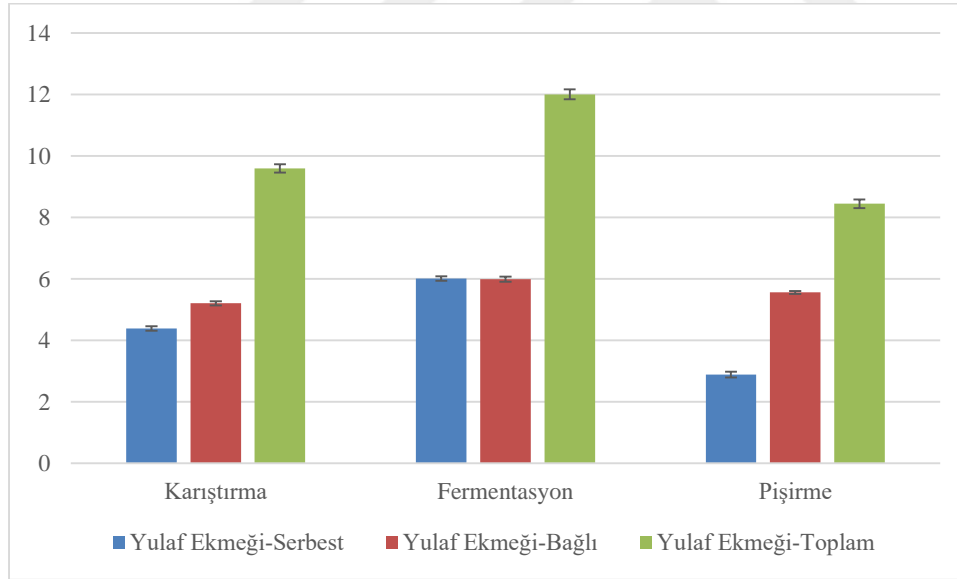
**Şekil 4.14:** Ekmek üretim basamaklarının buğday unu ile üretilen ekmeğin DPPH metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi.

Serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitesi CUPRAC metodu sonuçları, yulaf ekmeği ve geleneksel beyaz ekmeğin için, Tablo 4.8'de işlemler arasında kıyaslanmıştır. Serbest fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi yulaf unu içeren ekmekte fermentasyon işlemi ile yaklaşık 1,5 kat artarken pişirme işlemi sonrasında 3 kat azalmıştır. Yulaf ekmeğinde bulunan bağlı fenolik bileşiklerin sergilediği antioksidan aktivite, serbest fraksiyondaki kadar değişkenlik göstermemekle birlikte fermentasyon sonrasında bir miktar artış göstermiştir. Yine bu deney içinde, DPPH ile aynı özelliği araştırması dolayısıyla, geleneksel yöntem ile üretilen buğday ekmeğinin antioksidan aktivitesi her aşamada beklenenin üstünde seyretmektedir. Yulaf ekmeğinin antioksidan aktivitesine çok yakın olmakla birlikte burada da bunun sebebinin yine ekmeğe muhtemelen eklenen katkı maddesi (C vitamini) olduğu kanaatine varılmıştır.

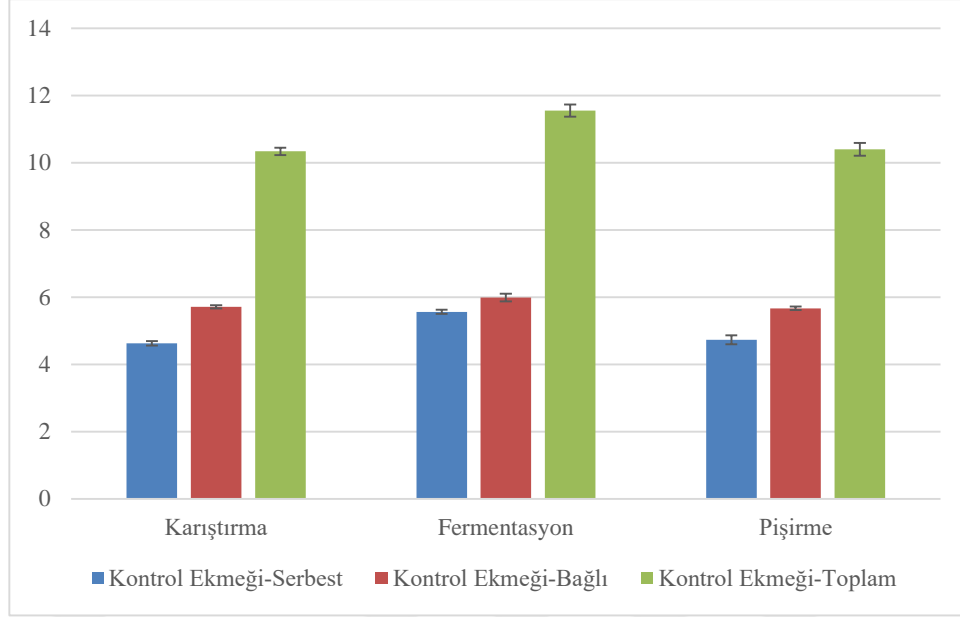
**Tablo 4.8:** Ekmek üretim basamaklarının %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi üzerine işlem etkileri.

CUPRAC	Karıştırma	Fermentasyon	Piştirme
	mg TE /10 g km	mg TE /10 g km	mg TE/10 g km
<b>Yulaf Ekmeği-Serbest fraksiyon AA</b>	4,39 ±0,07 <sup>b</sup>	6,02 ±0,07 <sup>a</sup>	2,89 ±0,09 <sup>c</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Bağlı fraksiyon AA</b>	5,21 ±0,07 <sup>c</sup>	5,99 ±0,08 <sup>a</sup>	5,56 ±0,05 <sup>b</sup>
<b>Yulaf Ekmeği-Toplam AA</b>	9,59 ±0,14 <sup>b</sup>	12,00 ±0,16 <sup>a</sup>	8,45 ±0,14 <sup>c</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Serbest fraksiyon AA</b>	4,63 ±0,07 <sup>b</sup>	5,57 ±0,06 <sup>a</sup>	4,73 ±0,13 <sup>c</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Bağlı fraksiyon AA</b>	5,72 ±0,05 <sup>b</sup>	5,99 ±0,12 <sup>a</sup>	5,67 ±0,05 <sup>c</sup>
<b>Kontrol Ekmeği-Toplam AA</b>	10,34 ±0,11 <sup>b</sup>	11,56 ±0,18 <sup>a</sup>	10,40 ±0,19 <sup>c</sup>

\*Değerler iki işlem tekrarı, iki ekstraksiyon tekrarı ve üç tekrarlı analiz sonuçlarına ait ortalama değerler ± standart sapma olarak verilmiştir. Her bir ekmek numunesi kendi içinde aynı satır içerisinde farklı harflerle gösterilen değerler birbirlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklıdır (p < 0,05).



**Şekil 4.15:** Ekmek üretim basamaklarının %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin işlem basamaklarında CUPRAC metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi.



**Şekil4.16:** Ekmek üretim basamaklarının sadece buğday unu ile üretilen ekmeğin CUPRAC metodu ile serbest, bağlı fraksiyonlarda ve toplam antioksidan aktivitesi.

Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’te %40 yulaf unu ile üretilen ekmeğin ve geleneksel buğday ekmeği yapım aşamalarının antioksidan aktivitesine etkisinin CUPRAC metodu ile elde edilen sonuçları gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara uygulanan istatistik analiz sonunda ekmeğin çeşidi ve işlem etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir.

### 4.3. Fenolik Madde Profili Analizi (HPLC)

#### 4.3.1 Hammaddelerin fenolik madde profili

Tahıl taneleri fenolik asit, saponinleri, fitoöstrojenler ve flavonidleri içermektedir. En ulaşılabilir ana serbest fenolik asitler ise; ferulik, vanilik ve p-kumarik asitten oluşmaktadır (Sivam ve diğ., 2010).

Keten tohumu içeren ekmeklerdeki fenolik glukozidleri inceleyen bir araştırmada; 3 ana fenolik glukozid araştırılmıştır. Bunlar; sekoizolarisirezanol diglukozid (SDG), p-kumarik asit glukozid ve ferulik asit glukozididir. Toplam glukozid içeriği kuru maddede 15 ile 157 mg /100 g arasında değişiklik göstermiştir. SDG keten tohumu içeren ekmeklerde %62 oranıyla en baskın fenolik glukozid iken, onu %20 ile p-kumarik asit glukozid ve %18 ile ferulik asit glukozid takip etmektedir. Keten tohumu ekmeklerinde bulunan ana fenolik glukozid örnekler arasında 7,6 ile 105 mg /100 g arasında seyretmektedir. SDG ile kıyaslandığında p-kumarik ve ferulik asit glukozidlerin, daha az ulaşılır olduğu söylenmiştir. SDG ile hidrokisisamik asit

türevleri ve p-kumarik asit glukozidi ve ferulik asit glukozidi arasında güçlü korelasyon elde edilmiştir. Bu elde edilen korelasyon, ekmek yapımında kullanılan malzemelerin ve ekmek yapım koşullarının fenolik glukozidleri üzerinde sadece küçük bir miktar etkisi olduğunu göstermektedir (Strandas ve diğ., 2008).

Çin’de yapılan bir çalışmada kullanılan 9 farklı yulaf tanesi ve 4 yulaf kepeğinde fenolik asit profili incelendiğinde, toplam fenolik asit miktarının kuru ağırlıkta 35,65 ile 143,52 µg/g arasında değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Kuru ağırlıkta; gallik asit miktarının 14,39 ile 70,45 µg/g, p-hidroksibenzoik asit miktarının 6,76 ile 37,48 µg/g, vanilik asit miktarının 3,65 ile 42,75 µg/g, kafeik asit miktarının 0,95 ile 7,02 µg/g, ferulik asit miktarının 1,43 ile 18,98 µg/g arasında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu değişkenliğin sebebinin de yulaf çeşitlerinin farklı koşullarda yetiştirilmesi olarak açıklanmıştır (Chen, 2018).

Hammadde olarak kullanılan yulaf ve buğday ununun, serbest ve bağlı fenolik profil sonuçları Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da gösterilmiştir. Yapılan çalışmada; yulaf ununda en yüksek miktarda serbest halde bulunan fenolik asit gallik asit (34,46 mg/g) iken en düşük miktarda serbest halde bulunan fenolik asit kafeik asit (4,38 mg/g) olarak belirlenmiştir.

