

**YEŞİL ÇAY YAPRAĞINDAN FENOLİK MADDELERİN BOX-  
BEHNKEN DENEME DESENİ KULLANILARAK EKSTRAKSİYONU  
VE ÇAY POLİFENOLLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ KRAKER  
ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Döndü ÜNALAN**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YEŞİL ÇAY YAPRAĞINDAN FENOLİK MADDELERİN BOX-BEHNKEN  
DENEME DESENİ KULLANILARAK EKSTRAKSİYONU VE ÇAY  
POLİFENOLLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ KRAKER ÜRETİMİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

Döndü ÜNALAN  
000-003-1670-6924

Doç. Dr. Bige İNCEDAYI  
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

Döndü ÜNALAN tarafından hazırlanan “YEŞİL ÇAY YAPRAĞINDAN FENOLİK MADDELERİN BOX-BEHNKEN DENEME DESENİ KULLANILARAK EKSTRAKSİYONU VE ÇAY POLİFENOLLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ KRAKER ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Bige İNCEDAYI

- Başkan :** Prof. Dr. Sedat VELİOĞLU  
0000-0002-3281-6229  
Ankara Üniversitesi,  
Mühendislik Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza
- Üye :** Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR  
0000-0002-1951-7937  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza
- Üye :** Doç. Dr. Bige İNCEDAYI  
0000-0001-6128-7453  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı  
İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN**  
**Enstitü Müdürü**

.././....

**B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**26/05/2022**

**Döndü ÜNALAN**

## TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığını ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

**Doç. Dr. Bige İNCEDAYI**  
**26.05.2022**

**Döndü ÜNALAN**  
**26.05.2022**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YEŞİL ÇAY YAPRAĞINDAN FENOLİK MADDELERİN BOX-BEHNKEN DENEME DESENİ KULLANILARAK EKSTRAKSİYONU VE ÇAY POLİFENOLLERİYLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ KRAKER ÜRETİMİNİN ARAŞTIRILMASI

**Döndü ÜNALAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Bige İNCEDAYI

Bu çalışma kapsamında üç farklı hasat döneminde hasat edilen çay yapraklarının (*Camellia sinensis*) toplam fenolik madde içeriği saptanarak, en yüksek polifenol içeriğine sahip yeşil çay ekstraktının (YÇE), ekstraksiyon koşulları yüzey-yanıt yöntemi (RSM-response surface methodology) kullanılarak optimize edilmiştir. İkinci aşamada ise en yüksek polifenol içeriğine sahip çay yaprağının sulu ekstraktı kullanılarak, (hamur ağırlığının %1'i oranında) besleyici değeri arttırılmış tuzlu kraker üretimi gerçekleştirilmiştir. Krakerlerin ve ekstraktın fizikokimyasal özelliklerini ortaya koymak üzere antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde içeriği ile bunların biyoerişilebilirlikleri, flavonoid miktarı, HPLC ile bireysel fenolikler, tekstür ve renk değerleri saptanmış, krakerin duyuşsal beğeni durumu da panel sonuçlarıyla ortaya konmuştur. Elde edilen bulgulara göre YÇE ilaveli krakerin toplam fenolik madde içeriğinin, çay ekstraktı eklenmemiş kontrol grubuna göre yaklaşık üç kat arttığı görülmüştür. Kontrol grubunda antioksidan kapasite tespit edilemez iken, YÇE ilaveli krakerde bu değer 1223,61 mmol AAE/100g KM olarak belirlenmiştir. Kontrol örneğine nazaran YÇE ilaveli krakerde yaklaşık iki kat daha fazla flavonoid saptanmıştır. Polifenollerin, antioksidanların ve flavonoidlerin biyoerişilebilirliği, mide ve bağırsak aşamalarında azalma eğilimi göstermiştir. YÇE ilaveli krakerde *L* ve *h* değerlerinde azalış, *a*, *b* ve *c* renk değerlerinde ise artış olmuştur. Aynı örneğin kontrol krakere göre sertliğinde artış, kırılabilirliğinde ise azalış tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonucunda, YÇE ilaveli krakerin kontrol örneğine göre sertlik ve gevreklik yönünden daha yüksek puan aldığı, genel kabul edilebilirlik açısından ise kontrole yakın olduğu saptanmıştır. Bu tez çalışması ile ürünün besinsel kalitesine olumlu etkileri ve duyuşsal olarak da tercih edilmesi nedeniyle, yeşil çay yapraklarının kraker üretiminde kullanımının uygun olduğu ve diğer birçok gıdanın bileşiminde de kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoerişilebilirlik, çay yaprağı, kraker, optimizasyon, polifenoller, yüzey-yanıt yöntemi

**2022, ix + 88 sayfa.**

## ABSTRACT

MSc Thesis

### OPTIMIZATION OF POLYPHENOLS EXTRACTION FROM FRESH TEA LEAVES USING BOX-BEHNKEN DESIGN AND USE OF TEA POLYPHENOLS FOR FUNCTIONAL CRACKER PRODUCTION

**Döndü ÜNALAN**

Bursa Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Bige İNCEDAYI

In this study, the total phenolic contents of the tea leaves (*Camellia sinensis*) harvested in three different harvest periods were determined, and the extraction conditions of the green tea extract (GTE) with the highest polyphenol content were optimized using response surface methodology (RSM). In the second stage, the production of saltine crackers with increased nutritional value was carried out by using the aqueous extract of the tea leaf with the highest polyphenol content. The lyophilized tea leaf extract (at the rate of 1% of the dough weight) was replaced with a part of the flour and included in the cracker formulation. In order to reveal the physicochemical properties of the crackers and the extract, the antioxidant capacity, total phenolic content and their bioaccessibilities, total flavonoid content, individual phenolics with HPLC, texture and color values were determined. Also, the sensory analysis was also evaluated by the panel results. According to the findings, it was observed that the total phenolic content of crackers with GTE was increased approximately three times compared to the control group produced without tea extract. Although antioxidant capacity could not be determined in the control group, this value was determined as 1223,61 mmol AAE/100g DM in crackers with GTE. Compared to the control sample, approximately two times more flavonoids were detected in the enriched cracker. The bioavailability of polyphenols, antioxidants and flavonoids tended to reduce in the gastric and intestinal stages. There was a decrease in *L* and *h* values, and an increase in *a*, *b* and *c* color values in crackers with GTE. An increase in hardness and a decrease in crispness were detected in the same sample. As a result of the sensory evaluation carried out by ten panelists, it was determined that the cracker with GTE had higher scores in terms of hardness and crispness compared to the control sample, and was close to the control in terms of general acceptability. With this thesis, it was concluded that green tea leaves are suitable for use in cracker production and can be used in the composition of many other foods, due to the positive effects on the nutritional quality of the product and its sensory preference.

**Keywords:** Bioaccessibility, cracker, optimization, polyphenols, response surface method, tea leaf

**2022, ix + 88 pages.**

## TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitimin boyunca her zaman yanımda olup, tez çalışmamın her aşamasında değerli bilgi ve yardımlarından daima yararlandığım, desteğini esirgemeyen Danışman Hocam Doç. Dr. Sayın Bige İNCEDAYI'ya ve danışman hocam kadar desteğini gördüğüm Doç. Dr. Sayın Nihal TÜRKMEN EROL'a,

Tezimin analiz aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Hynd CHEBBİ ve Senanur DURGUT'a,

Beni her zaman içtenlikle destekleyen ve her konuda yardımcı olan babam İrfan ÜNALAN, annem Leyla ÜNALAN, kardeşim Nisa ÜNALAN ve ablam Fatma ÜNALAN' la, desteklerini esirgemeyen herkese sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Döndü ÜNALAN**  
**26/05/2022**



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Çay Bitkisi ve Tarihçesi.....	3
2.2. Çay Bitkisinin Botanik Özellikleri.....	3
2.3. Çay Çeşitleri.....	4
2.3.1. Siyah çay.....	5
2.3.2. Yeşil çay.....	5
2.3.3. Oolong çay.....	6
2.4. Taze Çay Yaprağında Bulunan Biyoaktif Maddeler.....	7
2.5. Çay Polifenollerinin Sağlık Üzerine Etkisi.....	9
2.6. Hasat Döneminin Çay Polifenollerine Üzerine Etkisi.....	11
2.7. Çayın Farklı Gıdalarda Kullanımı.....	13
2.8. Kraker Üretimi ve Zenginleştirilmesi.....	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Araştırma materyali.....	17
3.1.2. Ekipman, kimyasal madde ve diğer malzemeler.....	17
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Polifenol ekstraksiyonunun optimizasyonu.....	18
3.2.2. Polifenollerin ekstraksiyonu.....	21
3.2.3. Çay ekstraktlarının liyofilizasyonu.....	22
3.2.4. Kraker üretimi.....	22
3.2.5. Renk analizi.....	26
3.2.6. Tekstür analizi.....	27
3.2.7. Toplam polifenol (TP) tayini.....	28
3.2.8. Antioksidan kapasite (AK) tayini.....	28
3.2.9. Toplam flavonoid (TF) tayini.....	29
3.2.10. <i>In-vitro</i> biyoerişilebilirlik.....	29
3.2.11. Fenolik maddelerin HPLC ile analizi.....	31
3.2.12. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini.....	33
3.2.13. Duyusal analiz.....	33
3.2.14. İstatistiksel analiz.....	34
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	35
4.1. Çay Yaprağından Polifenollerin Ekstraksiyonuna ait Model Analizi.....	35
4.2. Ekstraksiyon Parametrelerinin Çay Yaprağı Ekstraktının TP ve AK Üzerine Etkisi.....	36
4.3. Optimizasyon Koşulları.....	43
4.4. Kraker Örneklerine Ait Fiziksel Analiz Sonuçları.....	44
4.4. Toplam Fenolik Madde, Antioksidan Kapasite, Toplam Flavonoid ve <i>In-vitro</i> Biyoerişilebilirlik Sonuçları.....	50

4.5. Fenolik Profili .....	60
4.6. Kraker Örneklerinin HMF Analiz Sonuçları .....	63
4.7. Kraker Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları .....	65
5. SONUÇ .....	68
KAYNAKLAR .....	70
ÖZGEÇMİŞ .....	88

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
Cu	Bakır
°C	Celcius
Zn	Çinko
dk	Dakika
Fe	Demir
g	Gram
g.s	Gram.saniye
Ca	Kalsiyum
kg	Kilogram
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
m	Metre
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
mbar	Milibar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mmHg	Milimetreciva
M	Molal
N	Newton
R <sup>2</sup>	Regresyon katsayısı
s	Saniye
cm	Santimetre
%	Yüzde

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
AK	Antioksidan kapasite
AlCl <sub>3</sub>	Alüminyum klorür
AAE	Askorbik asit eşdeğeri
BBDD	Box-Behnken deneme deseni
<i>C. sinensis</i>	<i>Camellia sinensis</i>
GLE	Çimlendirilmiş mercimek özütü
rpm	Dakikadaki devir sayısı
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
DM	Dry matter
LDL	Düşük yoğunluklu lipoprotein
EGC	Epigallokateşin
EGCG	Epigallokateşin gallat
ECG	Epikateşin-3-gallat
GAE	Gallik asit eşdeğeri
GTE	Green tea extract

<i>HSR</i>	<i>Hibiscus sabdariffa</i>
HCl	Hidroklorik asit
HMF	Hidroksimetilfurfural
CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyum klorür
CG	Kateşin gallat
KA	Kuru ağırlık
KM	Kuru madde
LOF	Lack of fit
MÖ	Milattan önce
PKT	Portakal kabuğu tozu
RE	Rutin eşdeğeri
NaOH	Sodyum hidroksit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
Te	Tespit edilemedi
TF	Toplam flavonoid
TC	Toplam kateşin
TE	Trolox eşdeğeri
TP	Toplam polifenol
Ü/S	Ürün/solvent oranı
YÇE	Yeşil çay ekstraktı
RSM	Yanıt-yüzey metodu
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1.	<i>C. sinensis</i> yaprakları (A) ve tomurcuğu (B)..... 4
Şekil 2.2.	Çay bitkisine uygulanan işlemlerin şematik gösterimi ..... 6
Şekil 2.3.	Çay kateşinleri ..... 8
Şekil 2.4.	Çayın sağlık üzerine etkisi ..... 11
Şekil 3.1.	Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları..... 23
Şekil 3.1.	Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları (devam) 24
Şekil 3.1.	Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları (devam) 25
Şekil 3.1.	Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları (devam) 26
Şekil 3.2.	Kraker örneklerinde renk ölçümü ..... 27
Şekil 3.3.	Kraker örneklerinde tekstür ölçümü ..... 28
Şekil 4.1.	Çay yaprağı ekstraktlarının TP (A) ve AK (B) için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması ..... 38
Şekil 4.2.	Ü/S oranı, sıcaklık ve süreye bağlı olarak TP'deki değişimi gösteren yanıt yüzey (a, c ve e) ve iz düşüm (b, d ve f) grafikleri (Ü/S oranı 1/50 (e ve f), sıcaklık 90 °C (c ve d) ve ekstraksiyon süresi 15 dk (a ve b) olarak sabitlenmiştir ..... 42
Şekil 4.3.	Ü/S oranı, sıcaklık ve süreye bağlı olarak AK'deki değişimi gösteren yanıt yüzey (a, c ve e) ve iz düşüm (b, d ve f) grafikleri (Ü/S oranı 1/50 (e ve f), sıcaklık 90 °C (c ve d) ve ekstraksiyon süresi 15 dk (a ve b) olarak sabitlenmiştir ..... 43
Şekil 4.4.	YÇE ilaveli kraker ve kontrol krakerin renk kıyaslaması..... 45
Şekil 4.5.	YÇE ilaveli kraker ve kontrol krakerin sertlik ve kırılma kırılganlık kıyaslaması..... 48
Şekil 4.6.	Kontrol kraker ve YÇE ilaveli kraker için TP (A) ve TF (B) miktarları ile AK (C) grafikleri ..... 53
Şekil 4.7.	Kontrol ve YÇE ilaveli krakerlere ait polifenol (A), antioksidan (B), flavonoidlerin (C) biyoerişilebilirliğinin karşılaştırılması..... 58
Şekil 4.8.	Krakerin fenolik bileşiklerine ait HPLC kromatogramları. Pikler: 1, GA; 2, EGC; 3, EGCG; 4, Q3RG (rutin); 5, K3R ..... 61
Şekil 4.9.	YÇE ve YÇE ilaveli kraker için HPLC ile belirlenen fenolik maddeler ..... 62
Şekil 4.10.	Krakerlere ait duyu analizi sonuçları ..... 66

## ÇİZELGELER DİZİNİ

			<b>Sayfa</b>
Çizelge	3.1.	Polifenol ekstraksiyonunda kullanılan üç faktörlü Box-Behnken deneme deseni .....	20
Çizelge	3.2.	Box-Behnken bağımsız değişkenlerin (faktörlerin) düzeyleri...	21
Çizelge	3.3.	Kraker Formülasyonu .....	22
Çizelge	3.4.	Sindirim Sıvılarının Hazırlanışı .....	31
Çizelge	3.5.	Fenolik bileşiklerin analizi için HPLC çalışma koşulları ve elusyon programı .....	32
Çizelge	4.1.	Box-Behnken deney tasarımına göre elde edilen TP ve AK değerleri .....	37
Çizelge	4.2.	Ekstraktların TP ve AK'si için yanıt-yüzey metoduna ait varyans analizi .....	38
Çizelge	4.2.	Ekstraktların TP ve AK'si için yanıt-yüzey metoduna ait varyans analizi (devam) .....	39
Çizelge	4.3.	Kontrol ve YÇE ilaveli krakerin renk ve tekstürel analiz sonuçları.....	45
Çizelge	4.4.	2019 ve 2020 yılında farklı dönemlerde toplanmış taze çay yaprağının metanollü ekstraktına ait TP (mg GAE/g KM) içerikleri .....	50
Çizelge	4.5.	Taze çay yaprağının sulu ekstraktına ait sonuçlar .....	50
Çizelge	4.6.	Kontrol ve YÇE ilaveli krakerin analiz sonuçları.....	52
Çizelge	4.7.	YÇE ve YÇE ilaveli krakere ait fenolik profili .....	61

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insanların fonksiyonel özelliği bulunan gıdalara daha fazla talep göstermesi ve sağlığı ön planda tutan yiyeceklere yönelmesiyle birlikte, bitkisel polifenollerin çeşitli ürünlere ilave edilmesi yönündeki çalışmalar artış göstermiştir. Günümüz tüketicilerinin tazesine yakın, daha doğal, daha az yapay katkı içeren, güvenilirliği yüksek ve raf ömrü uzun gıda tüketmek istemesi, gıda üreticilerini doğal ya da daha az işlem gerektiren muhafaza yöntemlerini kullanmaya yöneltmiştir. Yapay antioksidanların ve antimikrobiaların kullanımı, immün sistemi baskılama, hassasiyet ve alerjik reaksiyonlar gibi yan etkilerinden dolayı giderek azalmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar birçok bitkisel materyalin fenolik bileşik gibi faydalı bileşenleri fazla miktarda içerdiğini ve bunların antioksidan, antimutagenik, antikarsinogenik ve antibakteriyel aktivite gibi çok sayıda farmakolojik özelliklerinin olduğunu ortaya koymuştur. Bu nedenle doğal bitki ekstraktlarının sentetik katkı maddelerine alternatif olarak çeşitli gıdalarda kullanımı gitgide artış göstermektedir.