Buğday ununda tespit edilen fenolik bileşiklerden sadece şiringik asit yulaf unu ile kıyaslandığında daha yüksek miktarda görülmüştür. Buğday ununun fenolik madde profili incelendiğinde kafeik asidin oldukça düşük miktarlarda olduğu görülmüştür. Bağlı fenolik bileşik profili incelendiğinde ise; yulaf ununda en yüksek miktarda bulunan fenolik madde rutin (23,87 mg/g) olarak belirlenmiştir. Buğday unun bağlı fenolik madde profili incelendiğinde serbest fenolik madde profilinde olduğu gibi p-kumarik, vanilik, t-sinamik, p-hidroksibenzoik asit ve rutine rastlanmamıştır. Bağlı fenolik profilinde her iki un içinde kafeik asit (yulaf ununda 0,57 mg/g, buğday ununda 0,46 mg/g) miktarı oldukça düşük gözlemlenmiştir. Serbest ve bağlı fenolik profilleri incelendiğinde yulaf ununda literatürde adı geçen avenantramidlerin, yulaf unu içeriğinde hem bağlı hem de serbest formlarda avenantramidlerin var olduğu düşünülmektedir. Hiteyazu ve diğ.’nin yaptığı çalışmada da bahsettiği gibi avenantramidler 280 nm’de 25 ile daha sonrasındaki alıkonma sürelerinde görülürler (Hitayezu ve diğ., 2015). Yulaf içerisinde en baskın olarak görünen bileşikler olmakla birlikte oluşturdukları pikler oldukça büyük alana sahiptir. Güncel çalışmadaki örneklerde de 280 nm’de yulaf unun sergilediği pikler incelendiğinde en büyük alana sahip olan piklerin avenantramid olduğu düşünülmektedir. Ancak bu maddeye ait



kalibrasyon eğrisi olmadığından miktar tayini yapılamamıştır. Buna karşılık olarak; buğday ununda 280 nm’de avenantramidlere rastlanmamıştır. HPLC kromatogramları Ek C’de sunulmuştur.

#### 4.3.2 İşlemlerin fenolik profil üzerine etkisi

Yulaf unu içerikli ekmek ve sadece buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin ekmek yapım aşamalarındaki serbest ve bağlı fenolik profil analiz sonuçları Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de gösterilmiştir. Bu tabloya göre; yulaf unu içeren hamurda karıştırma aşamasında en çok görülen serbest fenolik asit gallik asit (99,64 mg/g) olarak belirlenmiştir. Fermentasyon aşaması ile bu miktar yaklaşık 5,5 katına çıkmış ve daha sonra pişirme aşamasında uygulanan sıcaklık ile 22 kat azalmıştır. Buğday ekmeği karıştırma aşamasında ise serbest halde bulunan gallik asidin yulaf ekmeğine göre oldukça düşük olduğu görülmüştür. Yulaf ekmeğinde; fermentasyon aşaması ile 10 kat artarak en çok artışı gösteren serbest haldeki fenolik asit ferulik asit olarak belirlenmiştir. Yulaf ekmeğinde; değerlendirilen fenolik asitler arasında en düşük miktarda bulunan serbest fenolik asidin kafeik asit (1,48 mg/g) olduğu belirlenmiştir. Her üç aşamada da yulaf ekmeğinde avenantramidlere rastlanırken, buğday ekmeğinde avenantramid bulunmamıştır. Buğday ekmeğinde, buğday ununda da görülmeyen p-kumarik, vanilik, t-snamik, p-hidroksibenzoik asit ve rutine rastlanmamıştır. Buğday ununda; değerlendirilen fenolik asitler arasından şiringik (7,8 mg/g) en yüksek miktarda görülmekle birlikte en yüksek artış oranı yaklaşık 2,5 kat artarak şiringik asitte karıştırma ve fermentasyon aşamaları arasında yaşanmıştır.

Bağlı fenolik asit profili incelendiğinde ise; yulaf ununda karıştırma aşamasında en yüksek miktarda bulunan bağlı fenolik asit, ferulik asit olarak belirlenmiştir. Yulaf ununda t-sinamik asidin bağlı formda bulunmadığı tespit edilirken en düşük miktarda yine kafeik asidin var olduğu belirlenmiştir. Literatür ile paralel olarak fermentasyon işlemi bağlı fenolik asit profilinde artış meydana getirirken en yüksek artışı 2,5 kat artan rutin ve p-kumarik asit sergilemiştir. Pişirme aşaması, p-hidroksibenzoik asit, kafeik asit, vanilik asitte (8 kat artış) artış meydana getirmiştir. Buğday ekmeğinin bağlı fenolik asit profili incelendiğinde ise; serbest fenolik asit profilinde olduğu gibi p-kumarik, vanilik, t-sinamik, p-hidroksi benzoik asit ve rutine rastlanmamıştır. Değerlendirilen bağlı fenolik asitler arasında, buğday ekmeğinde karıştırma aşamasında en yüksek miktarda görülen fenolik asidin gallik asit olduğu belirlenmiştir. Hitayezu ve diğ.’nin araştırmasında bahsettiği üzere yulaf ekmeklerinde hem serbest

hem de bağı formlarda avenantramid varlığı incelendiğinde, 280 nm’de bahsedilen alikonma zamanlarında avenantramidlerinin var olduğu düşünülmektedir ([Hitayezu ve diğ., 2015](#)). Avenantramidlerin miktarı standart kalibrasyon eğrisi olmadığı için belirlenememiştir.

Buğday ekmeği yapım aşamalarında (karıştırma, fazla karıştırma, fermentasyon, pişirme) fenolik asit profil değişimlerini inceleyen bir çalışmada; kafeik asit miktarının istatistiksel olarak önemli derecede değişim göstermediği fakat rakamsal olarak fermentasyon ve pişirme aşamalarında arttığı gözlemlenmiştir. Ferulik asidin, normal karıştırma ve fazla miktarda karıştırma aşamaları arasında önemli derecede değişim göstermediği söylenirken, fermentasyon aşamasında ciddi bir artış gözlemlenmiştir. Gallik asit miktarında, normal ve fazla karıştırma arasında önemli derecede bir fark gözlenmemiş olup fermentasyon aşamasına geçerken çok az miktarda bir artış gözlemlenmiştir. Pişirme aşaması sonrasında ise önemli derecede gallik asit miktarında düşüş görüldüğü belirtilmiştir. Şiringik asit için ise; fermentasyon aşamasında önemli bir artış ve pişirme aşamasında çok az miktarda azalma gözlemlendiği söylenmiştir ([Han, 2011](#)).

**Tablo 4.9:** Hammadde olarak kullanılan yulaf ve buğday ununun serbest fenolik madde içerikleri

Un Çeşidi	Ferulik Asit (mg/g)	Gallik Asit (mg/g)	Kafeik Asit (mg/g)	P-Kumarik Asit (mg/g)	Vanilik Asit (mg/g)	T-Sinamik Asit (mg/g)	Rutin (mg/g)	P-Hidroksibenzoik Asit(mg/g)	Şiringik (mg/g)	Avenanthramid
Yulaf Unu	14,87±0,49	34,46±0,28	4,38±0,22	27,67±0,19	10,39±0,47	18,02±0,60	11,28±0,77	9,61±0,05	15,34±0,05	Var
Buğday Unu	7,73±0,33	2,42±0,19	0,37±0,02	-	-	-	-	-	21,31±0,05	Yok

**Tablo 4.10:** Hammadde olarak kullanılan yulaf ve buğday ununun bağlı fenolik madde içerikleri

Un Çeşidi	Ferulik Asit (mg/g)	Gallik Asit (mg/g)	Kafeik Asit (mg/g)	P-Kumarik Asit (mg/g)	Vanilik Asit (mg/g)	T-Sinamik Asit (mg/g)	Rutin (mg/g)	P-Hidroksibenzoik Asit (mg/g)	Şiringik (mg/g)	Av.
Yulaf Unu	16,54±0,87	6,69±0,04	0,57±0,007	16,09±0,08	29,14±0,09	-	23,87±2,36	14,88±0,10	45,93±0,19	Var
Buğday Unu	1,24±0,10	5,15±0,12	0,46±0,003	-	-	-	-	-	2,59±0,06	Yok

**Tablo 4.11:** Ekmek üretim aşamalarında %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin serbest fenolik madde içerikleri

Ekmek Çeşidi	İşlem	Ferulik Asit (mg/g)	Gallik Asit (mg/g)	Kafeik Asit (mg/g)	P-Kumarik Asit (mg/g)	Vanilik Asit (mg/g)	T-Sinamik Asit (mg/g)	Rutin (mg/g)	P-Hidroksibenzoik Asit(mg/g)	Şiringik (mg/g)	Av.
Yulaf Ekmeği	Karıştırma	1,74±0,11	99,64±2,46	1,48±0,08	16,97±0,29	9,59±0,26	5,57±0,31	7,67±0,25	6,47±0,24	4,52±0,13	Var
	Fermentasyon	19,06±2,61	550,59±25,72	9,66±0,12	23,71±0,19	10,60±0,41	6,32±0,06	8,96±0,20	8,99±0,11	17,56±0,49	Var
	Piştirime	4,35±0,29	25±1,32	0,35±0,05	3,12±0,08	7,76±0,17	1,07±0,03	0,61±0,07	5,45±0,16	14,68±0,08	Var
Buğday Ekmeği	Karıştırma	2,79±0,19	3,55±0,10	2,11±0,08	-	-	-	-	-	7,80±0,18	Yok
	Fermentasyon	1,94±0,16	5,18±0,14	0,29±0,02	-	-	-	-	-	22,44±0,26	Yok
	Piştirime	1,18±0,08	3,44±0,12	0,64±0,02	-	-	-	-	-	12,63±0,12	Yok

**Tablo 4.12:** Ekmek üretim aşamalarında %40 yulaf unu ve sadece buğday unu içeren ekmeklerin bağlı fenolik madde içerikleri

Ekmek Çeşidi	İşlem	Ferulik Asit (mg/g)	Gallik Asit (mg/g)	Kafeik Asit (mg/g)	P-Kumarik Asit (mg/g)	Vanilik Asit (mg/g)	Rutin (mg/g)	P-Hidroksibenzoik Asit (mg/g)	Şiringik (mg/g)	Av.
Yulaf Ekmeği	Karıştırma	22,60±0,51	15,65±0,05	0,18±0,004	8,57±0,07	1,54±0,05	14,03±0,12	19,73±0,09	11,06±0,18	Var
	Fermentasyon	23,33±0,31	18,10±0,41	0,25±0,01	29,76±0,11	2,96±0,05	34,83±0,14	14,50±0,09	49,39±0,06	Var
	Piştirime	1,32±0,11	4,54±0,10	0,39±0,003	28,95±0,09	26,35±0,34	11,41±0,17	26,42±0,09	46,46±0,07	Var
Buğday Ekmeği	Karıştırma	1,21±0,07	2,48±0,08	2,09±0,009	-	-	-	-	1,78±0,05	Yok
	Fermentasyon	25,19±1,08	2,96±0,05	2,10±0,004	-	-	-	-	3,59±0,06	Yok
	Piştirime	2,20±0,11	4,06±0,06	0,61±0,007	-	-	-	-	3,35±0,05	Yok

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmanın çıkış noktası fırıncılık sektörüne fonksiyonel bir ürün önerisinde bulunarak fenolik bileşik içeriği ve antioksidan aktivitesi artırılmış ulaşılabilir gıdaların sayısını arttırmaktır. Tüketicilere kabul edilebilir kalitede bir yulaf ekmeği önerisinde bulunmak adına yulaf ununun buğday ununu %40 ve %60 oranında ikamesi ile ekmek yapımı denemeleri yapılmıştır. Denemenin sonucunda %60 yulaf unu ile üretilen ekmeğin kalite özellikleri uygun bulunmaz iken %40 yulaf unu ile elde edilen ekmek kalitesi daha kabul edilebilir nitelikte olmuştur.

İşlem etkilerini araştırmak için karıştırma (hamur), fermentasyon ve pişirme olmak üzere 3 farklı işlem basamağından numune alınmıştır. Numuneler dondurularak kurutulduktan sonra iki aşamalı fenolik bileşik ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen serbest ve bağlı fenolik bileşik fraksiyonlarında toplam fenolik, toplam flavonoid, DPPH ve CUPRAC analizleri yapılmıştır. Aynı fraksiyonlarda fenolik madde profillerine de bakılmıştır.

Yapılan analizler sonucunda; toplam fenolik madde içeriği açısından hem serbest ve bağlı fraksiyonlar da hem de toplamda yulaf unu ilavesinin pozitif etki gösterdiği belirlenmiştir. Yulaf unu içeren ekmekte bulunan toplam fenolik madde içeriğinin kontrol buğday unu ekmeğine göre önemli düzeyde yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak fenolik madde içeriğinin her iki ekmekte de; fermentasyon işlemi ile arttığı, pişirme işlemi ile azaldığı belirlenmiştir. Toplam flavonoid içeriği, beklenildiği üzere yulaf ununda buğday ununa göre önemli derecede yüksek çıkmıştır. Flavonoid içeriği hem serbest hem de bağlı flavonoid fraksiyonlarında fermentasyon işlemi ile artarken pişirme işlemi ile ısı etkisiyle azalmıştır. Hammaddelere yapılan analizler doğrultusunda yulaf ekmeğindeki yüksek flavonoid içeriğinin kaynağının yulaf unu olduğu görülmüştür.

Üretilen yulaf ile zenginleştirilmiş ekmeğin antioksidan aktivitesini araştırmak için DPPH ve CUPRAC metotları kullanılmıştır. Fermentasyon işleminin antioksidan aktivitesini hamura kıyasla arttırdığı gözlenirken pişirmenin tam tersi etki yarattığı

belirlenmiştir. Her iki analiz de artış ve azalma açısından değerlendirildiğinde birbirine paralel sonuçlar göstermektedir. Üretilen kontrol ekmeğininin yulaf ekmeği ile önemli bir fark göstermeden yüksek antioksidan aktivite sergilemesinin sebebinin; katkı maddesi olarak muhtemelen içine eklenen C vitamini olabileceği kanaatine varılmıştır. Bu durumda antioksidan kapasitesi açısından yulaf ekmeği ve geleneksel yöntemlerle üretilmiş buğday ekmeği net olarak kıyaslanamamıştır. Pişirme etkisiyle azalan antioksidan aktivitenin, optimum koşullarda pişme sıcaklığı sağlayarak tolere edilebilir olduğu düşünülmektedir.

Yapılan fenolik madde profili sonucunda yulaf ununda bulunan her serbest ve bağlı formda bulunan fenolik asidin, buğday ununda bulunmadığı gözlemlenmiştir. Yulaf ununda çeşitli miktarlarda bulunmasına rağmen; p-kumarik, vanilik, t-sinamik, p-hidroksibenzoik asit ve rutin buğday ununda bulunmadığı belirlenmiştir. Bu sebeple de %40 oranında yulaf unu ile üretilen yulaf ekmeğinin sahip olduğu fenolik asit çeşitliliği ile sağlığa yararlarının daha fazla olacağı düşünülmektedir.

Buğday unu ile kıyaslandığında yulaf ununda 17 kat daha fazla serbest halde gallik asit (yulaf ununda 34,46 mg/g, buğday ununda 2,42 mg/g) bulunduğu belirlenmiştir. Bağlı halde bulunan fenolik asitler kıyaslandığında her iki unda da bağlı formda t-sinamik asit görülmemiştir. Her iki unda da kafeik asit miktarı (yulaf ununda 0,57 mg/g, buğday ununda 0,46 mg/g) oldukça düşüktür. Yulaf içerikli ekmek ve geleneksel buğday ekmeği kıyaslandığında ise sadece şiringik asitin daha yüksek miktarda bulunduğu görülmüştür. Buna ek olarak; yulaf ekmeğinde değerlendirilen fenolik asit profilinde en yüksek miktarda bulunan serbest fenolik asitin gallik asit olduğu görülmüştür. Serbest halde bulunan gallik asitin, fermentasyon işlemi ile birlikte 99,64 mg/g'dan 550,59 mg/g'a yükseldiği gözlemlenmiştir.

Her iki ekmekte de bu deney için değerlendirilen serbest halde bulunan fenolik asitlerin miktarı fermentasyon ile farklı oranlarda artarken pişirme işlemi sonrasında azalmıştır. Bağlı fenolik asit profili incelendiğinde ise; yulaf ekmeğinde bulunan bağlı kafeik asit miktarı pişirme ile yaklaşık 1,5 kat, vanilik asit miktarı yaklaşık 13 kat, p-hidroksibenzoik asit yaklaşık 2 kat artış göstermiştir. Buna ek olarak buğday ekmeğinde bağlı fenolik fraksiyonun profili incelendiğinde pişirme işlemi ile gallik asit 2 kat artmıştır. T- sinamik asit bağlı formda her iki ekmekte de tespit edilememiştir. Her iki ekmek için de bağlı formda bulunan fenolik asitlerin hepsinde fermentasyon işlemi ile farklı oranlarda artış görülmüştür.

Çalışma sonucunda tüketiciye kabul edilebilir kalite özelliklerine sahip, sağlığa yararlı fenolik bileşenlerce zenginleştirilmiş bir fonksiyonel ekmek reçetesi oluşturulmuştur. Fermentasyon aşamasında fenolik maddelerin miktarında artış ve dönüşümler olduğu açıktır. Pişirme aşamasında azalan fenolik bileşik, flavonoid içeriği ve antioksidan kapasitesini tolere edebilecek optimum koşul ve sıcaklıklardan bahsedilebilmesi için ekmek yapım aşamalarının optimizasyonu üzerine daha fazla araştırma yapılmasının gerektiği görülmüştür.







## KAYNAKLAR

- Alamed, J., Chaiyasit, W., McClements, D. J., Decker, E. A.** (2009). Relationships between free radical scavenging and antioxidant activity in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(7), 2969–2976.
- Angioloni, A., & Collar, C.** (2011). Nutritional and functional added value of oat, Kamut, spelt, rye and buckwheat versus common wheat in bread making. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1283-1292.
- Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Karademir S.E.** (2004) Novel Total Antioxidant Capacity Index for Dietary Polyphenols and Vitamins C and E, Using Their Cupric Ion Reducing Capability in the Presence of Neocuproine: CUPRAC Method. *J. Agric. Food Chem.* 52, 7970-798.
- Ayoub, M., de Camargo, A. C., & Shahidi, F.** (2016). Antioxidants and bioactivities of free, esterified and insoluble-bound phenolics from berry seed meals. *Food Chemistry*, 197, 221–232.
- Bei Q., Liu Y., Wang L., Chen G., Wu Z.** (2017). Improving free, conjugated, and bound phenolic fractions in fermented oats (*Avena sativa* L.) with *Monascus anka* and their antioxidant activity. *Journal of Functional Foods* 32185–194
- Bhanja, T., Kumari, A., & Banerjee, R.** (2009). Enrichment of phenolics and free radical scavenging property of wheat koji prepared with two filamentous fungi. *Bioresource Technology*, 100(11), 2861–2866.
- Boskov Hansen H., Andreasen M.F., Nielsen M.M., Larsen L.M., Bach Knudsen K.E., Meyer A.S., Christensen L.P., Hansen Å.** (2002). Changes in dietary fibre, phenolic acids and activity of endogenous enzymes during rye bread-making. *Eur Food Res Technol* 214:33–42
- Brindzova L., Mikusova L., & Takacsova M.** (2009). Antioxidant effect of wheat bakery products supplemented with buckwheat, oat and barley beta-D-glucan and their nutritional and sensory evaluation. *In Proceedings of the 5th International Congress Flour- Bread 7th Croatian Congress of Cereal Technologists, Opatija, Croatia, 21-23 October (pp. 485-491).*
- Cai S., Huang C., Ji B., Zhou F., Wise M.L., Zhang D., Yang P.** (2011). Food Chemistry In vitro antioxidant activity and inhibitory effect, on oleic acid-induced hepatic steatosis, of fractions and subfractions from oat (*Avena sativa* L.) ethanol extract 124 900–905
- Cai, S., Wang, O., Wu W., Zhu, S., Zhou, F., Ji, B., ... Cheng, Q.** (2011). Comparative study of the effects of solid-state fermentation with three filamentous fungi on the total phenolics content (TPC), flavonoids, and antioxidant activities of subfractions from oats (*Avena sativa* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(1), 507–513.
- Capanoglu E, Beekwilder J, Boyacioglu D, Hall RH, de Vos R** (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *J. Agric. Food Chem.* 56:964-973.

- Chandrasekara, A., Naczk, M., & Shahidi, F.** (2012). Effect of processing on the antioxidant activity of millet grains. *Food Chemistry*, 133(1), 1–9.
- Chen D., Shi J., Hu X., Du S.** (2015). Alpha-amylase treatment increases extractable phenolics and antioxidant capacity of oat (*Avena nuda* L.) flour. *Journal of Cereal Science* 65 (2015) 60-66
- Chen X., Li X., Mao X., Huang H., Wang T. Qu Z. Miao J., Gao W.** (2017). Effects of drying processes on starch-related physicochemical properties, bioactive components and antioxidant properties of yam flours. *Food Chemistry* 224 (2017) 224–232.
- Chen C., Wang L., Wang R., Luo X., Li Y., Li J., Li Y., Chen Z.** (2018). Phenolic contents, cellular antioxidant activity and antiproliferative capacity of different varieties of oats. *Food Chemistry* 239 260–267.
- Chen Z., Wang P., Weng Y., Ma Y., Gu Z., Yang R.** (2017). Comparison of phenolic profiles, antioxidant capacity and relevant enzyme activity of different Chinese wheat varieties during germination. *Food Bioscience* 20 159–167
- Chlopicka J., Pasko P., Gorinstein S., Jedryas A., 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
- Chung I., Seo S., Ahn J., Kim S.** (2011). Effect of processing, fermentation, and aging treatment to content and profile of phenolic compounds in soybean seed, soy curd and soy paste. *Food Chemistry* 127 960–967.
- Dykes, L., & Rooney, L. W.** (2007). Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal Foods World*, 52(3), 105–111.
- Emmons C., Peterson D. M.** (1999). Antioxidant Activity and Phenolic Contents of Oat Groats and Hulls. *Cereal Chemistry* 76 (6):902-906
- Flander L., Salmenkallio-Marttila M., Suortti T., Autio K.** (2007). Optimization of ingredients and baking process for improved whole meal oat bread quality. *LWT* 40, 860–870
- Hager A.S., Bosmans G.M., and Delcour J.A.** (2014). Physical and Molecular Changes during the Storage of Gluten-Free Rice and Oat Bread. *J. Agric. Food Chem.* 2014, 62, 5682–5689.
- Han H., Koh B.** (2011). Antioxidant activity of hard wheat flour, dough and bread prepared using various processes with the addition of different phenolic acids. *J. Sci. Food Agric.* 91:604–608
- Hitayezu R., Baakdah M. M., Kinnin J., Henderson K., Tsopmo A.** (2015). Antioxidant activity, avenanthramide and phenolic acid contents of oat milling fractions. *Journal of Cereal Science*, 63, 35–40.
- Hoffenberg E.J., Haas J., Drescher A., Barnhurst R., Osberg I., Bao F., Eisenbarth G.** (2000). A trial of oats in children with newly diagnosed celiac disease. *The Journal of Pediatrics* 361-366.
- Holguín-Acuña A. L., Carvajal-Millán E., Santana-Rodríguez V., Rascón-Chu A., Márquez-Escalante J.A., León-Renova N.E.P., Gastelum-Franco G.** (2008).