Bitkisel materyallerden biri olan çay yaprağı, biyoaktif bileşiklerden polifenollerini fazla miktarda içeren ve bu yolla sağlık üzerine çok sayıda olumlu etkisi bulunan bitkiler arasındadır (Cooper vd., 2005; Elmas & Gezer, 2019). Bu konuda yapılan çok sayıda araştırma ile çay polifenollerinin antioksidan (Luximon-Ramma vd., 2005; Z. Liu vd., 2000; Grinberg vd., 1997; Mello vd., 2004; Tosun & Karadeniz, 2005; Kinsella vd., 1993; Zhishen vd., 1999), antimutagenik (Oguri vd., 1998; Halder, 2005; Santana-Rios vd., 2001), antikarsinogenik (Sarkar & Bhaduri, 2001; C. Han vd., 1997) ve antibakteriyel (An vd., 2004; K. T. Chung vd., 1998; Sakanaka vd., 2000) aktivite gibi çok sayıda olumlu sağlık etkisinin olduğu ortaya konmuştur.

Çay bileşiminin ve kalitesinin temel olarak büyüme ortamı, bahçecilik uygulamaları, hasat dönemi, işleme ve depolama gibi çeşitli faktörlerden etkilendiği yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Hasat edilen taze yapraklardaki polifenollerin oksidasyon derecesi ve işleme sırasındaki fermentasyona bağlı olarak, siyah çay, oolong çayı, yeşil çay ve beyaz çay şeklinde duyu ve bileşimsel farklılıkları bulunan çay çeşitleri elde edilmektedir. Çay doğrudan tüketiminin yanı sıra son yıllarda, özellikle taze çay yaprağından elde edilen ticari çay ekstraktları, gıda antioksidanı, besin desteği,

kozmetik katkı maddesi ve hatta ilaç olarak kullanılmaktadır. Çayın farklı gıda gruplarında doğrudan ya da dolaylı kullanımına yönelik yapılmış çalışmalar, ürünün duyuşal, besinsel ya da mikrobiyolojik kalitesine ciddi katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Söz konusu ürünlerden biri olan kraker oldukça fazla tüketilen unlu mamullerden biri olup, farklı tipte un, yağ, kabartma tozu ve sudan yapılmaktadır.

Hammadde olarak beyaz un kullanıldığı durumda, beyaz unun üretimi gereği buğdayın öğütülmesi sırasında önemli besin elementleri uzaklaştığı için, elde edilen unun besleyici değerinin azalması nedeniyle ondan üretilen krakerin de besleyiciliği azalmaktadır. Bu sebepten dolayı son zamanlarda beyaz undan üretilen kraker dâhil, unlu mamullerin kalitesini ve fonksiyonelliğini artırmaya yönelik çalışmalar giderek önem kazanmıştır. Literatürde bu amaçla bitkisel katkıların kraker üretiminde kullanıma yönelik yapılan çalışmalar dikkati çekmektedir.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, polifenol içeriği açısından uygun hasat döneminde toplanmış çay yaprağı ekstraktının krakere fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla kullanımına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile iki farklı yıl (2019 ve 2020) içinde, üç farklı dönemde (Mayıs, Temmuz ve Eylül) hasat edilerek gölgede kurutulmuş taze çay yaprağının toplam polifenol (TP) içeriği saptanarak, en yüksek polifenol içeriğine sahip çay örneğinin ekstraksiyon koşulları yüzey yanıt yöntemi (RSM) ile Box-Behnken deneme deseni (BBDD) kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında bu ekstrakt yapılacak ön denemelere bağılı olarak kraker formülasyonuna ilave edilmiştir. Analizlerle ekstraktın ve kraker örneklerinin spektrofotometrik olarak antioksidan kapasite (AK), toplam polifenol (TP) ve toplam flavonoid (TF) miktarları ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile bireysel fenolik içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca krakerlerin hidrosimetilfurfural (HMF), tekstür, renk ve duyuşal özellikleri de ortaya konmuştur.



## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Çay Bitkisi ve Tarihçesi

Türkiye’de ilk çay yetiştiriciliği denemelerine 1888 yılında Çin’den ihraç edilen çay fidanları kullanılarak Bursa ilinde başlanmış, fakat yeterli miktarda yağış ve nem gibi iklim koşulları çay yetiştiriciliğine uygun olmadığı için başarısız olunmuştur. Çayın narenciye bitkisi ile hemen hemen aynı koşullarda yetiştiği fark edilince 1917 yılında ilk çay üretimine Doğu Karadeniz Bölgesi’nde başlanmıştır (Fisunoğlu & Besler, 2008). İncelenen arkeolojik bulgular sonucunda çayın da dâhil olduğu yabancı bitki yapraklarının kullanılması 5000 yıl öncelerine dayanmaktadır. MÖ 2737 yılında Çin İmparatoru Shen Nung tarafından kaynar suya kurumuş çay yapraklarının düşmesiyle birlikte çayın tesadüfen bulunduğu rivayet edilmektedir. Suda meydana gelen ve hoşagiden renk ile tadın oluşmasıyla çay, başta Çin olmak üzere diğer ülkelerde de yayılma alanı bulmuştur.

### 2.2. Çay Bitkisinin Botanik Özellikleri

Çay, yılın dört mevsimi yağış alan ve nemli iklim bölgelerinde yetişen kısa boylu bir bitkidir (Alikılıç, 2016.) *Theaceae* familyasından çiçekli bitki cinsi olan *Camellia sinensis*, yaprakları ve sürgünleri kullanılarak çay üretilmektedir. Farklı boylarda büyüeyebilen, yaprak dökmeyen bir çalı veya ağaç olan *C. sinensis*, genellikle düzenli budama ile 60-90 cm yükseklikte tutulur (Murray & Nowicki, 2020). Yapraklar 4-15 cm uzunluğunda ve 2-5 cm genişliğindedir. Genç, açık yeşil yapraklar tercihen çay üretimi için hasat edilir. Yaşlı yapraklar daha koyu yeşildir. Yaprak yaşları, kimyasal bileşimde farklılık oluşturacağından çay kalitesini etkilemektedir. Genellikle uç (sürgün) ve ilk iki ya da üç yaprak (çoğunlukla 2,5 yaprak), işlenmek üzere hasat edilir (Namita vd., 2012).

Çay ağacı dört yaşından itibaren ürün vermeye başlamakta ve on ile on beş yaşı en verimli ürün verme yaşı olarak bilinmektedir (Alikılıç, 2016).



**Şekil 2.1.** *C. sinensis* yaprakları (A) ve tomurcuğu (B) (Agarwal vd., 2017)

### 2.3. Çay Çeşitleri

Çay, dünyada sudan sonra en fazla tüketilen içecek olarak değerlendirilmektedir (Fisunoğlu ve Besler, 2008). Dünyada Çin, Sri Lanka, Japonya ve Tayvan başta olmak üzere, yaklaşık olarak otuz ülkede çay yetiştiriciliği yapılmaktadır (Henning vd., 2003; Cooper vd., 2005). Ülkemizde ise çay üretimi Gürcistan sınırı batısından Fatsa'ya kadar olan Doğu Karadeniz Bölgesi'nde gerçekleştirilmektedir (Sarı, 2010; E. Polat vd., 2020).

Çay bitkisinin yapraklarına hasat ve işleme esnasında uygulanan farklı yöntemler nedeniyle, siyah çay, oolong çay, yeşil çay ve beyaz çay gibi çeşitli çay tipleri ortaya çıkmaktadır (Damiani vd., 2014). Taze yapraklardaki polifenollerin oksidasyon derecesi ve işleme sırasındaki fermentasyon, esas olarak bu çeşitliliği sağlamaktadır (Elmas & Gezer, 2019.)

Geleneksel olarak bilinen siyah çay, tam fermentasyon sonucu elde edilirken, yeşil çay fermente edilmeden, oolong çayı ise kısmen fermente edilen ürünler olarak sınıflandırılmaktadır (Besler, 2008). Beyaz çay üretimi çok az miktarda gerçekleşmekte ve bu çay türü bahar aylarında sürgünler henüz kapalıyken toplanan yaprakların, güneş altında uzun süre kurutulup, yaprak kıvrma işlemi uygulanmadan, çayın hafifçe okside edildiği tür olarak tanımlanır (Damiani vd., 2014; Elmas & Gezer, 2019).

Genellikle yeşil ve oolong çaylar Doğu ülkelerinde daha çok tercih edilirken, Batı ülkelerinde siyah çay tercih edilmektedir (J. K. Lin vd., 2006; H. Zhang vd., 2019).

### **2.3.1. Siyah ay**

Dünya ay tüketiminin %78'ini oluşturan siyah çay, çay yapraklarının tam fermentasyona tabi tutulmasıyla hazırlanmaktadır (J. K. Lin vd., 2006). Fermentasyon işlemi sırasında çay kateşinleri enzimle katalize edilen oksidasyona ve polimerizasyona uğrar. Bu işlem sırasında, çay yaprağında bulunan flavanol miktarı azalmakta, fakat çaya uygulanan oksidasyon işlemi ile flavanollerden, teaflavinler ve tearubujinler gibi sekonder polifenoller oluşmaktadır (Langley-Evans, 2000a; Richelle vd., 2001; Tosun & Karadeniz, 2005). Tearubujinler, siyah çaydaki toplam çay flavonoidlerinin %50-60'ını oluştururken, teaflavinler %10'unu oluşturmaktadır (Stangl vd., 2006; H. Zhang vd., 2019).

Siyah ay üretiminde proses aşamaları koparma, soldurma, kıvrırma ve kurutmayı kapsamaktadır. Kıvrırma işleminde kullanılacak yapraklar, soldurma işleminde uygun hale getirilmekte ve yaprakların hücre yapısı parçalanarak fermentasyon başlamaktadır. Fermentasyon sonucunda siyah çayın kendine has rengi ve aroması ortaya çıkmaktadır (Henning vd., 2003; Luczaj vd., 2005; Fisunoğlu & Besler, 2008).

### **2.3.2. Yeşil ay**

Dünya ay tüketiminin %20'sini oluşturan yeşil çay, bitkinin genç sürgünlerinden tepe sürgünü ve onu takip eden iki yaprak esasına göre hasat edilen, diğer çay çeşitlerinde uygulanan kıvrırma, soldurma, parçalama işlemlerine tabi tutulmadan üretilen, okside olmamış bir çay çeşididir. Oksidasyon işlemine tabi tutulmadığı için zengin kateşin kaynağıdır (Anonim, 2008; Fisunoğlu & Besler, 2008).

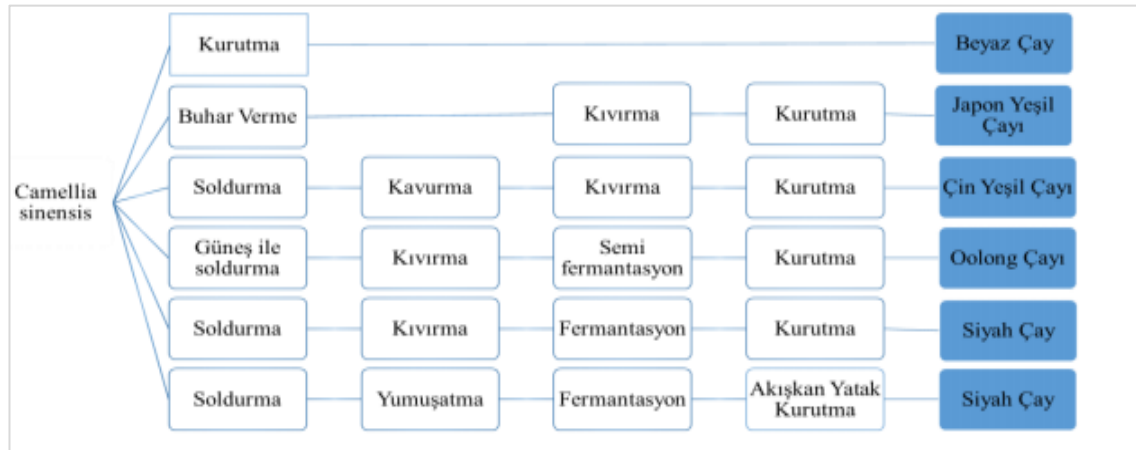
Yeşil ay yaprakları yaklaşık olarak %30 polifenol içerir. Yeşil ayda bulunan ana polifenoller, flavan-3-oller (kateşinler), flavonoller, flavonlar, proantosiyanidinler ve bunların türevlerini içeren flavonoidlerdir. Flavonoidlerin yanı sıra fenolik asitler ve bunların türevleri de mevcuttur (Belitz vd., 2009; Daglia vd., 2014). Ayrıca yeşil çay yaprakları Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn gibi mineraller ve kafein gibi ksantin bileşikleri yüksek oranda içermektedir (Y. Lu vd., 2004; Daglia vd., 2014).

Düzenli yeşil çay tüketiminin, zengin polifenol içeriğiyle ilişkili olarak, koroner kalp-damar hastalıkları, hipertansiyon ve kansere karşı etkili olduğu, ayrıca obeziteyi önleyici, yaşlanmayı geciktirici, anemiye önleyici etkilerinin bulunduğu bildirilmektedir (Kesler, 2012). Kateşinlerin bir kısmının galloil grubunu içermeleriyle ilişkili olarak patojen *Clostridium* ve *Bacillus* bakteri sporlarına karşı inhibitör etkisinin bulunduğu da belirtilmektedir (Fisunoğlu & Besler, 2008; Kesler, 2012; Sakanaka vd., 2000). Yapılan pek çok çalışma yeşil çay kateşinlerinin antikarsinojen, antimutasyon ve antioksidatif etkilerine dikkati çekmektedir (Gümüş & Küçükersan, 2016).

### 2.3.3. Oolong çay

Dünya çay tüketiminin %2'sini temsil eden oolong çayı, kısmi fermentasyon ile üretilmekte ve işleme sırasında %10-70 aralığında oksitlenmektedir (Y. L. Chen vd., 2010). Fermentasyon işlemi sırasında, oolong çayında teasinensinler gibi yeni oluşan dimerik ve oligomerik polifenoller bulunur.

Oolong çayının polifenol profili yeşil veya siyah çayinkine benzer, ancak çay yaprakları kurutulmadan önce kısmi bir fermentasyon aşamasına tabi tutulduğu için yeşil çaydan daha düşük polifenol içeriğine (Zuo vd., 2002), siyah çaydan daha yüksek seviyelerde kateşin ve daha düşük polimerik polifenol seviyesine sahiptir (Sajilata vd., 2008; H. Zhang vd., 2019).



**Şekil 2.2.** Çay bitkisine uygulanan işlemlerin şematik gösterimi (Hilal & Engelhardt, 2007).

#### 2.4. Taze Çay Yaprağında Bulunan Biyoaktif Maddeler

Çay bitkisi (*C. sinensis*), kuru ağırlığı ve içerdiği çeşitli kimyasal bileşenler bakımından bitkiler arasında en zengin flavonoid içeren sınıf olarak değerlendirilmektedir (Gübür, 2015). Flavonoidler, bitki metabolizması sırasında sentezlenen C6-C3-C6 karbon yapısına sahip (Şekil 2.3) bir grup biyoaktif bileşik olarak tanımlanmakta, özellikle ıspanak, elma, yaban mersini, çay ve şarap zengin flavonoid kaynağı gıdalar olarak bilinmektedir (Hodgson vd., 2010; Franks vd., 2019). Çayın kuru ağırlığının %30'unu flavonoidler, flavan-3-oller, flavandioller ve fenolik asitler oluşturmaktadır (Massounga Bora vd., 2018; Deka vd., 2020).