Maize bran/oat flour extruded breakfast cereal: A novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. *Food Chemistry* 111 654–657

- Hüttner E.K., Bello F.D., Arendt E.** (2010). Rheological properties and breadmaking performance of commercial whole grain oat flours. *Journal of Cereal Science* 52, 65-71.
- Kilci A., Gocmen D.** (2014). Phenolic acid composition, antioxidant activity and phenolic content of tarhana supplemented with oat flour. *Food Chemistry* 151 547–553.
- Kumaran A., Karunakaran R.J.** (2006) Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry* 97 109–114.
- Liu F., Chen Z., Shao J., Wang C., Zhan C.** (2017). Effect of fermentation on the peptide content, phenolics and antioxidant activity of defatted wheat germ. *Food Bioscience* 20 141–148
- Liu L., Zubik L., Collins F.W., Marko M., Meydani M.** (2004). The antiatherogenic potential of oat phenolic compounds. *Atherosclerosis* 175 39–49.
- Liukkonen K. H., Katina K., Wilhelmsson A., Myllymaki O., Lampi A. M., Kariluoto S., Piironen V., Heinonen S. M., Nurmi T., Adlercreutz H., Peltoketo A., Pihlava J. M., Hietaniemi V., Poutanen K.** (2003). Process-induced changes on bioactive compounds in whole grain rye. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 117-122
- Masisi, K., Beta, T., & Moghadasian, M. H.** (2016). Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on in vitro and in vivo studies. *Food Chemistry*, 196, 90–97.
- Mildner-Szkudlarz S., Zawirska-Wojtasiak R., Szwengiel A., Pacynski M.** (2011). Use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science and Technology* 46, 1485–1493
- Pick M.E., Hawrysh Z. J., Gee M. I., Toth E., Garg M. L., Hardin R. T.** (1996). Oat bran concentrate bread products improve long-term control of diabetes: A pilot study. *Journal of the American Dietetic Association* 96(12) 1254-1261.
- Prikryl J., Hajek T., Svecova B., Salek R. N., Cernikova M., Cervenka L., Bunka F.** (2018). Antioxidant properties and textural characteristics of processed cheese spreads enriched with rutin or quercetin: The effect of processing conditions. *LWT-Food Science and Technology* 87 266-271
- Purnama M., Ser W.Y., Kyaw Naing S., Arntfield S.D., Beta T.** (2005). Antioxidant activities of cereal sprouts. *AACC Internal Annual Meeting, Program Book* 133
- Rai S., Wahile A., Mukherjee K., Saha B.P., Mukherjee P.K.** (2006). Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. *Journal of Ethnopharmacology* 104 322–327.
- Renzetti S., Courtin C.M, Delcour J.A., Arendt E.K.** (2010). Oxidative and proteolytic enzyme preparations as promising improvers for oat bread formulations: Rheological, biochemical and microstructural background. *Food Chemistry* 119 1465–1473

- Rodríguez H., Curiel J. A., Landete J. M., Las Rivas B., Felipe F. L., Gómez-Cordovés C., Mancheño J. M., Muñoz R.** (2009). Food phenolics and lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 132 79–90
- Ryan L., Thondre P.S.**, (2011). Henry C.J.K. Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential. *Journal of Food Composition and Analysis* 24 929–934
- Santiago E., Dominguez-Fernandez M., Gid C.,Pena M.** (2018). Impact of cooking process on nutritional composition and antioxidants of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*). *Food Chemistry* 240 1055–1062
- Schatzkin, A., Mouw, T., Park, Y., Subar, A. F., Kipnis, V., Hollenbeck, A., Thompson, F. E.** (2007). Dietary fiber and whole-grain consumption in relation to colorectal cancer in the NIH-AARP Diet and Health Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(5), 1353–1360
- Serpen, A., Gokmen, V., Karagoz, A., & Koxsel, H.** (2008). Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 7285-7292.
- Sivam A. S., Sun-Waterhouse D., Quek S., 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
- Spanos G.A., Wrolstad R.E.** (1990). Influence of Processing and Storage on the Phenolic Composition of Thompson Seedless Grape Juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 38, 1565-1571.
- Stevenson D. G., Inglett G.E.,Chen D., Biswas A.,Eller F.J., Evangelista R.L.** (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of supercritical carbon dioxide-treated and air-classified oat bran concentrate microwave-irradiated in water or ethanol at varying temperatures. *Food Chemistry* 108 23–30.
- Strandas C., Kamal-Eldin A., Andersson R., Aman P.** (2008). Phenolic glucosides in bread containing flaxseed. *Food Chemistry* 110 997–999
- Temple N. J.** (2000). Antioxidants and disease: more questions than answers. *Nutrition Research* Vol.20, pp. 449-459
- Temple N.J.** (2000). Antioxidants and Disease: More Questions than Answers. *Nutrition Research*, Vol. 20, No. 3, pp. J493SY.
- Terpinc P., Cigic B.,Polak T., Hribar J., Pozrl T.** (2016). LC–MS analysis of phenolic compounds and antioxidant activity of buckwheat at different stages of malting. *Food Chemistry* 210 9–17.
- Tomas M., Beekwilder J., Hall R. D., Sağdıç O., Boyacıoğlu D., Çapanoğlu E.** (2017). Industrial processing versus home processing of tomato sauce: Effects on phenolics, flavonoids and in vitro bioaccessibility of antioxidants. *Food Chemistry* 220 51–58.
- Uslu N., Özcan M. M.** (2017). Effect of microwave heating on phenolic compounds and fatty acid composition of cashew (*Anacardium occidentale*) nut and oil. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.

- Viscidi K. A., Dougherty M.P., Briggs J., Camire M.E.** (2004). Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereals. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37 789–796
- Wang, L., Wei, W., Tian, X., Shi, K., Wu, Z.** (2016). Improving bioactivities of polyphenol extracts from *Psidium guajava* L. leaves through co-fermentation of *Monascus anka* GIM 3.592 and *Saccharomyces cerevisiae* GIM 2.139. *Industrial Crops and Products*, 94, 206–215.
- Zielinski H.,Kozłowska H., Agric J.** (2000). Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions. *Food Chem.* 48, 2008–2016
- Zhang Y. C., Lee J. H., Vodovotz Y., Schwartz S. J.** (2015). Changes in Distribution of Isoflavones and  $\beta$ -Glucosidase Activity During Soy Bread Proofing and Baking. *Cereal Chem.* 81(6) 741-745





## **EKLER**

**EK A:** ANOVA Tabloları

**EK B:** HPLC Standartları Kalibrasyon eğrileri

**EK C:** HPLC Kromatogramları







## EK A

**Tablo A.1:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin serbest fenolik içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	48,854	2	24,427	11,463	,000
Within Groups	108,681	51	2,131		
Total	157,534	53			

**Tablo A.2:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının serbest fenolik içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	3,4481		
Karıştırma	18		4,4939	
Fermentasyon	18			5,7740
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.3:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin bağlı fenolik içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1,330	2	,665	27,249	,000
Within Groups	1,244	51	,024		
Total	2,574	53			

**Tablo A.4:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının bağlı fenolik içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Piştirme	18	1,5360	
Karıştırma	18	1,5847	
Fermentasyon	18		1,8905
Sig.		,354	1,000

**Tablo A.5:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin toplam fenolik içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	65,388	2	32,694	14,830	,000
Within Groups	112,434	51	2,205		
Total	177,823	53			

**Tablo A.6:** Toplam fenolik analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının toplam fenolik içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	4,9841		
Karıştırma	18		6,0786	
Fermentasyon	18			7,6646
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.7:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin serbest flavonoid içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	172,867	2	86,433	5,955	,005
Within Groups	740,254	51	14,515		
Total	913,120	53			

**Tablo A.8:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının serbest flavonoid içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Piştirme	18	13,9423	
Karıştırma	18	15,8772	15,8772
Fermentasyon	18		18,3153
Sig.		,134	,060

**Tablo A.9:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin bağlı flavonoid içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	589,966	2	294,983	4,650	,014
Within Groups	3234,963	51	63,431		
Total	3824,929	53			

**Tablo A.10:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının bağlı flavonoid içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Karıştırma	18	31,4036	
Piştirme	18	36,4780	36,4780
Fermentasyon	18		39,4045
Sig.		,062	,275

**Tablo A.11:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin toplam flavonoid içeriği Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1032,656	2	516,328	6,197	,004
Within Groups	4249,476	51	83,323		
Total	5282,132	53			

**Tablo A.12:** Toplam flavonoid analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının toplam flavonoid içeriği Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Karıştırma	18	47,2808	
Piştirme	18	50,4202	
Fermentasyon	18		57,7197
Sig.		,307	1,000

**Tablo A.13:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin serbest antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27,734	2	13,867	72,347	,000
Within Groups	9,775	51	,192		
Total	37,509	53			

**Tablo A.14:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermentasyon ve pişirme aşamalarının serbest antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	2,1079		
Karıştırma	18		2,9589	
Fermentasyon	18			3,8631
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.15:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin bağlı antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,522	2	2,261	4,288	,019
Within Groups	26,892	51	,527		
Total	31,414	53			

**Tablo A.16:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının bağlı antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Piştirme	18	3,5341	
Karıştırma	18	3,5411	
Fermentasyon	18		4,1515
Sig.		,977	1,000

**Tablo A.17:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin toplam antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51,955	2	25,977	32,494	,000
Within Groups	40,773	51	,799		
Total	92,727	53			

**Tablo A.18:** DPPH analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının toplam antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	5,6420		
Karıştırma	18		6,5000	
Fermentasyon	18			8,0146
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.19:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin serbest antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51,154	2	25,577	80,347	,000
Within Groups	16,235	51	,318		
Total	67,388	53			

**Tablo A.20:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının serbest antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	3,5026		
Karıştırma	18		4,4119	
Fermentasyon	18			5,8659
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.21:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin bağı antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3,457	2	1,728	64,374	,000
Within Groups	1,369	51	,027		
Total	4,826	53			

**Tablo A.22:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının bağı antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Karıştırma	18	5,3757		
Piştirme	18		5,5959	
Fermentasyon	18			5,9875
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.23:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin toplam antioksidan aktivitesi Anova tablosu

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	73,989	2	36,994	91,506	,000
Within Groups	20,618	51	,404		
Total	94,607	53			

**Tablo A.24:** CUPRAC analizi için yulaf ekmekleri ve kontrol ekmeğinin karıştırma, fermantasyon ve pişirme aşamalarının toplam antioksidan aktivitesi Post-Hoc testi

İşlem	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
Piştirme	18	9,0986		
Karıştırma	18		9,7876	
Fermentasyon	18			11,8534
Sig.		1,000	1,000	1,000

**Tablo A.25:** Toplam fenolik analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun serbest fenolik içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	8,2116	,92063	,37585
Buğday Unu	6	3,5788	,60391	,24655

**Tablo A.26:** Toplam fenolik analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun bağlı fenolik içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	1,4298	,03917	,01599
Buğday Unu	6	1,1539	,02406	,00982

**Tablo A.27:** Toplam fenolik analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun toplam fenolik içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	9,6414	,89785	,36655
Buğday Unu	6	4,7327	,62168	,25380

**Tablo A.28:** Toplam flavonoid analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun serbest flavonoid içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	33,1024	2,55313	1,04231
Buğday Unu	6	7,6168	1,62465	,66326

**Tablo A.29:** Toplam flavonoid analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun bağlı flavonoid içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	31,7813	7,26465	2,96578
Buğday Unu	6	18,2428	2,63565	1,07600

**Tablo A.30:** Toplam flavonoid analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun toplam flavonoid içeriği T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	64,8836	5,94006	2,42502
Buğday Unu	6	25,8596	3,54432	1,44696

**Tablo A.31:** DPPH analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun serbest antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	4,5982	,56024	,22872
Buğday Unu	6	3,8327	,04494	,01835

**Tablo A.32:** DPPH analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun bağlı antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	4,8961	,07881	,03217
Buğday Unu	6	4,6268	,02403	,00981

**Tablo A.33:** DPPH analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun toplam antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	9,4943	,56220	,22952
Buğday Unu	6	8,4595	,03697	,01509

**Tablo A.34:** CUPRAC analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun serbest antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	5,9383	,05816	,02374
Buğday Unu	6	4,8178	,10418	,04253

**Tablo A.35:** CUPRAC analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun bağlı antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	6,0745	,04453	,01818
Buğday Unu	6	5,6652	,07516	,03068

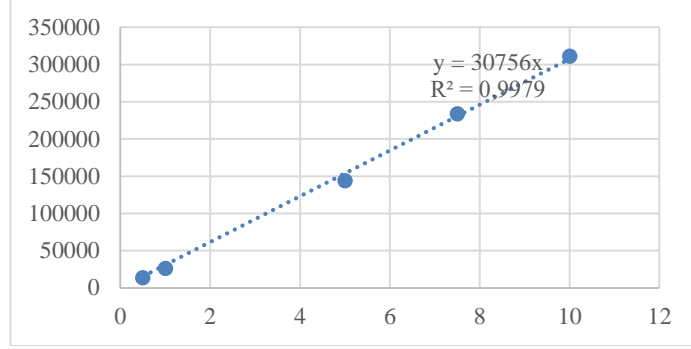
**Tablo A.36:** CUPRAC analizi için hammadde olarak kullanılan yulaf unu ve buğday ununun toplam antioksidan aktivitesi T-testi.

Un Çeşidi	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Yulaf Unu	6	12,0127	,09623	,03928
Buğday Unu	6	10,4830	,16038	,06547

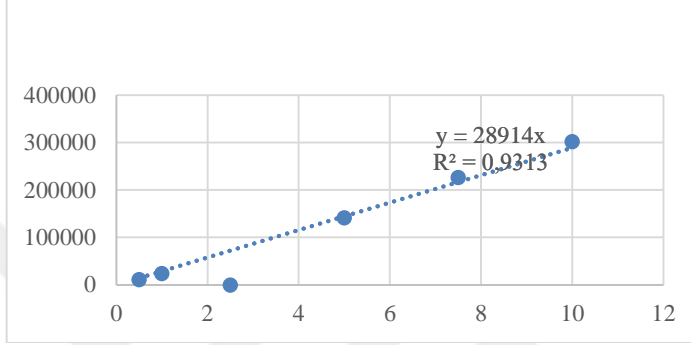




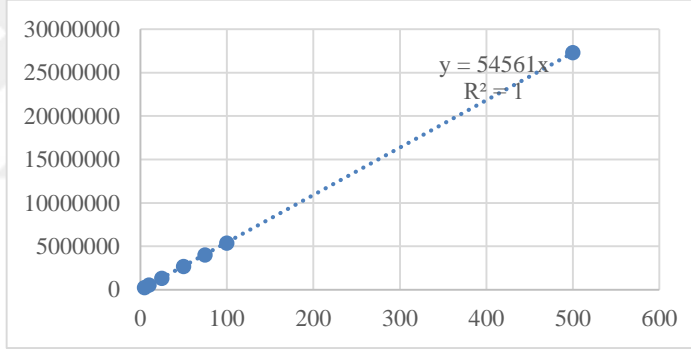
## EK B



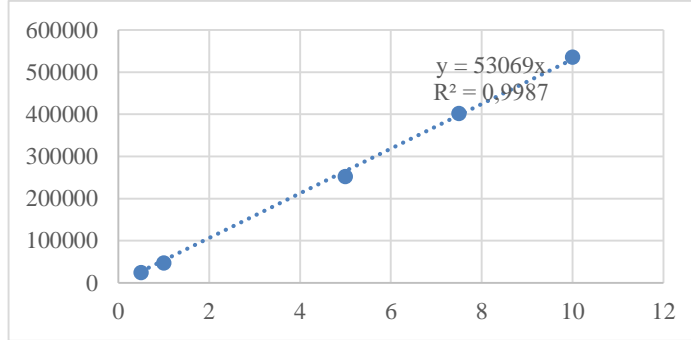
Şekil B.1: HPLC için Ferulik asit standart kalibrasyon eğrisi



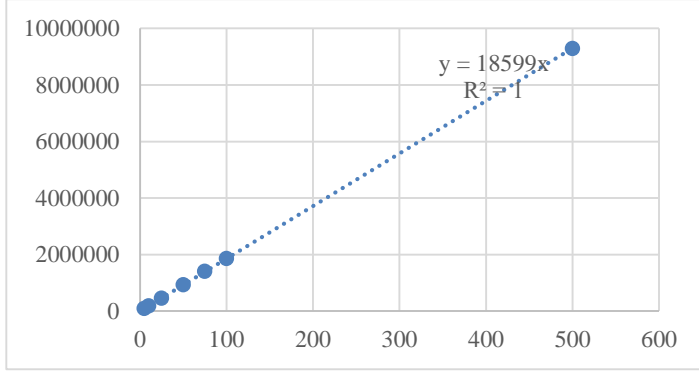
Şekil B.2: HPLC için Gallik asit standart kalibrasyon eğrisi



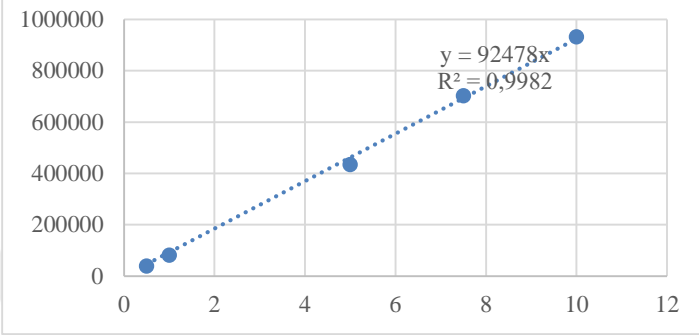
Şekil B.3: HPLC için Kafeik asit standart kalibrasyon eğrisi



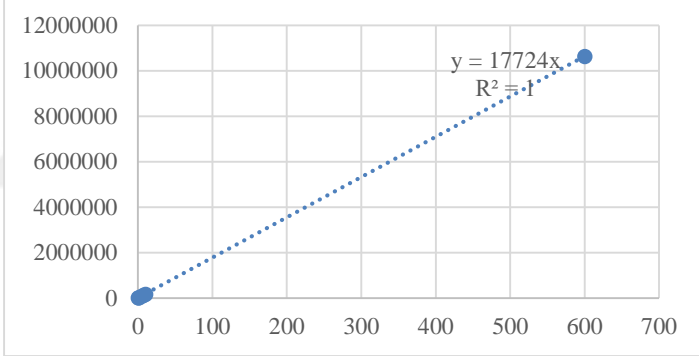
Şekil B.4: HPLC için P-Kumarik asit standart kalibrasyon eğrisi



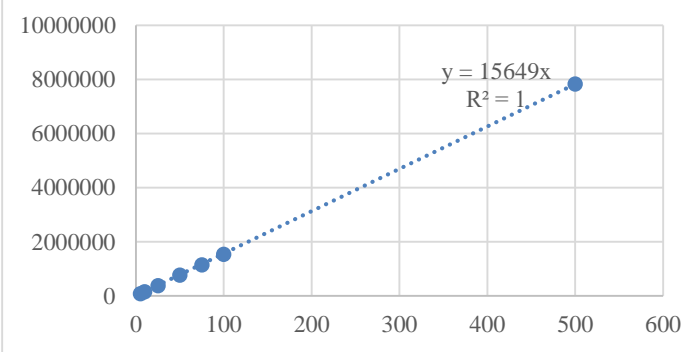
Şekil B.5: HPLC için Vanilik asit standart kalibrasyon eğrisi



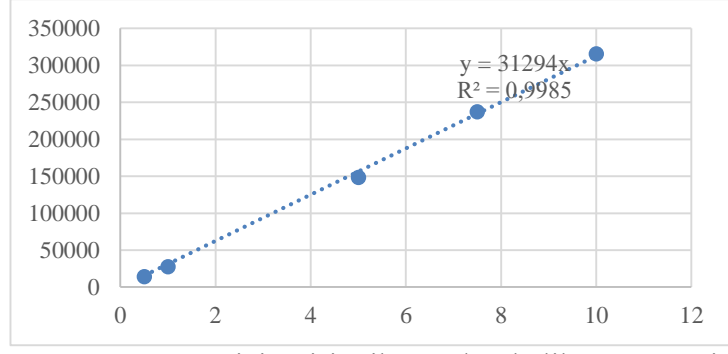
Şekil B.6: HPLC için T-Sinamik asit standart kalibrasyon eğrisi