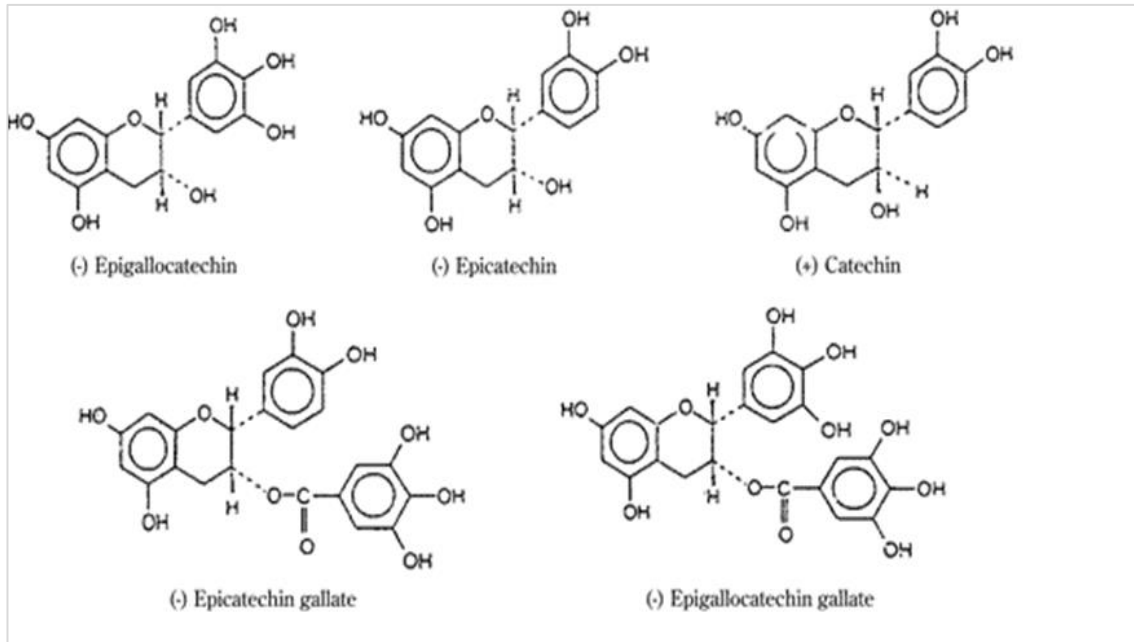
Kateşinler (Flavan-3-oller), flavonoidlerin bir alt sınıfı olan ve çayda bulunan ana ikincil metabolitler olan biyoaktif bileşiklerdir (Franks vd., 2019). Kateşinler çay yapraklarındaki TP içeriğinin %70-80'ini oluşturmaktadır (Zheng vd., 2018; Deka vd., 2020). Çaydaki ana kateşinler; kateşin (C), epikateşin (EC), epikateşin gallat (ECG), epigallokateşin (EGC), epigallokateşin-3-gallat (EGCG) ve gallokateşin (GC) olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.3). Çaydaki kateşin içeriği, çay türüne göre değişiklik göstermektedir. Yeşil çaydaki kateşinler, işlem sırasında oksidasyona uğramadıkları için nispeten stabildir ve yeşil çaya karakteristik acılığını ve burukluğunu vermektedir (Franks vd., 2019). Kateşin içeriğinin, çayın kalitesini belirlemede bir parametre olarak kullanılabileceği bildirilmektedir (Kottawa-Arachchi vd., 2014; Sabhapondit vd., 2012; Deka vd., 2020).

Siyah çayda, kateşinler oksidasyona uğrayarak büyük ölçüde teaflavinlere ve tearubijinlere dönüşmektedir (Hodgson vd., 2010). Oksidasyon sonucunda siyah çayın kateşin içeriği yeşil çaya (Preedy, 2013) kıyasla yaklaşık %85 oranında azalarak, siyah çayın daha koyu ve daha az acı tadı oluşmaktadır (Franks vd., 2019). Kateşinler, çay yaprağında bulunan alüminyum ile kompleksler oluşturmakta ve böylece alüminyum toksisitesi riskini de azaltmaktadır (Bora vd., 2019).

Ksantinler arasında bir purin alkaloidi olan kafein, dünyada en yaygın kullanılan psikoaktif madde olup, çay bitkilerinde bulunan önemli bir ikincil metabolittir (Şekil 2.3).

Dünya nüfusunun yaklaşık %80'i günlük ortalama 200 mg kafein almaktadır (Ogawa & Ueki, 2007; Daglia vd., 2014; B. Zhu vd., 2019). Bu alkaloid, çayın yapraklarında ve tohumlarda birikim göstermekte ve çay yapraklarında seviyesi 20-50 mg/g'a kadar çıkabilmektedir. Kafein, siyah çayın kalite özelliklerine katkıda bulunduğu düşük kafein seviyesine sahip çayın kalitesinin düşük olduğu kabul edilmektedir (B. Zhu vd., 2019; Deka vd., 2020).

Çayın kimyasal bileşiminin önemli bir kısmını polifenoller oluşturmakla birlikte, yaklaşık dört yüz biyoaktif bileşeni bünyesinde barındırdığı, yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Diğer bileşenleri ise alkaloidler, proteinler, karbonhidratlar, uçucu organik bileşikler, polifenoller ve eser miktarda bulunan elementlerdir (McKay & Blumberg, 2002; Çelik, 2006; Mahmood vd., 2010; Namita vd., 2012; E. Polat vd., 2020).



**Şekil 2.3.** Çay kateşinleri (Massounga Bora vd., 2018)

Çayın antioksidan aktivitesi büyük oranda içerdiği fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Beslenmeyle vücuda alınan antioksidanların yaklaşık %35-45'inin çay flavonoidlerinden geldiği belirtilmektedir. Aynı zamanda çay demleme sırasında sıcaklığı arttırmanın, demeye geçecek olan antioksidan miktarını arttıracağı da bildirilmektedir (Langley-Evans, 2000a; Karadeniz & Tosun, 2005). ABD'de günlük çay tüketiminin kişi başına 1 g/gün olduğu saptanmış, böylece çayla 200-300 mg/g

flavanoidin vücuda alındığını, bu rakamın diyetle alınması beklenen C ve E vitaminleriyle  $\beta$ -karotenin toplamından (70 mg/gün) çok daha yüksek olduğu tespit edilerek çayın ciddi bir antioksidan kaynağı olduğu belirtilmiştir (Vinson & Dabbagh, 1998).

Yapılan araştırmalar, çay çeşidine göre TP miktarı ve bileşimi dolayısıyla antioksidan aktivitesinin farklılık gösterdiğini vurgulamaktadır. Yeşil çayın içerdiği yüksek flavanoller sebebiyle, siyah çayın ise flavanol içeriğinin yanı sıra enzimatik oksidasyon aşamasında meydana gelen sekonder fenolik maddeler nedeniyle güçlü antioksidan aktivite gösterdiği belirtilmektedir (Karadeniz & Tosun, 2005).

## **2.5. Çay Polifenollerinin Sağlık Üzerine Etkisi**

Bitkisel materyallerden biri olan çay yaprağı biyoaktif bileşiklerden polifenollerini fazla miktarda içermektedir. Çayın sağlık üzerine olan yararları genel olarak içerdiği bu polifenoller ile ilişkilendirilmektedir (Cooper vd., 2005; Uchiyama vd., 2011; Gübür, 2015; Elmas & Gezer, 2019). H. Zhang vd. (2019), söz konusu biyoaktif bileşenlerin, konsantrasyona bağlı olarak sıçanların trigliserit seviyelerini düşürdüğünü ve ayrıca bağırsaktaki lipit emilimini inhibe ederek, diyet kaynaklı obeziteyi önleyebildiğini saptamıştır. Benzer bir diğer çalışmada on dört hafta boyunca yeşil çay ile beslenen farelerde, damar tıkanıklığı olan alanların %23 oranında zayıfladığı ve aortik kolesterol ve trigliserit seviyelerinde düşüş görüldüğü belirlenmiştir (Miura vd., 2001; Vadim vd., 2007).

Formica ve Regelson (1995), çay bileşiminde bulunan flavonoidlerin lipit peroksidasyonunu engelleyerek, damar sertleşmesine (ateroskleroz) karşı koruyucu etki gösterdiğini ifade etmiştir. Bununla ilişkili olarak, Hertog vd. (1993), günlük flavonoid tüketimi 29 mg'dan fazla olan bireylerde kardiyovasküler hastalık risklerinin %68 daha az olduğunu tespit etmiştir. Yang vd. (2004), günde 120 mL yeşil, oolong ya da siyah çay tüketen kişilerde hipertansiyon riskinin önemli ölçüde azaldığını ortaya koymuştur (E. Polat vd., 2020).

Yeşil çayın diğer çay çeşitlerine nazaran vücuttaki karbonhidrat emilimini engellediği (Zhong vd., 2006), yağ asidi sentezini düzenlediği (R. Zhang vd., 2006), pankreatik ve

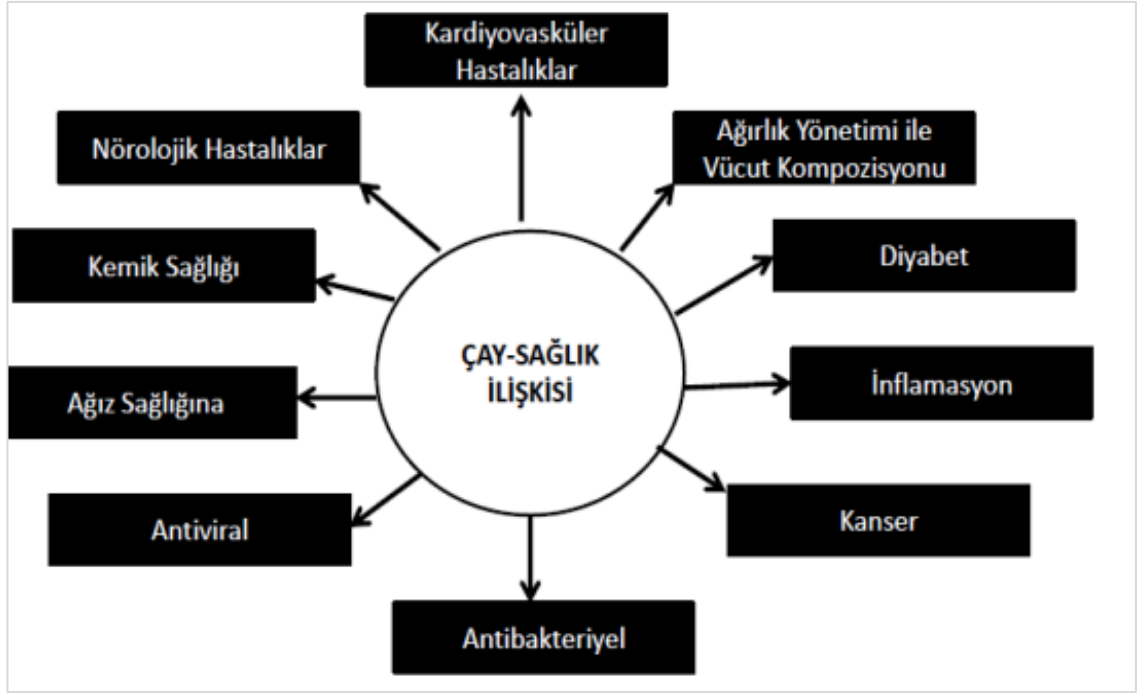
gastrik lipazı baskıladığı, termogeneze sebep olduğu (Shixian vd., 2006; Diepvens vd., 2006), sempatik sinir sistemini, yağ dokusu farklılaşmasını azalttığı (Wolfram vd., 2006) ve beyinde tokluk hissini uyandırarak daha az yemeye teşvik ettiği yapılan çalışmalarla doğrulanmaktadır (Hudson vd., 2007; Auvichayapa vd., 2011; Stendell-Hollis vd., 2010).

Yeşil çaya ait tüm bu anti-obezite özellikler, yapıda bulunan EGCG'den kaynaklanmaktadır (Kao vd., 2006; Wolfram vd., 2006; Toprak & Karaca, 2011; Uchiyama vd., 2011). Bu konuda Fransa'da yapılan bir araştırma sonucunda, orta düzeyde obezite olan kişilerin bedensel ağırlıklarının %25 EGCG içeren yeşil çay tüketimiyle üç ay sonunda %4,6 oranında azaldığı saptanmıştır (Taşkın Yılmaz vd., 2016; Z. Liu vd., 2000). Lorenzo vd. (2016) ise yaptığı çalışmayla EC, EGC, ECG ve EGCG düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) peroksidasyonunu önlemede etkili olduğunu ortaya koymuştur.

Hirata vd. (2004), günlük düzenli çay tüketimin bireylerdeki etkisini inceleyen başka bir çalışmada, dört hafta boyunca yirmi bir kişiye her gün düzenli olarak beş fincan (800 mL) siyah çay içirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda çayın, sindirim sistemi kanser riskini %21 oranında azalttığı (Nechuta vd., 2012) ve kardiyovasküler hastalık riskini önemli ölçüde düşürdüğü tespit edilmiş, özellikle düzenli tüketim alışkanlıkları olan kadınlarda pankreas kanseri riski %32 oranında azaldığı belirtilmiştir (J. Wang vd., 2012). Güney Çin'li kadınlarda yapılan çalışmada ise, yeşil, siyah çay veya oolong çayı dâhil düzenli çay tüketiminin yumurtalık kanseri riskini önemli ölçüde azaltmaya katkıda bulunduğu tespit edilmiştir (Lee vd., 2013).

Hayat vd. (2015), çayın, önemli ölçüde antioksidatif, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antikarsinojenik, antihipertansif, nöroprotektif, kolesterol düşürücü ve termojenik özelliklere sahip olduğunu bildirmiştir. M. Chen vd. (2015), oolong çayının, *Candida* türlerine karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiğini tespit etmiştir (H. Zhang vd., 2019). Siyah ve yeşil çayda bulunan kateşinlerin, mutans *Streptokokların* diş minesine yapışmasını önlediği, ayrıca tükürük amilaz enzimini uyardığı yapılan çalışmayla rapor edilmiştir (Khurshid vd., 2016; Yıldız Telatar, 2019).





**Şekil 2.4.** Çayın sağlık üzerine etkisi (Elmas & Gezer, 2019)

## 2.6. Hasat Döneminin Çay Polifenollerini Üzerine Etkisi

Çayın kalitesi temel olarak büyüme ortamı, bahçecilik uygulamaları, hasat mevsimi, işleme ve depolama gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Daglia vd., 2014). Son zamanlarda yapılan araştırmalar sonucunda aşırı sıcaklar, düzensiz yağışlar ve ara sıra yaşanan kuraklık gibi iklim değişikliğine yönelik durumların hem verimi, hem de kaliteyi etkilediği ortaya konmuştur (Ahammed vd., 2019; W. Han vd., 2018). Yaygın olarak çay verimi ve kalitesinin ters korelasyon gösterdiği, verim artışının çayın kalitesini düşürdüğü belirtilmektedir (W. Y. Han vd., 2017; Li vd., 2020). Yazın nispeten yüksek sıcaklıklar ve güneş ışığı, çay polifenollerinde artışa ve amino asit konsantrasyonlarında düşüşe neden olduğu için çayda daha buruk bir tat oluşturmaktadır (Li vd., 2016b).

Li vd. (2018a), çay bitkilerinin beş gün boyunca 35 °C sıcaklığa maruz kalması sonucu çay yapraklarındaki teanin içeriğinin önemli ölçüde azaldığını ortaya koymuştur. Bunun tam tersine, bahar çaylarında yüksek teanin konsantrasyonlarının sebebi olarak da soğuk hava gösterilmektedir (W. Xu vd., 2012).

Çaydaki kimyasal bileşenlerin varlığı, çayın acılık, burukluk ve umami gibi özelliklerini oluşturmaktadır (J. W. Liu vd., 2016). Acı ve buruk tatlara esas olarak polifenollerin neden olduğu, serbest amino asitlerin ise umami tadı oluşturduğu bilinmektedir (Kaneko vd., 2006; Narukawa vd., 2010; M. Zhu vd., 2017).

Dai vd. (2015), yaptıkları çalışmada, ilkbahar, yaz ve sonbaharda toplanan dokuz çeşit yeşil çayın metabolit profillerini belirlemeyi amaçlamıştır. Gerçekleştirilen çalışmada, yaz ve sonbahar çaylarında acılık ve burukluğun önemli ölçüde arttığı, buna karşın umaminin azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak yüksek seviyelerde serbest amino asit ve daha düşük polifenol içeriğine sahip olduğu için ilkbaharda toplanan çayın, genellikle daha iyi bir tada sahip olduğu tespit edilmiştir (M. Zhu vd., 2017).

Y. Chen vd. (2010), yaptığı çalışmada yüksek (500 m) ve düşük (350 m) rakımlarda yetiştirilerek, ilkbahar ve sonbahar aylarında toplanan çayların rakım yüksekliğinin ve hasat mevsiminin, içerdiği polifenollere etkisini belirlemiştir. Düşük rakımda yetiştirilenlere göre yüksek rakımda yetişen çaylarda daha yüksek EGCG, kateşin gallat (CG) ve toplam kateşin (TC) saptanmıştır. Ayrıca, sonbahar çayındaki EGCG, CG ve TC içeriklerinin, düşük rakımda yetiştirilen ilkbahar çayından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak düşük rakımlarda yetiştirilen çaydan oolong çayının üretiminde sonbahar çay yapraklarının kullanılması gerektiği, yüksek rakımlarda hem ilkbahar hem de sonbaharda yetiştirilen çay yapraklarını oolong çayı üretiminde kullanabileceği bildirilmiştir.

L.Y. Lin vd. (1996), yaz aylarında toplanan çayların polifenol içeriğinin ilkbaharda toplananlardakinden 1,4 kat daha fazla olduğunu saptamıştır. Aynı çalışmada toplam kateşin ve kafein içeriğinin, yaz aylarında, ilkbahardan 1,4 ve 1,57 kat daha yüksek olduğu da ortaya konmuştur.

## **2.7. Çayın Farklı Gıdalarda Kullanımı**

Çayın doğrudan tüketiminin yanı sıra son yıllarda, özellikle yeşil çaydan elde edilen ticari yeşil çay ekstraktları, gıda antioksidanı, besin desteği, kozmetik katkı maddesi ve hatta ilaç olarak kullanılmaktadır. Çayın farklı gıda gruplarında doğrudan ya da dolaylı

kullanımına yönelik yapılmış çalışmalar, ürünün duyuşal, besinsel ya da mikrobiyolojik kalitesine ciddi katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Michałowska vd. (2016), yeşil çay yapraklarını kurutup öğüterek kurabiye ürettikleri çalışmada, yaprak eklenmemiş kurabiyelerin, çay yapraklı örneklere göre daha düşük seviyelerde protein, karbonhidrat ve kül içeriğine sahip olduğunu görmüştür. Çay yaprakları ile zenginleştirilmiş kurabiyelerde kontrol örneklerine göre fenolik maddeler dört kat, diyet lifi %48, hemiselüloz içeriği ise %74 oranında daha yüksek tespit edilmiştir. Benzer iki çalışmada (Teng vd., 2018; Ou vd., 2019) ise, çay polifenollerini ile zenginleştirilerek üretilen kurabiyelerin, renginin önemli düzeyde etkilendiği, ancak dokusunun değişmediği ortaya koymuştur. Erişte hamuruna ilave edilmiş %1 oranındaki yeşil çay polifenollerinin hamur stabilitesini ve su emilim düzeyini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür (C. W. Han vd., 2020).

Rashidinejad vd. (2016), yeşil çay kateşinlerinden (+) - kateşin ve (-) - ECGC, 250 ppm ve 500 ppm düzeylerinde tam yağlı (%3,3 yağ) süte eklenmesiyle elde edilen peynirlerde, hem TP miktarının, hem de toplam AK'nin arttığını, kateşin konsantrasyonu iki katına çıktığında ise daha az doğrusal bir artış görüldüğünü tespit etmiştir. Benzer sonuçlara Birch vd. (2016) tarafından kapsüllenmiş yeşil çay ekstraktı kullanıldıktan sonra 8 °C'de 90 gün olgunlaştırılan tam yağlı peynirlerde de ulaşılmıştır.

Hayvansal besinlerden yumurta üzerine yapılan bir çalışmada, %5 yeşil çay ekstresi içeren diyetle beslenen tavukların yumurta üretiminin arttığı, yumurta sarısı ağırlığının ve yumurta sarısı indeksinin önemli ölçüde iyileştiği belirlenmiştir (Ariana vd., 2011; J. P. X. Wang vd., 2017a, 2017b). Benzer şekilde J. P. X. Wang vd. (2018a, 2018b), yumurtlama geç döneminde tavukların 200 mg/kg çay polifenollerini ile beslenmesinin yumurta üretim performansını ve albümin kalitesini artırdığını gözlemlemiştir. Şahin vd. (2010) ise yüksek seviyelerde çay polifenolünün, yumurta kalitesini (yumurta kabuğu ve albümin kalitesini) düşürdüğünü bildirmiştir (Y. F. Zhu vd., 2020).

Chaijan vd. (2020), asya levreğinden yapılan bifteklere yeşil çaydan elde edilen ham fenolik ekstraktlarını ekleyerek, mikrobiyal gelişmeyi sekiz güne kadar önlemiştir. Çay polifenolü ile muamele sonrası kitosan ile kaplanan ve 4±1 °C'de on iki gün saklanan

domuz eti köftelerinin raf ömründe altı günlük bir uzama sağlandığı, kitosan-çay polifenolü uygulamasının, raf ömrü boyunca ürünlerin duyusal kalitesini kabul edilebilir düzeyde koruduğu ortaya konmuştur (Qin vd., 2013).

Başka bir çalışmada yeşil çay ekstraktı ile hazırlanan kitosan film (%20) kullanımıyla ticari domuz sosisinde lipid oksidasyonu ve mikrobiyal büyümenin azaldığı ve raf ömrünün uzadığı tespit edilmiştir (Siripatrawan & Noipha, 2012; Lorenzo vd., 2016). Kaplama materyali içinde yeşil çay kullanımıyla ulaşılan benzer olumlu değişimler, Troy ve Kerry (2010), Jo vd., (2003) ile W. D. Wang ve Sun (2016) tarafından yapılan çalışmalarda da saptanmıştır.

## **2.8. Kraker Üretimi ve Zenginleştirilmesi**

Kraker oldukça fazla tüketilen unlu mamullerden olup, farklı tipte un, yağ, kabartma tozu ve sudan yapılmaktadır. Genellikle şekersiz olup, fermente edilmiş veya mayasız (fermente edilmemiş) hamurdan yapılan ince ve kırılğan bir ürün olarak tanımlanmaktadır (H. Polat vd., 2020). Düşük yağ, şeker ve nem içermesinden dolayı mikrobiyal bozulmaya karşı dirençli olup, uzun raf ömrüne sahiptir (Miller, 2016).

Son zamanlarda beyaz undan üretilen kraker dâhil, unlu mamullerin kalitesini ve fonksiyonelliğini artırmaya yönelik çalışmalar giderek önem kazanmıştır. Literatürde bu amaçla bitkisel katkıların kraker üretiminde kullanıma yönelik yapılan çalışmalar dikkati çekmektedir.

Işık ve Topkaya (2017), salça üretim atığı olarak bilinen domates çekirdeğini toz haline getirdikten sonra, kraker üretiminde un ikamesi olarak %2, %4 ve %6 oranlarında kullanmış, oran arttıkça krakerlerin protein, yağ, kül, diyet lifi, TP ve antioksidan içeriklerinde önemli artışların olduğunu tespit etmiştir. Diğer bir çalışmada ise zengin besin içeriği ve düşük glisemik indeksi nedeniyle bakliyat unları kraker üretiminde denenmiştir. Yapılan krakerlerde daha açık bir renk ve gevreklik gözlenmiş, nohut unuyla yapılan krakerlerde ise demir içeriğinin mevcut ürünlerden üç/altı kat daha yüksek olduğu görülmüştür (J. J. Han vd., 2010).

Lauková vd. (2019), yüksek su tutma kapasitesine sahip tatlı patates tozunun buğday unu ile %2,5, %5, %7,5 ve %10 oranında ikamesinin buğday hamurunun reolojik parametreleri ile kurabiye ve krakerlerin fiziksel parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Tatlı patates tozu ilavesi sonucunda kurabiye ve kraker hacminin, ağırlıklarının ve sertliğinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Duyusal olarak %2,5 ve %7,5 seviyesinde tatlı patates tozu ilaveli krakerler tercih edilmiştir.

Glutensiz kraker üretmek için tercih edilen bakliyat unu yerine karabuğday ununun kullanılmasıyla, yüksek fenolik ve tokoferol içeriğine sahip, DPPH radikal süpürme aktivitesi fazla olan ve duyusal olarak önemli bir farklılığın görülmediği bir ürün elde edilmiştir (Sedej vd., 2011; J. Xu vd., 2019).

Radočaj vd. (2014), glutensiz krakerlerin besin değerini ve antioksidan özelliğini değerlendirmek için fonksiyonel bileşenler olarak kahverengi pirinç unu, kenevir unu ve kafeinsiz yeşil çay yapraklarını (0-8 g) belirli oranlarda (%0, %10, %20, %30 ve %40) kullanılmış, kafeinsiz yeşil çay yaprakları eklenmiş tüm numunelerde yüksek antioksidan özellik saptanmıştır. Yapılan bir diğer çalışmada kraker üretiminde kullanılan una ikame olarak belirli miktarlarda (%50, %75 ve %90) tarhana tozu kullanılmış ve eklenen tarhana oranının artması ile krakerlerin yayılma miktarı artmış, kalınlığı ise azalmıştır. Panelistlerin duyusal değerlendirme sonucuna göre ise %75 ve %90 tarhana tozu katkılı krakerlerde gevreklik ve rengin daha iyi olduğu ifade edilmiştir (Bilgiçli & Türker, 1999).

Dündar vd. (2020), chia (*Salvia hispanica.*) tohumlarının kullanımıyla birlikte üretilen krakerlerin nem içeriğinin düştüğünü, kül, protein, yağ ve diyet lifi içeriklerinin arttığını, karbonhidrat içeriklerinin ise azaldığını saptamıştır. Mir vd. (2017), elma posasını pirinç unundan yapılmış krakerlere eklemiş ve artan elma posasının kraker hamurunun viskozitesini düşürdüğünü ve krakerin ağırlığını azalttığını bulmuştur (J. Xu vd., 2019).

Ahmed ve Abozed (2015), diyet lifi ve antioksidan içeriğini artırmak için krakerlere farklı miktarda *Hibiscus sabdariffa* (%0, %1,25, %2,5, %3,75 ve %5,0) ekstraktının eklendiği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Söz konusu ekstraktın buğday ununa eklenmesi

ile hamurlardaki gluten miktarının azalmasına bağlı olarak, zayıf gaz tutulumu sonucu krakerlerin hacminde ve yüksekliğinde azalma saptanmıştır (Wu vd., 2009). %5 oranında bitki ekstraktı ile zenginleştirilmiş krakerin içerdiği TP 5,99 mg/g'dan 17,57 mg/g'a ve TF içeriği de 49,36 mg/g'dan 104,63 mg/g'a artış göstermiştir.

Bitkisel zenginleştirmeye yönelik yapılan başka bir çalışmada, *Scolymus hispanicus* bitkisinin kök kısımları kurutulup öğütüldükten sonra un haline getirilerek kraker formülasyonunda %5, %10, %20, %30 ve %40 oranında buğday unu yerine ikame edilmiş ve krakerlerdeki değişimler incelenmiştir. *S. Hispanicus* un miktarının artması ile krakerlerin diyet lif oranları, TP, AK ve mineral madde oranları kontrol krakerlerine kıyasla artarken; karbonhidrat ve enerji değerlerinde azalma görülmüştür. %20 oranında *S. Hispanicus* unu ile üretilen krakerler duysal yönden tercih edilmiştir (Dülger Altın, 2015). Benzer olarak H. Polat vd. (2020), dondurularak kurutulmuş yeşil mercimek özütünü kraker üretimi esnasında %5, %10 ve %15 seviyelerinde un ile ikame etmiştir. Yeşil mercimek oranı arttırıldığında krakerin TP, AK, kül ve protein değerleri de artış göstermiştir. Kontrol kraker numunesinin TP içeriği 0,78 mg GAE/g iken, buğday ununun %15 oranında mercimek ile değiştirilmesi ile elde edilen krakerlerde bu değerin 3,33 mg GAE/g olduğu gözlenmiştir. Krakerlerin sertliği ve HMF içeriği kontrol numunesine göre artış göstermiştir. Duysal analizler %5 oranında zenginleştirilmiş krakerlerin tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğunu ortaya koymuştur.

Yapılan literatür araştırması sonucunda, polifenol içeriği açısından uygun hasat döneminde toplanmış çay yaprağı ekstraktının krakere fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla kullanımına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu tez çalışması, literatürdeki söz konusu eksikğin giderilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Araştırma materyali**

Planlanan tez çalışması kapsamında materyal olarak Rize Azaklıhoca bölgesinden 2019 ve 2020 yılı Mayıs, Temmuz ve Eylül dönemlerinde toplanmış, gölgede kurutulup, öğütülüp, eleme işlemlerine tabi tutulmuş çay yaprağı kullanılmıştır. Kraker üretiminde kullanılan ayçiçek yağı, tuz, kabartma tozu ve buğday unu piyasa koşullarından temin edilmiştir.

##### **3.1.2. Ekipman, kimyasal madde ve diğer malzemeler**

Bu çalışmada yüksek performanslı likit kromatografisi (HPLC) (Shimadzu, Japonya), hassas terazi (Mettler Toledo, XS204, ABD), su banyosu (Memmert, Almanya), vorteks (Heidolph, Almanya), kahve öğütücüsü (Tefal, Türkiye), derin dondurucu (-28 °C, Vestel, Türkiye), buzdolabı (+4 °C, Grundig, Türkiye), mekanik çalkalayıcı (Şimşek Laboratuvar), spektrofotometre (Shimadzu-UV/VIS 1601), nem tayin cihazı (MA150, Sartorius, Almanya), santrifüj (Nüve, Türkiye), pH metre (Sartorius, Almanya), tekstür analizatörü (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) ve fırın (İnoksan, Türkiye) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan RP-HPLC kolonu (5 µm, 250 x 4,6 mm) Nova Select'den satın alınmıştır. HPLC ile fenolik bileşiklerin analizinde kullanılan C, EC, GC, EGC, EGCG, ECG, Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD), Q3G Fluka'dan (BioChemica-Fluka Cheme İsviçre), Q3RG Wako Chem. Co.'den (Osaka-Japonya) ve K3RG Chromadex'den (Santa Ana, ABD) temin edilmiştir. HPLC saflığında orto fosforik asit, asetonitril ve polifenol ekstraksiyonu için kullanılan etanol Riedel-de Haën'den satın alınmıştır. Spektrofotometrik toplam polifenol (TP) analizinde kullanılan Folin-Cioacalteu reaktifi Merck Co.,'dan (Darmstadt, Almanya), sodyum karbonat Carlo Erba'dan (Val de Reuil, Fransa) ve gallik asit Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir. Spektrofotometrik toplam flavonoid (TF) analizinde kullanılan sodyum nitrit Carlo Erba'dan (Val de Reuil, Fransa), alüminyum klorür Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD), sodyum hidroksit Emsure'dan, (Darmstadt, Almanya) ve rutin Acros Organics'den (Waltham, MA, ABD) satın alınmıştır. Spektrofotometrik antioksidan kapasite (AC)

analizinde kullanılan 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD) satın alınmıştır. *In-vitro* gastrointestinal sindirim analizi için kullanılan taze safra, pankreatin (porcine pancreas) ve pepsin (porcine gastric mucosa) Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD), potasyum klorür, sodyum klorür, kalsiyum klorür dihidrat, hidroklorik asit Isolab'dan (Wertheim, Almanya), amonyum karbonat, monopotasyum fosfat Honeywell Fluka'dan (Seelze, Almanya), magnezyum klorür heksahidrat Carlo Erba'dan (Val de Reuil, Fransa) ve sodyum hidroksit Emsure'dan (Darmstadt, Almanya) temin edilmiştir. Spektrofotometrik HMF analizinde kullanılan p-toluidin ve barbutirik asit Sigma Chemical Company'den (St. Louis, MO, ABD) ve ile petrol eter Merck Co.,'dan (Darmstadt, Almanya) satın alınmıştır. Aynı petrol eter yağ giderme amacıyla da kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan diğer sarf malzemeler, mikropipet seti (Transferpette, Brand, Almanya) ve 0,45 µm'lik membran filtreler, elek, vidalı kapaklı plastik tüpler, tüp sehpaları, tartım kapları, tek kullanımlık spektrofotometre küvetleri, tekstür probu, Whatman No.1 filtre kağıdı ve diğer cam malzemelerdir.

### **3.2. Yöntem**

En yüksek polifenol içeriğine sahip çay yaprağından elde edilen ekstraktın optimum ekstraksiyon koşulları, yüzey-yanıt yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Daha sonra dondurularak kurutulmuş bu çay ekstraktı liyofilizatları unun bir kısmı (hamur ağırlığının %1'i oranında) ile yer değiştirecek şekilde, kraker formülasyonuna dâhil edilmiştir.