Şekil B.7: HPLC için Rutin standart kalibrasyon eğrisi



Şekil B.8: HPLC için P-Hidroksibenzoik asit standart kalibrasyon eğrisi

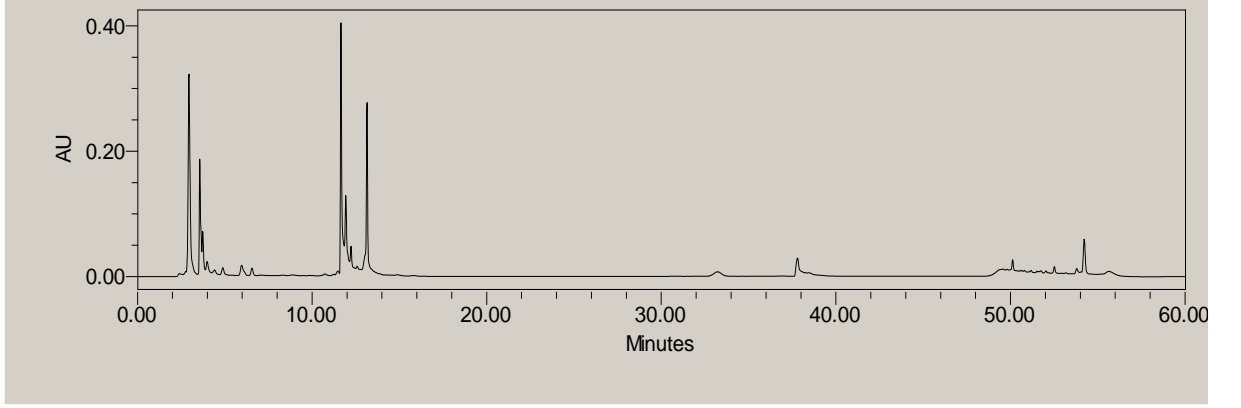


**Şekil B.9:** HPLC için Şiringik standart kalibrasyon eğrisi

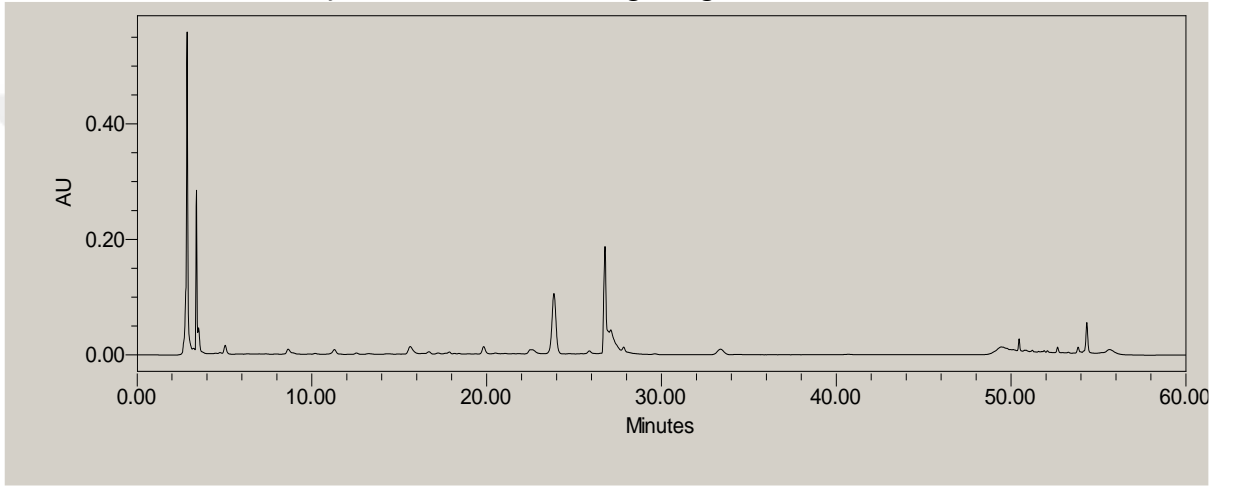




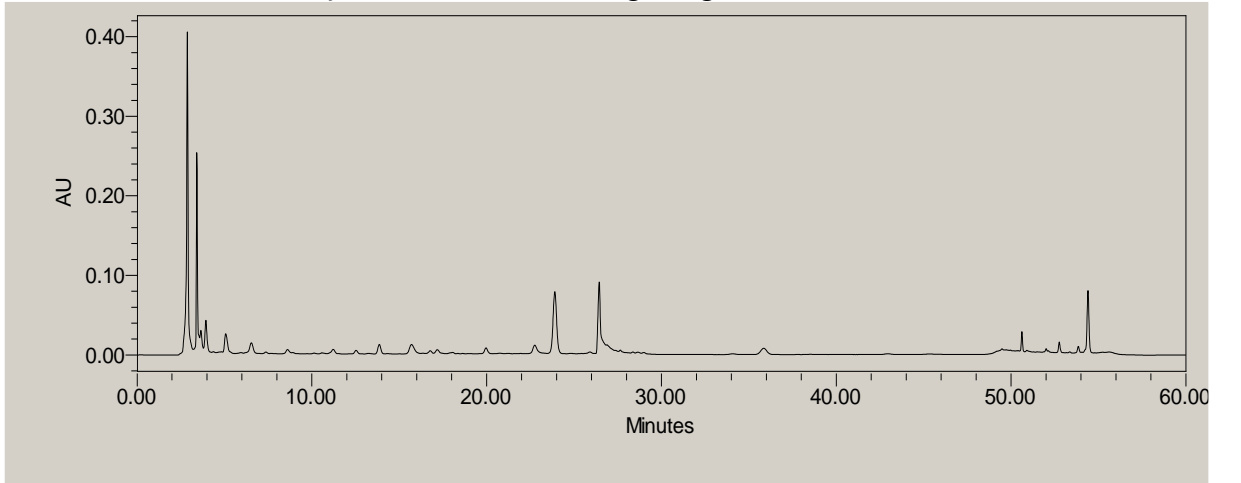
## EK C



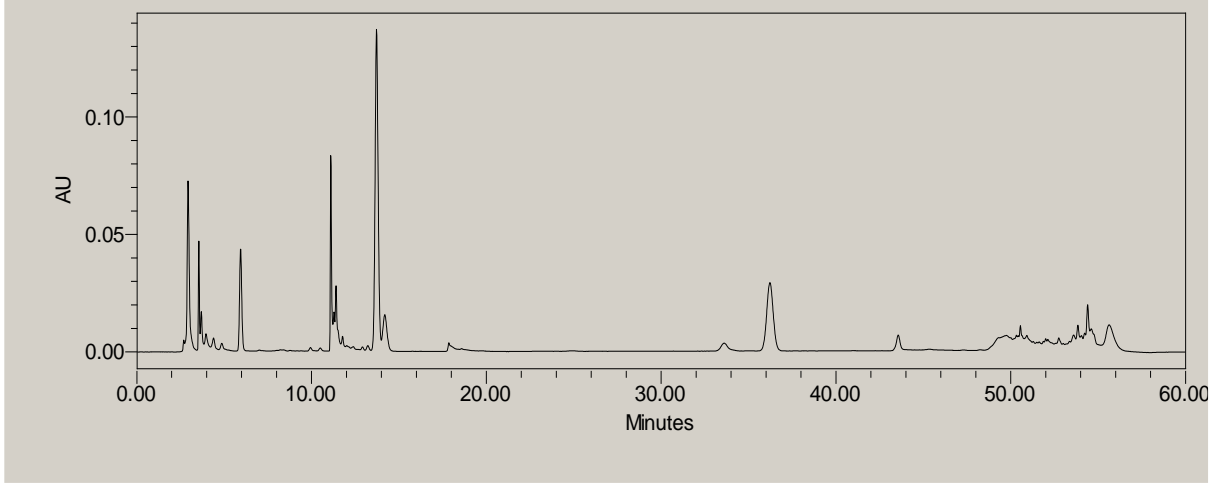
**Tablo C.1:** 280 nm’de yulaf ekmeği karıştırma aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



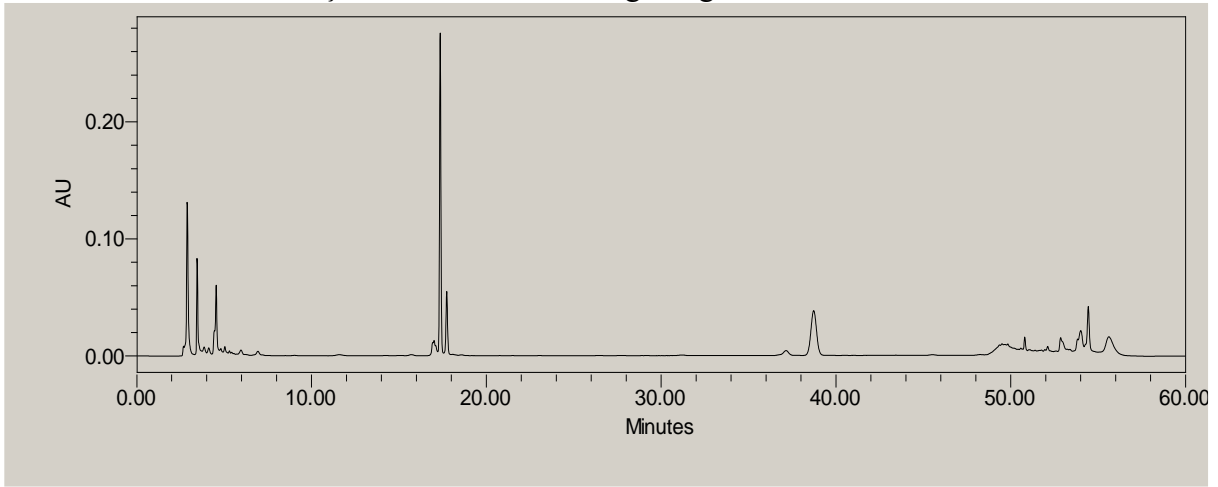
**Tablo C.2:** 280 nm’de yulaf ekmeği fermentasyon aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



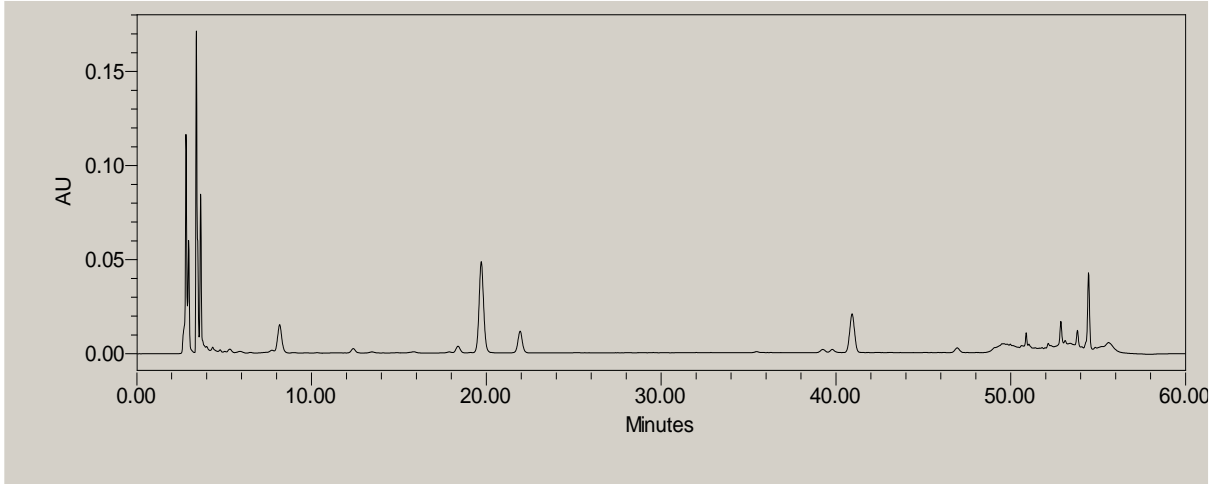
**Tablo C.3:** 280 nm’de yulaf ekmeği pişirme aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



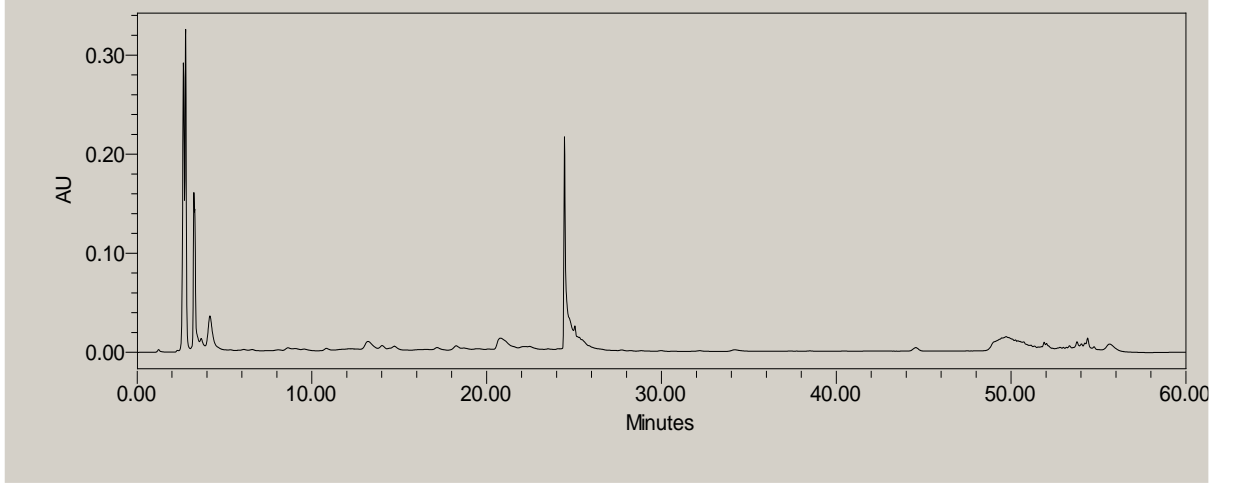
**Tablo C.4:** 280 nm’de buğday ekmeği karıştırma aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



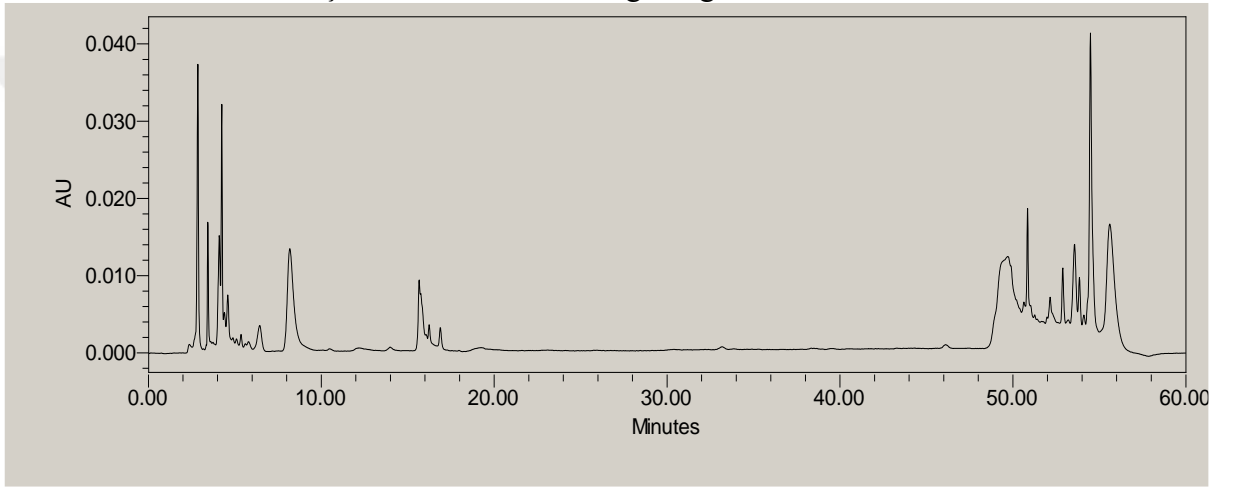
**Tablo C.5:** 280 nm’de buğday ekmeği fermentasyon aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



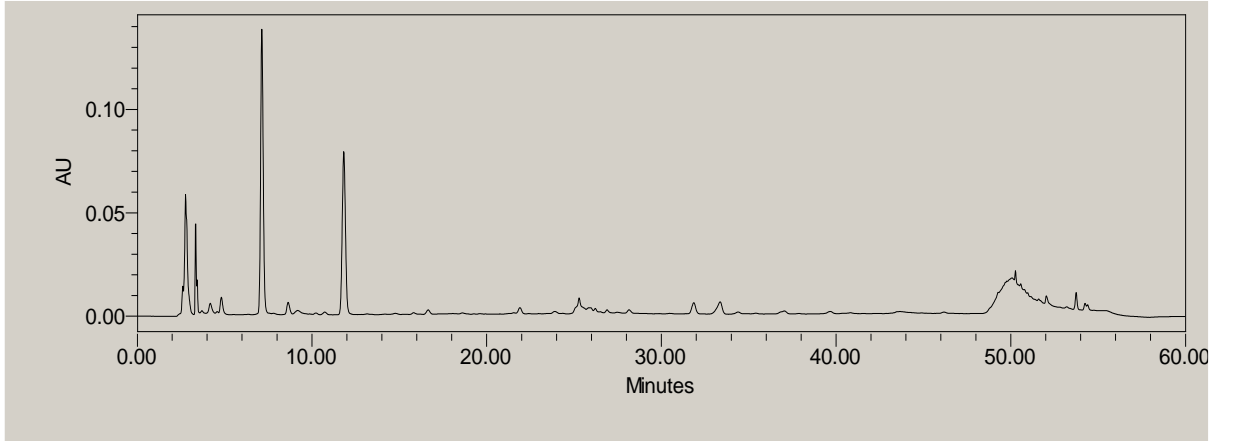
**Tablo C.6:** 280 nm’de buğday ekmeği pişirme aşamasındaki serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



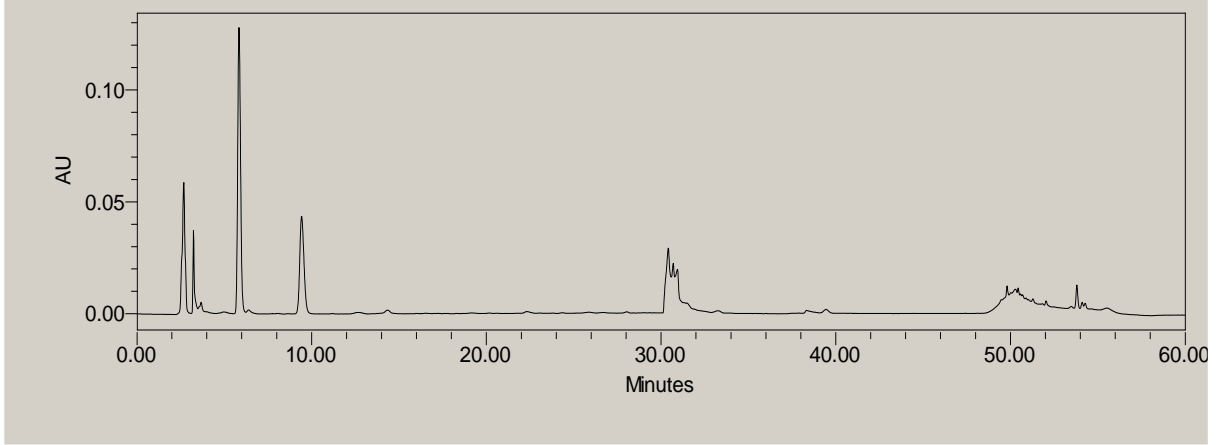
**Tablo C.7:** 280 nm'de hammadde olarak kullanılan yulaf ununun serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



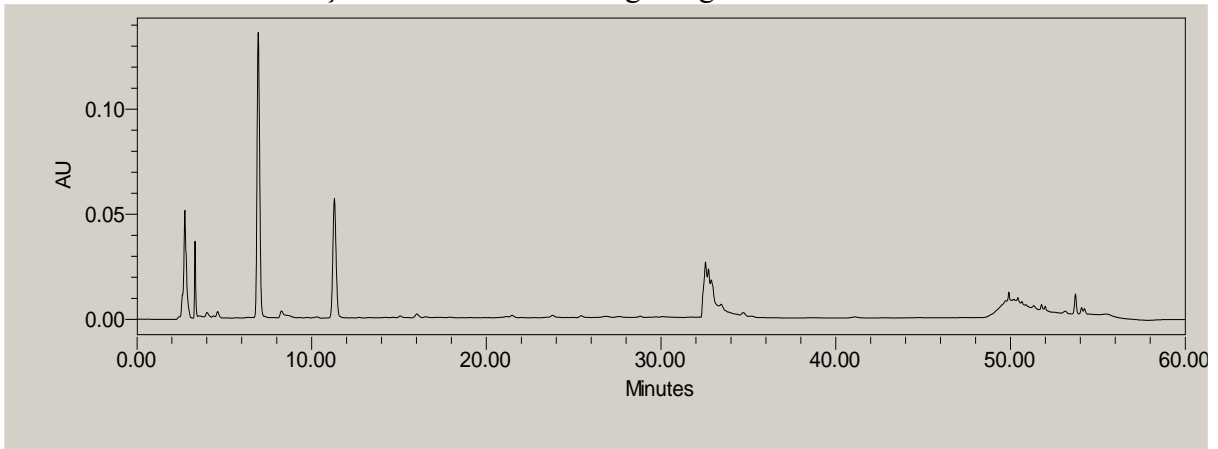
**Tablo C.8:** 280 nm'de hammadde olarak kullanılan buğday ununun serbest fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