#### **3.2.1. Polifenol ekstraksiyonunun optimizasyonu**

Çay yaprağından ve krakerden polifenollerin ekstrakte edilmesinde, ekstraksiyon parametrelerinin (Ürün/Solvent (Ü/S) oranı, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi) etkisini belirlemek amacıyla Box-Behnken deneme deseni (BBDD) ve yanıt-yüzey metodu (response surface methodology (RSM) kullanılarak optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bağımsız değişkenler (ekstraksiyon parametreleri), önceki çalışmalara (Strati vd., 2018; Zhou vd., 2019) ve ön denemelere dayanılarak belirlenmiştir. İkinci dereceden modellemeye izin veren BBDD Çizelge 3.1'de verilmiş olup, üç faktör, üç düzey ve iki tekerrürlü olarak uygulanmıştır.



Çalışmada kullanılan faktörlerin düzeyleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çizelge 3.2’de belirtilen “-1” en az (minimum), “0” orta (merkez) ve “1” ise, en yüksek (maksimum) düzeyi ifade etmektedir. Bağımlı değişkenler olan toplam polifenol miktarı (TP) ve radikal tutma aktivitesini (RTA) açıklamak için kullanılan ikinci dereceden polinomial denklem (1) aşağıda gösterilmiştir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1A + \beta_2B + \beta_3C + \beta_1^2A^2 + \beta_2^2B^2 + \beta_3^2C^2 + \beta_1\beta_2AB + \beta_1\beta_3AC + \beta_2\beta_3BC \quad (3.1)$$

Buradaki Y, tahmin edilen yanıtı (bağımlı değişken) ;  $\beta_0$  modelin regresyon denklem sabitini ;  $\beta_1, \beta_2$  ve  $\beta_3$  doğrusal etki regresyon katsayılarını ;  $\beta_1^2, \beta_2^2$  ve  $\beta_3^2$ , karesel (kuadratik) etki regresyon katsayılarını ;  $\beta_1\beta_2, \beta_1\beta_3$  ve  $\beta_2\beta_3$ , interaksiyon (interaktif) etki regresyon katsayılarını ifade etmektedir. A, B ve C ise çalışılan faktörleri (Ü/S oranı, ekstraksiyon sıcaklığı ve süresi) ifade etmektedir.

Her bir faktörün yanıt (TP ve AK) üzerine etkisini belirlemek için varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Ayrıca, regresyon modelinin uyumunu değerlendirmek için, regresyon katsayısı ( $R^2$ ) hesaplanmış ve model uyumsuzluğu (lack of fit (LOF)) testi uygulanmıştır. Bağımsız değişkenler ile yanıt arasındaki ilişki üç boyutlu yüzey grafiği ve kontur (iz düşüm) grafiği ile gösterilmiş ve optimum koşullar belirlenmiştir. Modele göre belirlenmiş optimum koşullarda ayrıca üç deneme yapılmış ve bu koşullar deneysel olarak da doğrulanmıştır. Veri analizi için MINITAB 17 (State College, PA) programı kullanılmıştır.

**Çizelge 3.1.** Polifenol ekstraksiyonunda kullanılan üç faktörlü Box-Behnken deneme deseni

Deney sıra no	Bağımsız Değişkenler (Faktörler)		
	Ü/S oranı (A)	Ekstraksiyon Sıcaklığı (B)	Ekstraksiyon süresi (C)
1	-1	1-	0
2	0	0	0
3	-1	0	1
4	1	1	0
5	-1	1	0
6	0	0	0
7	0	-1	-1
8	0	1	-1
9	0	1	-1
10	1	0	-1
11	1	-1	0
12	0	0	0
13	1	-1	0
14	0	1	1
15	-1	0	-1
16	0	0	0
17	1	0	1
18	-1	0	1
19	0	-1	-1
20	1	1	0
21	0	-1	1
22	1	0	1
23	0	0	0
24	-1	1	0
25	1	0	-1
26	-1	-1	0
27	0	0	0
28	-1	0	-1
29	0	-1	1
30	0	1	1

**Çizelge 3.2.** Box-Behnken bağımsız değişkenlerin (faktörlerin) düzeyleri

Bağımsız Değişkenler	Kodlar	Düzeyler		
		-1	0	1
Ürün:solvent oranı (g/mL)	A	1:25	1:50	1:75
Sıcaklık (°C)	B	85	90	95
Süre (dk)	C	10	15	20

TP optimizasyon koşullarına göre hazırlanan ekstrakt, kraker formülasyonunda kullanılmak üzere liyofilize edilerek muhafaza edilmiştir.

### 3.2.2. Polifenollerin ekstraksiyonu

Bitkisel materyallerden polifenollerini ekstrakte etmek için çoğunlukla etanol veya metanol kullanılması (Gunathilake vd., 2019; Zardo vd., 2019) nedeniyle, çalışmanın ilk aşamasında iki farklı yıl ve üç farklı dönemde hasat edilmiş çay yapraklarından en yüksek TP içeriğine sahip materyalin saptanması amacıyla ekstraksiyon çözeltisi olarak etanol kullanılmıştır. En yüksek TP içeriğine sahip çay yaprağının kraker üretiminde kullanılabilmesi amacıyla, sonraki aşamalarda ekstraksiyon çözeltisi olarak su kullanılmıştır.

Belirli partikül iriliğinde (150-300 µm) öğütülmüş yapraklarda ve krakerlerde bulunan fenolik maddeler, su ile optimizasyon koşullarına uygun olarak belirlenen örnek/solvent oranında, sürede ve sıcaklıkta (Çizelge 3.2) tek kademeli olarak çalkalamalı su banyosu (Memmert WNB 22) kullanılarak falkon tüpü içerisinde ekstrakte edilmiş ve süre sonunda hızla akan su altında soğutulmuştur. Elde edilen ekstraktlar, 10,000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilip Whatman No.1 filtre kağıdından filtre edilmiş ve analiz edilene kadar -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

Kraker örneklerinin içeriğinde bulunan yağ, ekstrakte edilmeden petrol eter kullanılarak uzaklaştırılmıştır. Bu amaçla 0,5 g örnek üzerine 5 mL petrol eter ilave edilerek 10 s aralıklarla, sıvı kısım yağsız olana dek, otuzar saniye olmak üzere üç kez vorteks cihazıyla karıştırılmış ve sıvı kısım uzaklaştırıldıktan sonra yağı uzaklaştırılmış örnekler petri kabına yayılarak kalıntı petrol eter oda sıcaklığında uzaklaştırılmıştır.

### 3.2.3. ay ekstraktlarının liyofilizasyonu

En yüksek polifenol içeriğine sahip çay ekstraktı -80  C’de dondurulduktan sonra SB4 Armfield marka (İngiltere) liyofilizatörde -50  C ve 0,1 mbar (0,75 mmHg) vakum altında 21 saat süreyle kurutulmuştur. Liyofilizatlar, kullanılıncaya dek -18  C’de kahverengi şişelerde muhafaza edilmiştir.

### 3.2.4. Kraker retimi

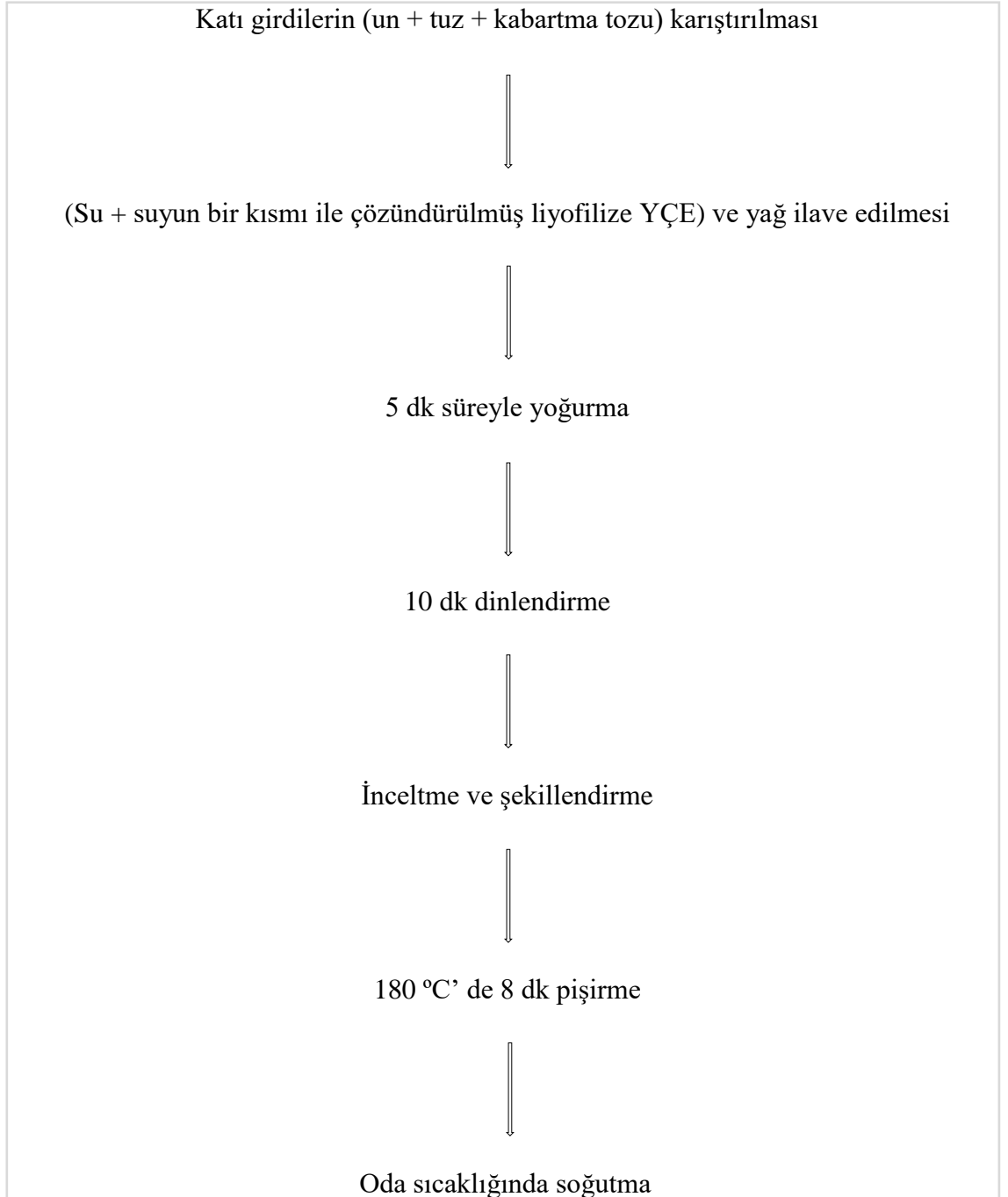
En yüksek TP içeriğine sahip olan yeşil çay yaprağı, optimizasyon parametrelerine uygun olarak ekstrakte edildikten ve dondurularak kurutulduktan sonra H. Polat vd.’nin (2020) uyguladığı reçete modifiye edilerek kraker üretiminde kullanılmıştır. ay ekstraktı içermeyen krakerler, kontrol grubunu oluşturmuştur. Çizelge 3.3’te kullanılan reçete formülasyonu verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Kraker Formülasyonu

Bileşen	Miktar (%)
Un	64,00
Tuz	0,64
Kabartma tozu	0,44
Su	19,16
Yağ	16,00

Kuru girdiler olan un, tuz, kabartma tozu bir kaptta 30 saniye boyunca karıştırılmıştır. Ardından dondurularak kurutulmuş yeşil çay ekstraktı (hamur ağırlığının %1’i oranında) zerine kraker hamurunda kullanılacak miktar su ilave edilip, 30 saniye süreyle vorteks yardımıyla çözündürülmüştür.  znen ay ekstraktı ve sıvı yağ kuru girdilere eklenmiştir. Karışım, homojen yumuşak kıvamda bir hamur elde edilene kadar 5 dk yoğurulmuştur. Hazırlanan hamur yağlı kâğıda sarılarak oda sıcaklığında 10 dk dinlendirilmiştir. Süre sonunda hamur, aralıkları ayarlanan hamur inceltme cihazı kullanılarak homojen şekilde inceltilmiştir. İstenilen kalınlığa getirilen hamur, şekillendirici yardımıyla standart ebatta kesilerek, fırın tepsisine yerleştirilen yağlı kâğıt üzerine dizilmiştir (Şekil 3.1). 180  C’de, 8 dk boyunca konveksiyonel tip fırın (İnoksan, Bursa, Türkiye) kullanılarak pişirilmiştir. Pişirme süresi ve sıcaklığı literatür verileri ve n deneme sonucu duyuşal değerlendirmeye bağlı olarak belirlenmiştir.

Krakerler 30 dk oda sıcaklığında soğutulduktan sonra, aynı sıcaklıkta polietilen poşetler içinde analiz edilene kadar muhafaza edilmiştir.



**Şekil 3.1.** Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları



**Liyofilizatın vorteks yardımıyla çözündürülmesi**

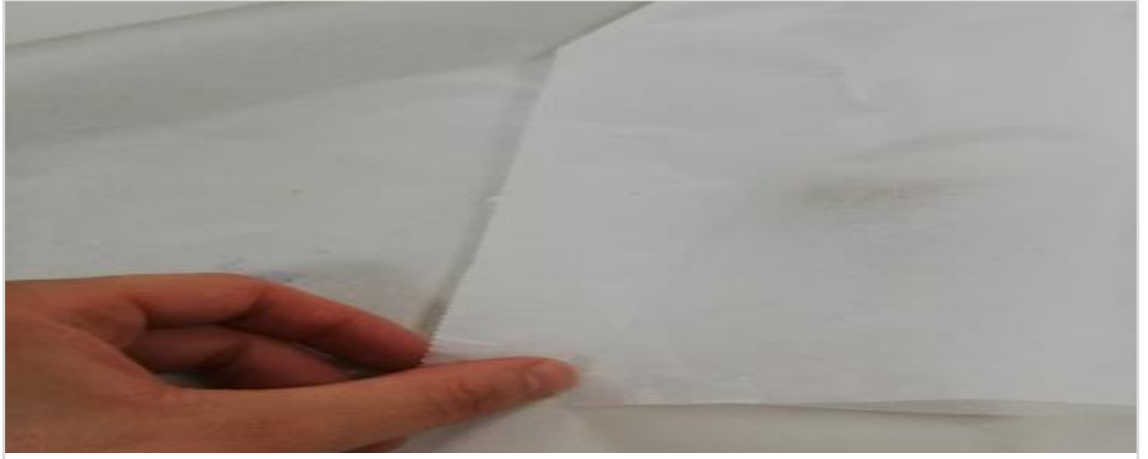


**Kuru girdilere liyofilizatın eklenmesi**



**Yoğurma**

**Şekil 3.1.** Kraker üretim akış diyagramını ve kraker üretim aşamaları (devam)



**Yağlı kağıt içinde dinlendirme**



**Hamur inceltme**



**Şekillendirme ve kesme**

**Şekil 3.1.** Kraker üretim akış diyagramını ve kraker üretim aşamaları (devam)



**Tepsiye yerleştirme ve pişirme**



**Soğutma**

**Şekil 3.1.** Kraker üretim akış diyagramı ve kraker üretim aşamaları (devam)

### **3.2.5. Krakerde fiziksel analizler**

Üretilen krakerlerde ağırlık, çap ve kalınlık, AACCI Metot No.10.54'e göre standart ekipman (kumpas) kullanılarak belirlenmiştir (AACCI 1995).

### **3.2.5. Renk analizi**

Renk analizi Minolta CM 3600d model renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. CIE Renk Değerlerinden ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) oluşan üçlü skalada  $L^*=100$  beyaz,  $L^*=0$  siyah; yüksek pozitif  $a^*$  kırmızı, yüksek negatif  $a^*$  yeşil; yüksek pozitif  $b^*$  sarı ve yüksek negatif  $b^*$  mavi olarak değerlendirilmektedir. Öğütülmüş krakerlerde petri kabı içinde renk analizi yapılmıştır. Şekil 3.2'de krakerlerin renk ölçümü gösterilmiştir.