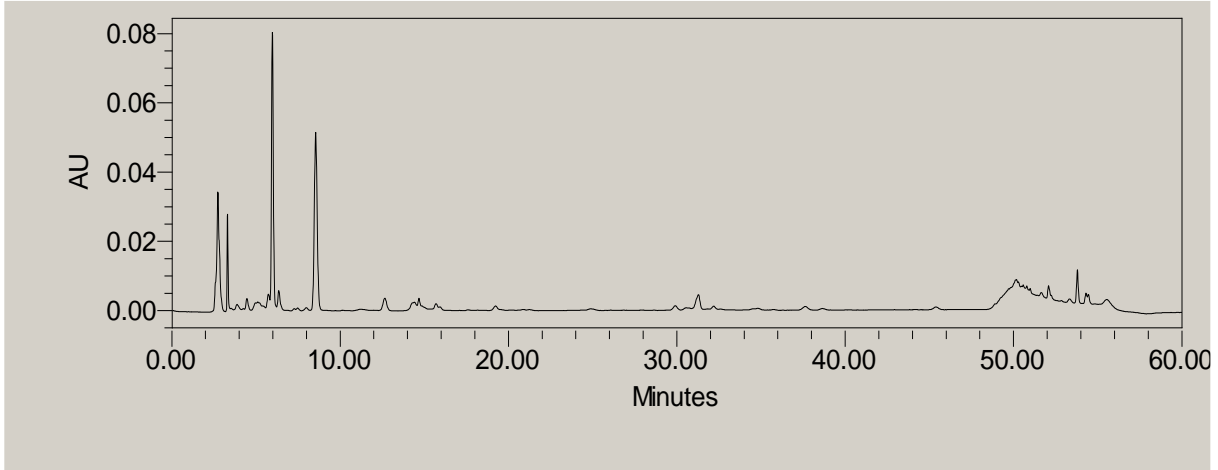
**Tablo C.9:** 280 nm'de yulaf ekmeği karıştırma aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



**Tablo C.10:** 280 nm’de yulaf ekmeği fermentasyon aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü

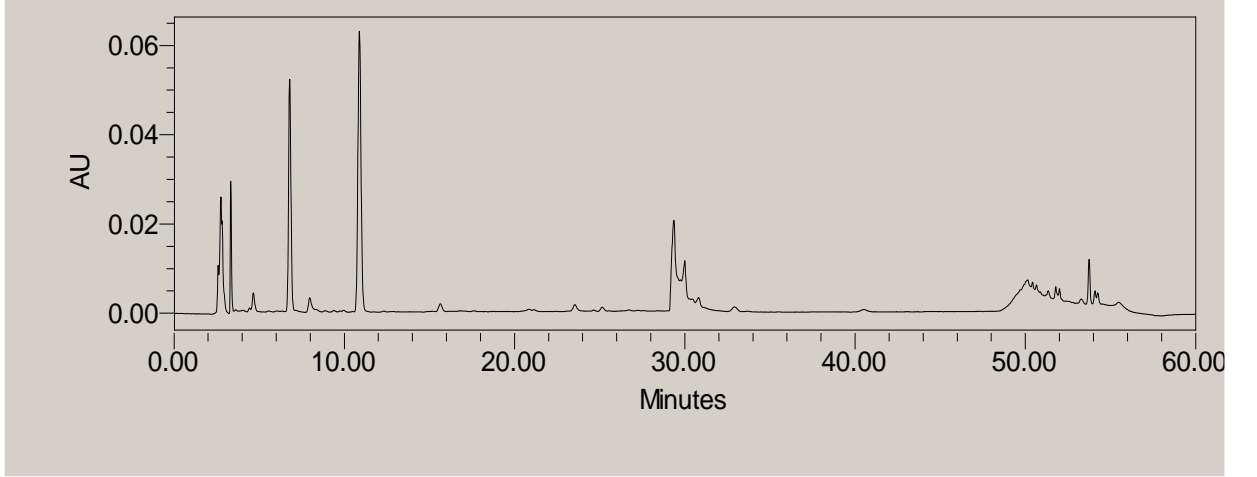


**Tablo C.11:** 280 nm’de yulaf ekmeği pişirme aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü

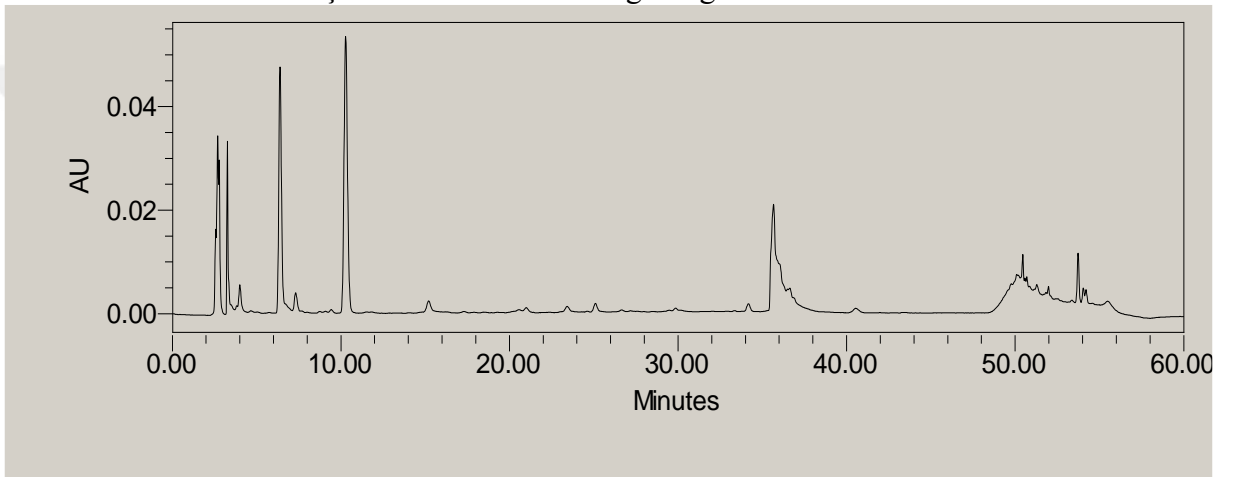


**Tablo C.12:** 280 nm’de buğday ekmeği karıştırma aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü

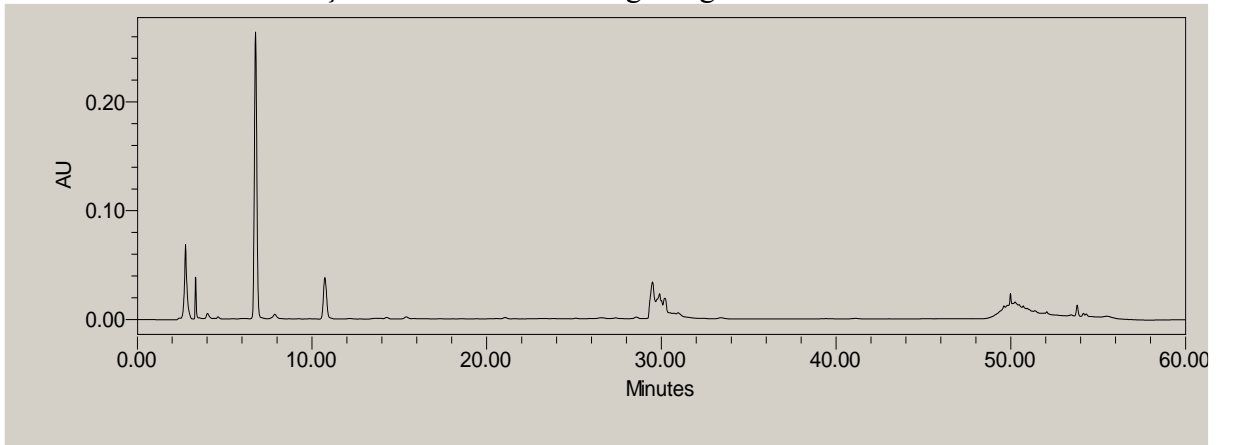




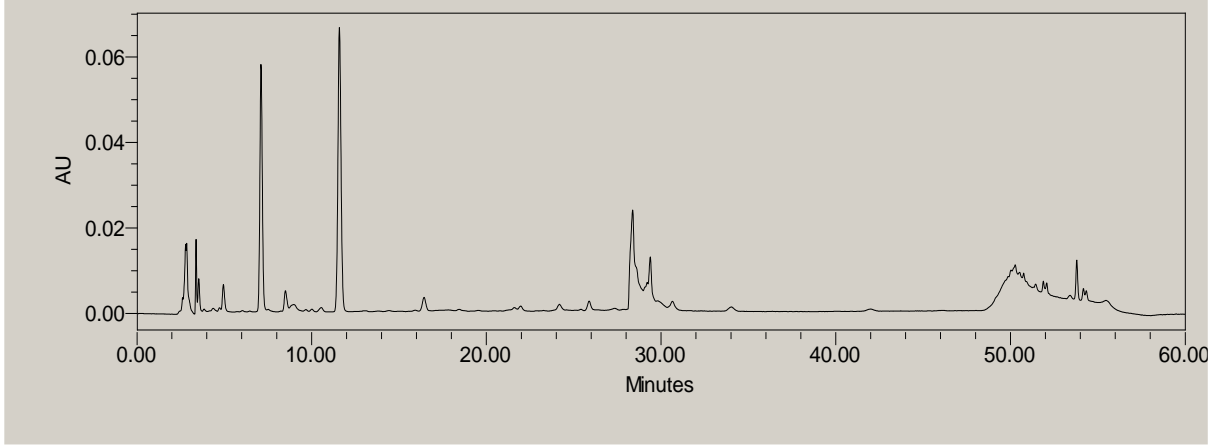
**Tablo C.13:** 280 nm’de buğday ekmeği fermentasyon aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



**Tablo C.14:** 280 nm’de buğday ekmeği pişirme aşamasındaki bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



**Tablo C.15:** 280 nm’de hammadde olarak kullanılan yulaf unununun bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



**Tablo C.16:** 280 nm’de hammadde olarak kullanılan buğday ununun bağlı fenolik bileşiklerin HPLC kromatogram görüntüsü



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Berna TOPÇU  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 26.11.1991/İstanbul  
**E-posta** : topçu.berna@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2014, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

### MESLEKİ DENEYİMLER :

- Flok Ambalaj Matbaacılık San. Ve Tic. A.Ş. bünyesinde Kalite Güvence Mühendisi olarak görev almaktayım.