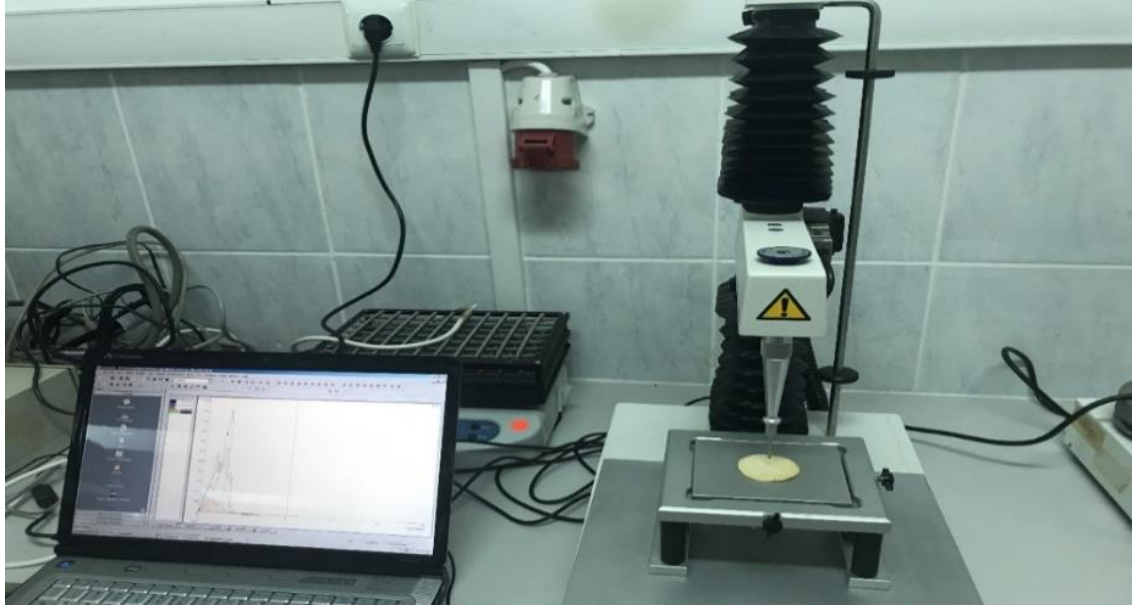




**Şekil 3.2.** Kraker örneklerinde renk ölçümü

### **3.2.6. Tekstür analizi**

Kraker örneklerinin kırılmaya karşı dirençlerini (maksimum kuvvet, N) belirlemek için TA.TX2 model tekstür analiz cihazı (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) kullanılarak sertlik ölçümleri yapılmıştır. Tekstür analizi için HDP/3BP; Three Point Bend Ring (3 noktalı bükme probu) bıçak seti ve HDP/90 ağır çalışma platformu içeren TA-XT PLUS cihazı (TAXT Plus, İngiltere) kullanılarak maksimum kuvvet (g.s) ölçülmüştür. Ön test hızı 2,5 mm/s, test hızı 2,0 mm/s, son test hızı 10,0 mm/s, mesafe 15 mm, trigger kuvvet tipi 20 g ve veri elde etme oranı ise 500 pps şeklinde ayarlanmıştır. Ölçümler krakerlerin orta noktalarından yapılmıştır. Şekil 3.3'te krakerlerin tekstür ölçümü görülmektedir.



**Şekil 3.3.** Kraker örneklerinde tekstür ölçümü

### **3.2.7. Toplam polifenol (TP) tayini**

Örneklerin TP miktarı spektrofotometrik Folin-Ciocalteu yöntemine (ISO 14502-1:2005) göre analiz edilmiştir. Çay ekstraktından yirmi kat seyreltilmiş, krakerden ise direk alınmış 0,5 mL ekstrakt, 2,5 mL Folin-Ciocalteu (%10'luk, v/v) reaktifi ile karıştırılmıştır. 5 dakika sonra bu karışıma 2 mL sodyum karbonat çözeltisi (%7,5) ilave edilerek karışım vortekslenmiştir. Ekstrakt yerine saf su kullanılarak aynı işlemlerle kör hazırlanmıştır. Tüpler 60 dakika karanlıkta bekletildikten sonra, oluşan mavi rengin absorbansı spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800) 765 nm'de köre karşı okunmuştur. Sonuçlar, stok standart gallik asit çözeltisinin farklı konsantrasyonları ile elde edilen kalibrasyon eğrisinin regresyon eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmış ve mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g kuru madde (KM) cinsinden ifade edilmiştir ( $R^2=0,9968$ ).

### **3.2.8. Antioksidan kapasite (AK) tayini**

Antioksidan kapasite Türkmen Erol vd.'ne (2009) göre DPPH serbest radikali yakalama yöntemiyle tespit edilmiştir. 50 µL ekstrakt, metanolde hazırlanmış 1950 µL DPPH radikali ( $6 \times 10^{-5}$  M) ile karıştırılmıştır. Kontrol örneği için ekstrakt yerine saf su kullanılarak aynı işlemler tekrarlanmıştır. Reaksiyon karışımı kuvvetlice karıştırıldıktan sonra, karanlıkta 25 °C'de 60 dakika bekletilmiştir. Sürenin bitiminde karışımın ve kontrol örneğinin absorbansı, spektrofotometrede 517 nm'de metanole karşı

okunmuştur. Antioksidan kapasite (AK), aşağıdaki eşitlikten (Yen & Duh, 1994) yararlanılarak hesaplanmıştır ( $R^2=0,9975$ ).

$$AK (\%) = \left( \frac{Abs_{Kontrol} - Abs_{Örnek}}{Abs_{Kontrol}} \right) \times 100 \quad (3.2)$$

*Abs kontrol:* Örnek içermeyen DPPH çözeltisinin absorbanı

*Abs örnek:* Örnek içeren DPPH çözeltisinin absorbanı

Aynı koşullar altında referans antioksidan olarak askorbik asit çözeltisinin 0-150 µg/mL aralığındaki farklı konsantrasyonları ile bir kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir. Örneklerin AK'si askorbik asit eşdeğerine dönüştürülerek mmol askorbik asit eşdeğeri (AAE)/100 g KM olarak belirlenmiştir.

### 3.2.9. Toplam flavonoid (TF) tayini

Toplam flavonoid miktarı Rodrigues vd.'ne (2015) göre spektrofotometrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir. Bu amaçla, 300 µL ekstrakt, 1800 µL saf su ve 100 µL sodyum nitrit (%5 w/v) ile karıştırılmıştır. 6 dakika oda sıcaklığında inkübe edilen karışım üzerine, 200 µL %10'luk AlCl<sub>3</sub> (metanolde hazırlanmış) çözeltisi ilave edilmiştir. 6 dakika sonra 600 µL sodyum hidroksit (%4 w/v) eklenerek yeniden 15 dk inkübe edilmiştir. Ekstrakt yerine saf su kullanılarak aynı işlemlerle kör hazırlanmıştır. Süre sonunda absorban değerleri 510 nm'de köre karşı okunmuştur. Analizde standart olarak rutin kullanılmış ve farklı konsantrasyonları (0-1500 ppm;  $R^2=0,9997$ ) ile standart kurve ( $y=0,0009x$ ) elde edilmiştir. Sonuçlar kurve baz alınarak hesaplanmış ve rutin eşdeğeri (RE) cinsinden mg RE/g KM olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.10. *In-vitro* biyoerişilebilirlik

Fenolik bileşiklerin biyoerişilebilirliğini değerlendirmek amacıyla, TP tayininde kullanılan polifenol ekstraktı, simüle edilen gastrik (mide) ve intestinal (bağırsak) sindirim aşamalarından geçirilmiştir (Minekus vd., 2014). Yöntem kısaca aşağıda belirtildiği gibi uygulanmıştır.

**Gastrik aşama:** 10 mL ekstrakt, 7,5 mL mide sıvısı (Çizelge 3.4) 1,6 mL stok pepsin çözeltisi (mide sıvısı ile hazırlanmış, 25000 U/mL; pepsinin aktivitesi 3200- 4500 U/mg

protein), 5 µL 0,3 M CaCl<sub>2</sub>, 0,2 mL 1 M HCl (pH'yi 3'e ayarlamak için) ve 0,695 µL su ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışımın enzim aktivitesi 2000 U/mL'dir. Kontrol örneğinde pepsin çözeltisi kullanılmamıştır. Karışım daha sonra 37 °C'de çalkalamalı su banyosunda 2 saat inkübasyona bırakılmış, süre bitiminde 12000 x g'de 4 °C'de 10 dk santrifüj edildikten sonra, çözünmüş kısımdan (supernatant) toplam polifenol ve antioksidan kapasite analizleri için örnek alınarak, geri kalan kısım bağırsak aşaması için kullanılmıştır.

**Bağırsak aşaması:** 10 mL gastrik kısım, 5,5 mL bağırsak sıvısı (Çizelge 3.4), 2,5 mL stok tripsin bazlı pankreatin çözeltisi (bağırsak sıvısı ile hazırlanmış, 800 U/mL; pankreatinin aktivitesi 100 USP U/mg protein), 1,25 mL 160 mM safra, 20 µl 0,3 M CaCl<sub>2</sub>, 0,075 mL 1 M NaOH (pH'yi 7'ye ayarlamak için) ve 0,655 mL su ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışımın enzim aktivitesi 100 U/mL'dir. Kontrol olarak kullanılacak örnekte pankreatin çözeltisi ve safra kullanılmamıştır. Karışım daha sonra 37 °C'de çalkalamalı su banyosunda iki saat inkübasyona bırakılmış, süre bitiminde 12000 x g'da 4 °C'de 10 dk santrifüj edildikten sonra, supernatanttan örnek alınarak, toplam polifenol ve antioksidan kapasite analizleri yapılmıştır. Her iki aşama için (mide ve bağırsak); fenolik bileşiklerin miktarı ve antioksidan kapasite spektrofotometre ile belirlendikten sonra, biyoerişilebilirlik (%) aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\text{Biyoerişilebilirlik (\%)} = (K_{\text{sindirilmiş}} / K_{\text{sindirilmemiş}}) \times 100 \quad (3.3)$$

*K*<sub>sindirilmiş</sub>: Mide/bağırsak aşamasından sonraki konsantrasyon (mg)

*K*<sub>sindirilmemiş</sub>: Sindirilmemiş örnekteki konsantrasyon (mg)

**Çizelge 3.4.** Sindirim Sıvılarının Hazırlanışı

Bileşen	Formül	Stok çözelti (mol/L)	Mide sıvısı (pH:3)	Bağırsak sıvısı (pH:7)
			Stoktan alınan miktar (500mL)	Stoktan alınan miktar (500mL)
Potasyum klorür	KCl	0,5	6,9	6,8
Monopotasym fosfat	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,5	0,9	0,8
Sodyum karbonat	NaHCO <sub>3</sub>	1	12,5	42,5
Sodyum klorür	NaCl	2	11,87	9,6
Magnezyum klorür heksahidrat	MgCl <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>6</sub>	0,15	0,4	1,1
Amonyum karbonat	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5	0,5	-

\*Tüm sindirim sıvıları distile su ile 500 mL'ye tamamlanmıştır.

### 3.2.11. Fenolik maddelerin HPLC ile analizi

Fenolik bileşiklerin analizi için Türkmen (2007) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla saf su ile uygun oranda seyreltilen ekstraktlar, 0,45 µm'lik membran filtreden süzölmüş ve filtrat HPLC (Perkin Elmer, Flexar model) kolonuna enjekte edilmiştir. Analizde kullanılan HPLC koşulu ve elusyon programı aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Fenolik bileşiklerin analizi için HPLC çalışma koşulları ve elusyon programı

<b>HPLC çalışma koşulları</b>		
Sistem	: Shimadzu (Prominence serisi)	
Yazılım	: LCb solution	
Kolon	: Novaselect (125x4,0 mm, ID; 5 µm; C <sub>18</sub> )	
Kolon fırını	: CTO-10AS VP	
Kolon Sıcaklığı	: 30 °C	
Dedektör	: Photodiode array (PDA)	
Dedeksiyon dalga boyları	: 270 ve 355 nm	
Pompa	: LC-20AD	
Akış Hızı	: 1 mL/dak	
Enjeksiyon Miktarı	: 20 µL	
<b>Elusyon programı</b>		
Süre (dak)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
0	92	8
10	89	11
57	79	21
62	20	80
67	92	8
Solvent A: % 0,1'lik (v/v) fosforik asitli su		
Solvent B: Asetonitril		

Örneklerdeki fenolik bileşiklerin tanımlanması, bileşiklerin kolondaki alıkonma süresi ve UV-spektrumlarının ilgili standart maddelere ait süre ve spektrumlarla karşılaştırılmasıyla yapılmıştır. Fenolik bileşiklere ait piklerin tanımlanması ve miktarlarının hesaplanması bileşiklerin maksimum absorban değerini verdiği dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Bileşiklerin miktarlarının tespit edilmesinde bileşiklere ait HPLC kromatogramlarından elde edilmiş integre alanlar ve standart maddelerin ara stok çözeltileri ile hazırlanmış kalibrasyon eğrilerinden yararlanılmıştır.

### 3.2.12. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini

Bu yöntem, diğer aldehitlerde olduğu gibi HMF'nin de barbütirik asit ve p-toluidin ile reaksiyona girerek kırmızı renkli bileşikler oluşturması ve oluşan rengin absorpsiyonunun spektrofotometrede belirlenmesi ilkesine dayanarak gerçekleştirilmiştir. Öğütülüp, aynı partikül iriliğine getirilmiş ve ardından petrol eter yardımıyla yağı uçurulmuş 1 g kraker örneği 10 mL'lik balon jöjeye tartılmış ve bir miktar saf su ilave edilerek çözündürülmüştür. Üzerine 0,2 mL Carrez 1 ve Carrez 2 çözeltileri eklenip 30 s vortekslenmiştir. Balon jöje içeriği saf su ile hacme tamamlandıktan sonra 1 dk vortekslenmiş, karışım 10 dk dinlendirilip, filtre edilmiştir. Elde edilen filtratlardan iki ayrı deney tüpüne ikişer mL alınmıştır. Spektrofotometrede ölçüm yapılmadan hemen önce deney tüplerinden ilkinde 5 mL p-toluidin çözeltisi ve 1 mL damıtık su, diğerine ise 5 mL p-toluidin çözeltisi ve 1 mL barbütirik asit çözeltisi eklenmiştir. Tüp içerikleri 30 s vorteks yardımıyla karıştırıldıktan sonra absorpsiyon değerleri saf suya karşı 550 nm dalga boyunda okunmuştur. Standart kurveden elde edilen formül yardımıyla, sonuçlar mg/kg KM cinsinden hesaplanmıştır (Winkler, 1955).

$$HMF=K \times (a-b) \times S \quad (3.4)$$

*K*: Standart eğrinin eğimi

*a*: Esas deneme için okunan absorpsiyon değeri

*b*: Kör için okunan absorpsiyon değeri

*S*: Seyreltme oranı

### 3.2.13. Duyusal analiz

Kraker örnekleri 1-5 hedonik skala kullanılarak, bilgilendirme yapılmış on kişilik panelist grubu tarafından, aşağıdaki form üzerinden duyusal analize tabi tutulmuştur. Bu amaçla örneklerin renk, koku, tat, sertlik, gevreklik ve genel kabul edilebilirlik özellikleri ortaya konulup, sonuçlar ortalama puanlar üzerinden değerlendirilmiştir (Manley, 1991; Sertekan, 2006; Altuğ & Elmacı, 2011).

Panelistin Adı-Soyadı:

Tarih: .../.../...

### **Kraker Duyusal Analiz Formu**

**DİREKTİFLER:** Belirlenen parametreler aşağıdaki hedonik skalaya göre değerlendirilecektir.

**Renk:** Krakere özgü sarımtırak renkte olmalıdır.

**Koku:** Krakere özgü kokuya sahip olmalı ve yabancı koku içermemelidir.

**Tat:** Krakere özgü tada sahip olmalıdır.

**Sertlik:** Krakere özgü sertlikte olmalıdır.

**Gevreklilik:** Krakere özgü kıtırlıkta olmalıdır.

Örnek Kodu	Renk	Koku	Tat	Sertlik	Gevreklilik	Genel kabul edilebilirlik	Düşünceler

5-Çok beğendim, 4-Beğendim, 3-Kararsızım, 2-Az beğendim, 1- Beğenmedim

### **3.2.14. İstatistiksel analiz**

İstatistik analizleri SPSS 23 (SPSS Inc. Chicago IL, USA) programı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, üç tekrarlı ölçümlerin ortalaması  $\pm$  standart sapma olarak verilmiştir. Elde edilen verilere, one-way tek yönlü ANOVA yöntemi ile varyans analizi uygulanmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar, Duncan çoklu karşılaştırmalı testi ile belirlenmiştir.



## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Çay Yaprağından Polifenollerin Ekstraksiyonuna ait Model Analizi

Bu çalışma kapsamında, iki farklı yıl ve üç farklı dönemde hasat edilen çay yapraklarında TP analizi gerçekleştirilmiştir. Polifenollerin çay yaprağından uygun koşullarda (Ü/S oranı: 1/61, konsantrasyon %85 ve süre 50 dk) ekstraksiyonu için solvent olarak etanol kullanılmıştır. Etanolün seçilme nedeni, onun çevre dostu ve polifenol ekstraksiyonu için oldukça etkili bir solvent olması olup, literatürde de en çok kullanılan solventlerden biri olmasıdır. Yapılan TP analizi sonucuna göre, çay yapraklarının TP içeriği 74,10-108,19 mg GAE/g KM arasında değişmiş olup, 2020 yılı Eylül döneminde toplanan çay yaprağının en fazla TP içeriğine (108,19 mg GAE/g KM) sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çay yaprağı polifenollerini kraker üretiminde kullanabilmek amacıyla, TP içeriği en fazla olan çay yaprağından (2020 yılı, Eylül dönemi) su ile polifenollerin ekstraksiyonu BBD deseni kullanılarak RSM ile gerçekleştirilmiş olup, ekstraktlara ait deneysel ve modele göre tahmin edilen TP ve AK değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1 incelendiğinde, çay yaprağı ekstraktlarında deneysel olarak belirlenen TP ve AK’nin sırasıyla 57,28- 86,47 mg GAE/g KM ve 8,14-17,00 mmol AAE/100 g KM arasında değiştiği görülmektedir.

Çay yaprağı ekstraktlarının TP ve AK için yapılan varyans analizi (ANOVA), modelin yüksek determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) ile oldukça önemli ( $p<0,05$ ) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.2). Bu sonuç, ekstraktların TP ve AK’si için elde edilen deneysel ve tahmini veriler arasında yüksek korelasyon olduğunu göstermektedir (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2 incelendiğinde, elde edilen modelin uygunluğunu ölçen, model uyumsuzluğu (lack of fit) önemsiz ( $p>0,05$ ) bulunmuştur. Bu durum, modelin bağımsız değişkenlerin (ekstraksiyon parametrelerinin) incelenen aralıklarındaki herhangi bir kombinasyonunda çay yaprağından elde edilen ekstraktların TP ve AK’yi tahmin etmek için kullanılabileceğini göstermektedir.

#### **4.2. Ekstraksiyon Parametrelerinin ay Yaprağı Ekstraktının TP ve AK Üzerine Etkisi**

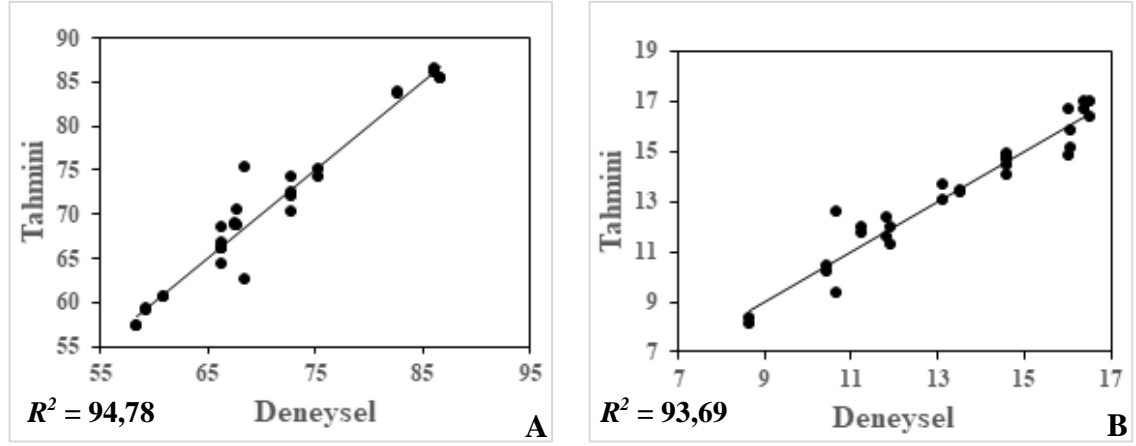
Varyans analizi sonuçlarına göre, ekstraksiyon parametrelerinin her iki yanıt üzerine lineer etkisinin önemli olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ) (Çizelge 4.2). Ancak sadece, sürenin AK üzerine lineer etkisi önemli bulunmamıştır. Bu durum, TP ve AK'nin ekstraksiyon parametrelerinden oldukça fazla etkilendiğini göstermektedir. Süre hariç, Ü/S oranı ve sıcaklık karesel terimlerinin TP ve AK'nin her ikisi üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). İnteraksiyon terimleri açısından ise sadece Ü/S x sıcaklık etkileşimi TP ve AK'yi önemli ölçüde etkilemiştir ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.1.** Box-Behnken deney tasarımına göre elde edilen TP ve AK değerleri

Deney no	Bağımsız değişken			Bağımlı değişken			
				TP (mg GAE/ g KM)		AK (mmol AAE/ 100 g KM)	
	A	B	C	DeneySEL	Tahmini	DeneySEL	Tahmini
1	-1	-1	0	57,28	58,49	8,14	8,66
2	0	0	0	66,11	66,35	14,65	14,60
3	-1	0	1	70,47	67,83	12,37	11,85
4	1	1	0	83,76	82,69	17,00	16,41
5	-1	1	0	60,60	60,98	11,29	11,91
6	0	0	0	64,45	66,35	14,04	14,60
7	0	-1	-1	68,70	67,51	10,16	10,44
8	0	1	-1	72,47	72,75	14,81	16,03
9	0	1	-1	74,20	72,75	16,69	16,03
10	1	0	-1	71,94	72,85	13,41	13,52
11	1	-1	0	62,50	68,53	9,37	10,66
12	0	0	0	66,70	66,35	14,80	14,60
13	1	-1	0	75,38	68,53	12,55	10,66
14	0	1	1	85,43	86,69	16,38	16,52
15	-1	0	-1	59,34	59,36	11,94	11,25
16	0	0	0	68,62	66,35	14,88	14,60
17	1	0	1	86,47	86,10	15,83	16,07
18	-1	0	1	68,64	67,83	11,61	11,85
19	0	-1	-1	68,96	67,51	10,41	10,44
20	1	1	0	83,91	82,69	16,68	16,41
21	0	-1	1	75,13	75,29	13,09	13,11
22	1	0	1	86,08	86,10	15,15	16,07
23	0	0	0	66,11	66,35	14,43	14,60
24	-1	1	0	60,55	60,98	11,94	11,91
25	1	0	-1	70,31	72,85	13,35	13,52
26	-1	-1	0	57,42	58,49	8,32	8,66
27	0	0	0	66,12	66,35	14,78	14,60
28	-1	0	-1	59,03	59,36	11,73	11,25
29	0	-1	1	74,31	75,29	13,70	13,11
30	0	1	1	85,32	86,69	16,96	16,52

Bağımsız değişken	Seviye			
	Kodlar	-1	0	+1
Ürün/solvent oranı (g/mL)	A	1:25	1:50	1:75
Sıcaklık (°C)	B	85	90	95
Süre (s)	C	10	15	20



**Şekil 4.1.** Çay yaprağı ekstraktlarının TP (A) ve AK (B) için tahmini ve deneysel değerlerin karşılaştırılması

**Çizelge 4.2.** Ekstraktların TP ve AK'si için yanıt-yüzey metoduna ait varyans analizi

Varyasyon kaynakları	SD <sup>a</sup>	KT <sup>b</sup>	KO <sup>c</sup>	F değeri	p değeri
<b>Model</b>	9	2236,92	248,55	40,36	0,000
<b>Doğrusal</b>	3	1757,71	585,90	95,14	0,000
<b>Ü/S oranı</b>	1	1008,76	1008,76	163,80	0,000
<b>Sıcaklık</b>	1	276,99	276,99	44,98	0,000
<b>Süre</b>	1	471,96	471,96	76,64	0,000
<b>Karesel</b>	3	380,74	126,91	20,61	0,000
<b>Ü/S*Ü/S</b>	1	13,54	13,54	2,20	0,154
<b>Sıcaklık*Sıcaklık</b>	1	52,88	52,88	8,59	0,008
<b>TP Süre*Süre</b>	1	315,43	315,43	51,22	0,000
<b>İnteraksiyon</b>	3	98,47	32,82	5,33	0,007
<b>Ü/S*Sıcaklık</b>	1	68,12	68,12	11,06	0,003
<b>Ü/S*Süre</b>	1	11,43	11,43	1,86	0,188
<b>Sıcaklık*Süre</b>	1	18,92	18,92	307	0,095
<b>Artık</b>	20	123,17	6,16		
<b>Model uyumsuzluğu</b>	3	26,15	8,72	1,53	0,244
<b>Hata</b>	17	97,02	5,71		
<b>Toplam</b>	29	2360,09			
<b><math>R^2 = 94,78</math></b>		<b>Düzeltilmiş-<math>R^2 = 92,43</math></b>		<b>Tahmini-<math>R^2 = 87,07</math></b>	

**Çizelge 4.2.** Ekstraktların TP ve AK'si için yanıt-yüzey metoduna ait varyans analizi (devam)

Varyasyon kaynakları	SD <sup>a</sup>	KT <sup>b</sup>	KO <sup>c</sup>	F değeri	p değeri
<b>Model</b>	9	343,459	38,162	46,59	0,000
<b>Doğrusal</b>	3	64,441	21,480	26,22	0,000
<b>Ü/S oranı</b>	1	45,857	45,857	55,98	0,000
<b>Sıcaklık</b>	1	16,645	16,645	20,32	0,000
<b>Süre</b>	1	1,939	1,939	2,37	0,140
<b>Karesel</b>	3	27,4536	91,512	111,72	0,000
<b>Ü/S*Ü/S</b>	1	18,504	18,504	22,59	0,000
<b>Sıcaklık*Sıcaklık</b>	1	265,152	265,152	323,69	0,000
<b>AK Süre*Süre</b>	1	2,709	2,709	3,31	0,084
<b>İnteraksiyon</b>	3	4,482	1,494	1,82	0,175
<b>Ü/S* Sıcaklık</b>	1	3,785	3,785	4,62	0,044
<b>Ü/S*Süre</b>	1	0,539	0,539	0,66	0,427
<b>Sıcaklık*Süre</b>	1	0,158	0,158	0,19	0,665
<b>Artık</b>	20	16,383	0,819		
<b>Model uyumsuzluğu</b>	3	0,363	0,121	0,13	0,942
<b>Hata</b>	17	16,020	0,942		
<b>Toplam</b>	29	359,842			
<b>R<sup>2</sup> = 93,69    Düzeltilmiş-R<sup>2</sup> = 90,85    Tahmini-R<sup>2</sup> = 84,15</b>					

a: Serbestlik derecesi b: Kareler toplamı c: Kareler ortalaması \*: p<0,05.

Kullanılan faktör düzeyleri ile yanıtlar arasındaki ilişkiyi gösteren ve regresyon analizi sonucu elde edilen model eşitlikleri aşağıda verilmiştir.

$$TP = 66,35 + 7,940A + 4,161B + 5,431C - 1,354A^2 + 2,676B^2 + 6,536C^2 + 2,918AB + 1,195AC + 1,538BC \quad (4.1)$$

$$AK = 14,597 + 1,625A + 2,250B + 0,787C - 1,769A^2 - 0,917B^2 + 0,344C^2 + 0,624AB + 0,488AC - 0,546BC \quad (4.2)$$

Eşitlikteki (4.1 ve 4.2) negatif değerler, faktörlerdeki artışa karşılık yanıtlardaki azalma eğilimini gösterirken, pozitif değerler artma eğilimini göstermektedir

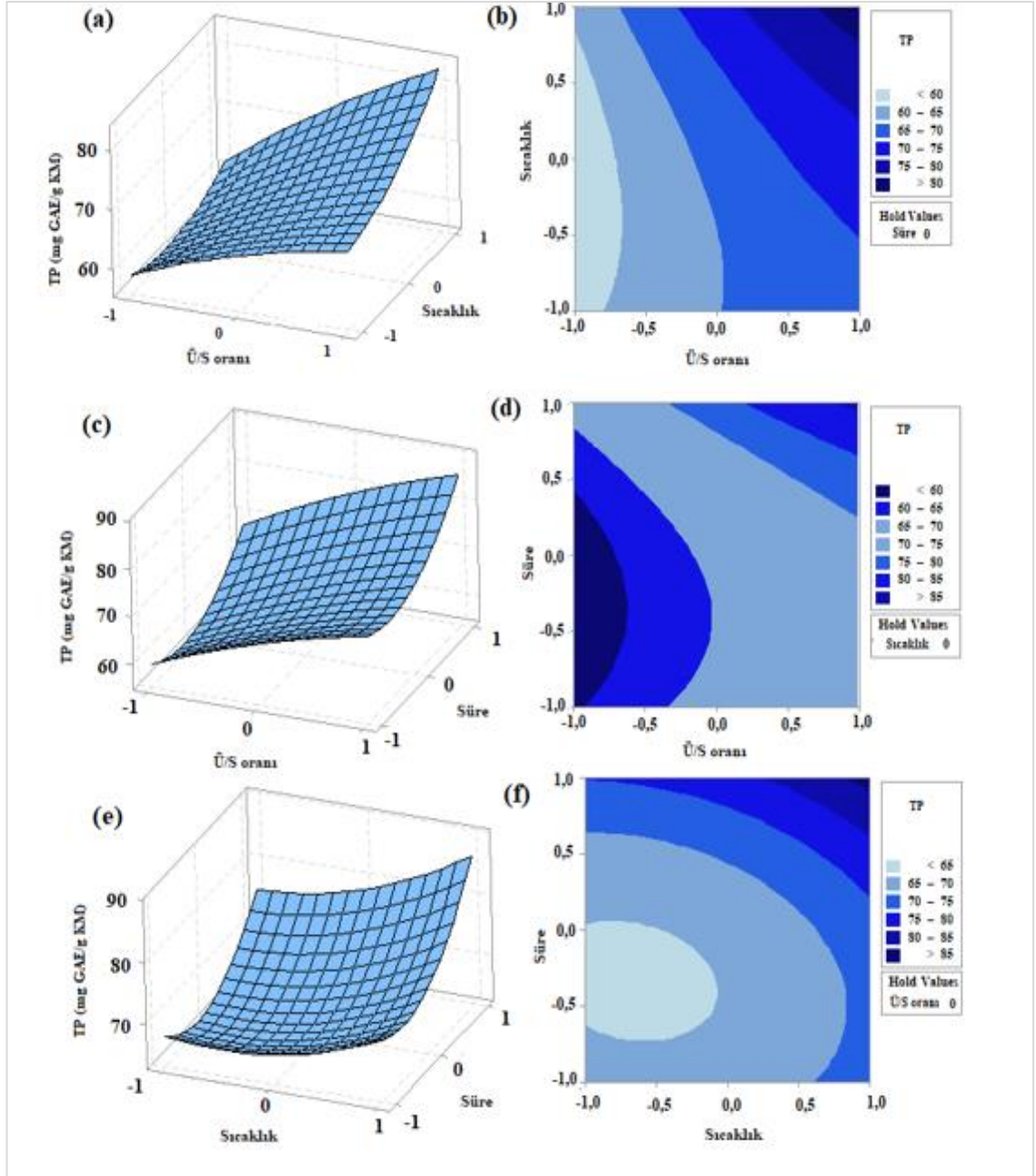
(Barizão vd., 2013). Eşitliklerden görüldüğü üzere, TP ve AK değerlerinde Ü/S oranı, sıcaklık ve ekstraksiyon süresindeki artışa bağlı olarak  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  ve  $\beta_3$  terimleri nedeniyle artış tespit edilmiştir. Söz konusu bağımsız değişkenlerin karesel ve interaksiyon terimleri için de pozitif ve negatif değerlerin olduğu gözlenmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki önemli bulunduğundan, ekstraksiyon parametrelerinin TP ve AK değerlerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla üç boyutlu yanıt yüzey ve iz düşüm grafikleri çizilmiştir (Şekil 4.2 a-f ve 4.3 a-f). Grafikler çizilirken, ekstraksiyon parametrelerinden biri merkez seviyede sabit tutulurken, diğer ikisi deneme aralığı içerisinde değiştirilmiştir. Şekil 4.2 a-b ve 4.3 e-f de görüldüğü gibi TP ve AK değerleri, sıcaklık 90 °C'den (kod = 0) 95 °C'ye doğru (kod = +1) giderken artış göstermiştir. Benzer şekilde, Rebollo-Hernanz vd. (2021) tarafından kakao kabuklarından 30-100 °C'de, Shi vd. (2021) ise pitaya tohumlarından 140-240 °C'de polifenollerin ekstraksiyonunu yaptıkları çalışmalarında, en yüksek polifenol miktarını yüksek sıcaklıklarda elde etmişlerdir. Yüksek sıcaklıklar dokuları yumuşatarak çözünürlüğü, yani difüzyon katsayısını artırır (Ilaiyaraja vd., 2015; Rebollo-Hernanz vd., 2021). Ayrıca sıcaklığın yükselmesi çözücünün viskozitesini ve yüzey gerilimini azaltarak, çözücü ve çözünen maddeler arasındaki temasın artmasına, dolayısıyla polifenollerin ekstraksiyonunun artmasına neden olmaktadır (Machado vd., 2015; Shi vd., 2021).

Ekstraksiyon parametrelerinden ürün/solvent oranı TP ve AK'yi önemli düzeyde etkilemiştir ( $p < 0,05$ ). Şekil 4.9 a-d ve 4.10 a-d' de görüldüğü gibi, TP ve AK, Ü/S oranı 1/25'ten (kod = -1), 1/75'e (kod = +1) doğru artış göstermiş ve 1/75 oranında (kod = +1) en yüksek TP ve AK değerleri elde edilmiştir. Yani ürün/solvent oranının 1/25'ten 1/75'e artması TP ve AK değerlerinde artan bir eğilim göstermiştir. Benzer şekilde, Zhou vd. (2019) tarafından fasulye kabuğundan polifenollerin ekstraksiyonunu gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Ü/S oranı 1/10'dan 1/25'e arttıkça antioksidan aktivite artmış ve 1/25 ile 1/40 oranı arasında maksimum düzeye ulaşmıştır. Araştırmacılar 1/29,3 oranını optimal nokta olarak belirlemişlerdir. Y. Liu vd. (2013) *Euryale ferox* tohum kabuklarından fenolik bileşikleri ekstrakte ettikleri çalışmalarında Ü/S oranının 1/10' dan 1/30'a artmasıyla, ekstraksiyon veriminde artış tespit etmişlerdir. Ürün/solvent oranı arttığında ekstraksiyonda hedef bileşik ile solvent

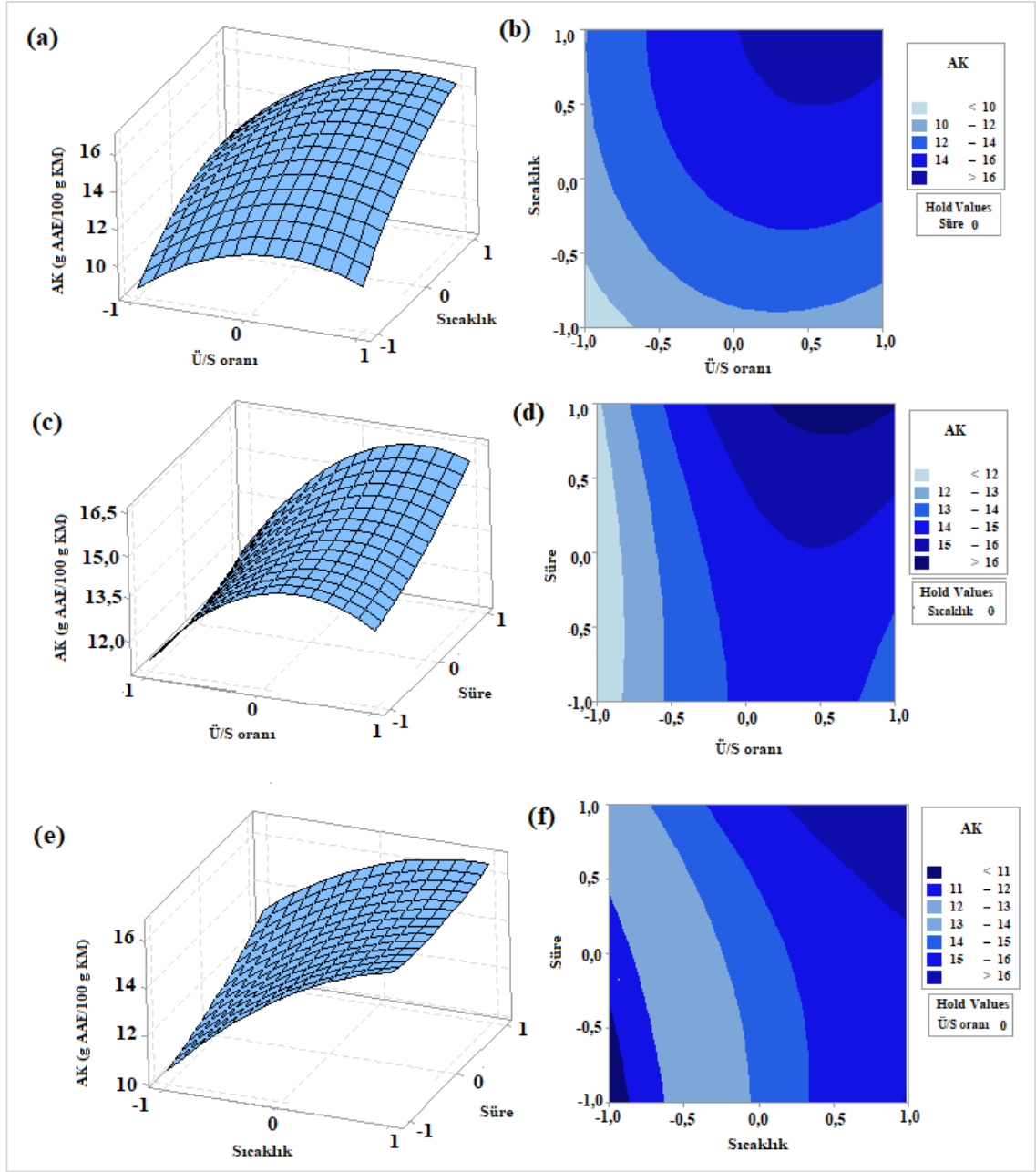
arasındaki temas alanı artar ve bu durum fenolik bileşiklerin daha fazla ekstrakte edilmesini sağlamaktadır (Shi vd., 2021).

Sıcaklığın Ü/S oranı ile etkileşiminin TP ve AK üzerine önemli etki ( $p<0,05$ ) yaptığı gözlenmiştir (Şekil 4.2 a, b ve 4.3 a, b). Yüksek sıcaklıkta ürün/solvent oranı arttığında TP ve AK değerleri artmıştır. Ekstraksiyon sıcaklığı 95 °C (kod =+1), ürün/solvent oranı ise 1/75 (kod=+1) olduğunda daha fazla TP ve AK değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde Guthrie vd. (2020), kivi kabuklarından polifenollerin ekstraksiyonunu gerçekleştirdikleri çalışmalarında, sıcaklık ve ürün/solvent etkileşimini önemli bulmuş ve yüksek sıcaklıkta ürün/solvent oranı arttığında daha fazla TP elde etmişlerdir.



**Şekil 4.2.** Ü/S oranı, sıcaklık ve süreye bağlı olarak TP'deki değişimi gösteren yanıt yüzey (a, c ve e) ve iz düşüm (b, d ve f) grafikleri (Ü/S oranı 1/50 (e ve f), sıcaklık 90 °C (c ve d) ve ekstraksiyon süresi 15 dk (a ve b) olarak sabitlenmiştir





**Şekil 4.3.** Ü/S oranı, sıcaklık ve süreye bağlı olarak AK'deki değişimi gösteren yanıt yüzey (a, c ve e) ve iz düşüm (b, d ve f) grafikleri (Ü/S oranı 1/50 (e ve f), sıcaklık 90 °C (c ve d) ve ekstraksiyon süresi 15 dk (a ve b) olarak sabitlenmiştir)

### 4.3. Optimizasyon Koşulları

Araştırma bulguları, taze çay yaprağı ekstraktlarından edilen polifenol miktarının yüksek olması için faktör düzeyleri arasında belli bir dengenin olması gerektiğini göstermiştir. Bu nedenle Box-Behnken tasarımı ile optimizasyon yapılarak, polifenol miktarının maksimum olabilmesi için en uygun faktör düzeyleri belirlenmiştir.

Optimizasyon sonucu, en yüksek TP değeri elde edilebilmesi için Ü/S oranının 1/50,64; ekstraksiyon sıcaklığının 95 °C ve ekstraksiyon süresinin ise 20 dk olması gerektiği belirlenmiştir. Bu koşullar uygulanarak yapılan ekstraksiyon sonucunda, hedeflenen tahmini TP miktarının 97,39 mg GAE/g KM olacağı tespit edilmiştir. Bu sonucun sağlanıp sağlanmadığını kontrol etmek, yani modelin geçerliliğini analiz etmek amacıyla optimum olarak belirlenen koşullarda yapılan üç tekrarlı ekstraksiyon sonucunda TP miktarı 95,79 mg GAE/g KM olarak bulunmuştur. Bu sonuç, deneysel TP miktarının optimizasyon sonucunda olması gereken tahmini TP miktarı ile oldukça uyumlu olduğunu göstermiştir.

Literatürde bitkisel kaynaklardan polifenollerin ekstraksiyonunun optimizasyonu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bununla birlikte, bu çalışmadaki optimum ekstraksiyon koşullarını, ekstraksiyon yöntemini optimize etmek için aynı bağımsız değişkenlerin kullanıldığı önceki sınırlı çalışmalardan (Strati vd., 2018; Zhou vd., 2019) elde edilenlerle karşılaştırmak oldukça zordur. Bunun başlıca nedenleri, uygulanan ekstraksiyon yöntemlerinin ve araştırma materyallerinin farklı olmasıdır.

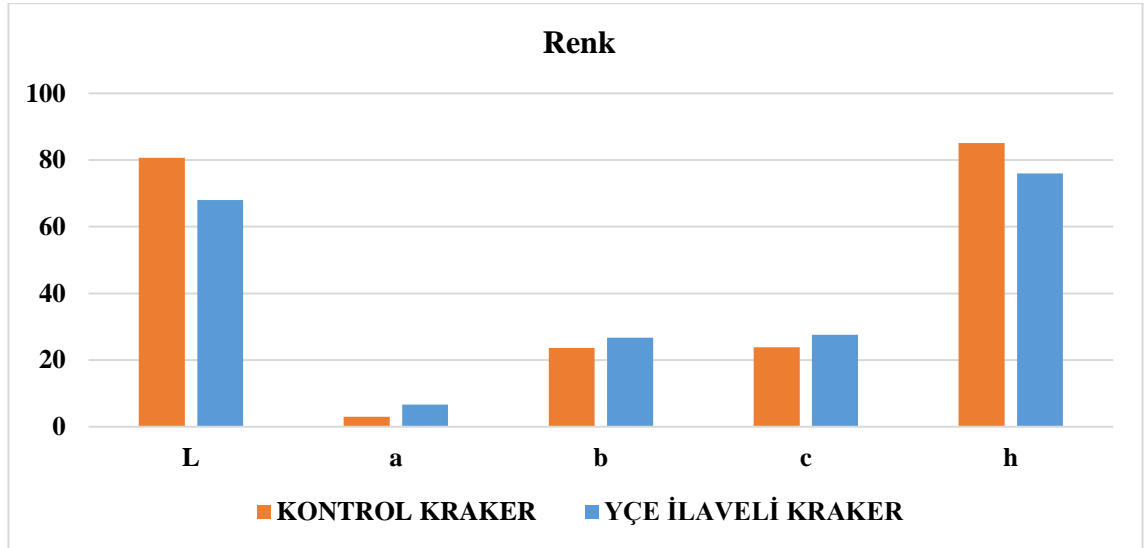
#### **4.4. Kraker Örneklerine Ait Fiziksel Analiz Sonuçları**

Krakerlerde fiziksel analizler kapsamında ağırlık, çap ve kalınlık ile renk ve tekstür analizleri gerçekleştirilmiştir. Ortalama kraker ağırlığı, çapı ve kalınlığı sırasıyla 1,90 g, 40 mm ve 2,75 mm olarak saptanmıştır. Yüzey alanı ve kalınlık, krakerlerin pişme süresini etkilediği için önem taşımakta olup, inceltme işlemi gevrek yapının sağlandığı kalınlık dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir.

Kontrol ve YÇE ilaveli krakerlere ait renk ve tekstür analiz sonuçları Çizelge 4.3'te, grafikleri ise Şekil 4.4 ve 4.5'te görülmektedir.

**Çizelge 4.3.** Kontrol ve YÇE ilaveli krakerin renk ve tekstürel analiz sonuçları

	<b>Kontrol</b>	<b>YÇE ilaveli</b>
<i>L (parlaklık)</i>	80,69 ± 0,07	67,97 ± 0,48
<i>a (kırmızı-yeşil)</i>	2,99 ± 0,06	6,68 ± 0,25
<i>b (sarı-mavi)</i>	23,61 ± 0,08	26,73 ± 0,23
<i>C (kroma değeri)</i>	23,80 ± 0,09	27,56 ± 0,27
<i>H (hue açısı)</i>	85,10 ± 2,40	75,98 ± 0,44
<b>Sertlik (g.s.)</b>	837,89 ± 7,97	945,02 ± 60,82
<b>Kırılgenlik (g.s.)</b>	2791,24 ± 56,6	2637,70 ± 38,49



**Şekil 4.4.** YÇE ilaveli kraker ve kontrol krakerin renk kıyaslaması

*L*, *a*, *b* değerleri üç boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde *L* değeri dikey eksenle parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken; *+a* kırmızılığa, *-a* yeşilliğe, *+b* sarılığa, *-b* ise maviliğe gidişi göstermektedir. Genel olarak, yüksek *a* (kırmızı) ve *b* (sarı) değerleri rengin daha parlak olduğunu göstermektedir (Fischer vd., 2013). *L* değeri açıklık-koyuluk ölçüsünü gösteren bir renk parametresidir. *L* değerinde meydana gelen azalma, çoğunlukla enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme sonucu kararma ile ürün renginin koyulaşmasından (siyaha yaklaşma) kaynaklanmaktadır (Maskan, 2006). YÇE ilavesinin ürünün renginde meydana getirdiği

değişimi belirlemek amacıyla, söz konusu ölçümlere ilave olarak chroma (renk yoğunluğu) ve hue açısı (renk tonu) değerleri de hesaplanmıştır (Turfan vd., 2011).

Krakerin  $L$  değeri YÇE ilavesiyle azalmıştır. Bu durum YÇE ilaveli krakerde rengin koyulaştığını ifade etmektedir.  $a$  ve  $b$  değerlerinde ise kontrole nazaran artış görülmüştür (Çizelge 4.3, Şekil 4.4). Benzer şekilde Michałowska vd. (2016), yeşil çay yapraklarını kurutup öğüterek kurabiye yapımı için kullanmış ve sonuçta  $L$  değerinin azaldığını tespit etmiştir. Benzer iki çalışmada (Teng vd., 2018; Ou vd., 2019) ise çay polifenollerini ile zenginleştirilerek üretilen kurabiyelerin, renginin olumsuz yönde etkilendiği, ancak dokusunun değişmediği ortaya konmuştur.

Dülger Altiner (2015), *Scolymus hispanicus* L. bitkisinin kök kısımlarını hava akımında kuruttuktan sonra öğütüp un haline getirmiş ve bu unu buğday unu ile % 5, %10, %20, %30 ve %40 oranlarında ikame ederek kraker üretimi gerçekleştirmiştir. Elde edilen krakerlerin, bu çalışmadaki sonuçlarla benzer olarak, kontrol krakerine nazaran  $L$  değeri azalmış,  $a$  ve  $b$  değerleri ise artış göstermiştir.

Ahmed ve Abozed (2015), tarafından yapılan çalışmada, *Hibiscus sabdariffa* (HSR) katkılı krakerin  $L$  ve  $b$  değeri HSR oranının artmasıyla azalış göstermiştir (kontrol örneğinde 74,62, %5 HSR katkılı krakerde 51,48). Kırmızılığı gösteren  $a$  değeri %5 HSR katkılı krakerde 10,42 iken, kontrol için 6,73 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma ile kıyaslandığında  $L$  ve  $a$  değeri benzer eğilimi gösterirken, sarı rengi ifade eden  $b$  değeri, kullanılan girdinin rengiyle ilişkili olarak, ters bir eğilim sergilemiştir.

Işık ve Topkaya (2017), salça üretim atığı olan domates çekirdeklerini kullanarak yaptıkları çalışmada, domates çekirdeği ilave edilen krakerlerin  $L$  değerlerinin kontrol krakerden önemli derecede düşük,  $a$  değerlerinin ise bir o kadar yüksek olduğunu tespit etmiştir.  $b$  değerinin ise tüm krakerlerde benzerlik gösterdiği saptanmıştır. YÇE ilaveli kraker ile kıyaslandığında  $L$  ve  $a$  değerlerinin, bu sonuçlarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Savlak vd. (2020), enginar yaprağı atığının kurutulup öğütülmesiyle elde edilen tozun fonksiyonel kraker üretiminde kullanımı üzerine yaptıkları çalışmada, enginar yaprağı tozunun artmasıyla,  $L$ ,  $a$  ve  $b$  değerlerinde azalış tespit etmiştir.  $L$  değerinin değişimi bu

çalışmayla uyum gösterirken,  $a$  ve  $b$  değerinde bu çalışmadan farklı şekilde saptanan eğilimin, girdinin renginden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Lauková vd. (2019), tatlı patates tozunu farklı oranlarda ikame ederek yaptıkları krakerde,  $L$  ve  $b$  değerlerinde kontrole göre artış,  $a$  değerinde ise azalma tespit etmiştir. Bu değişim, patates tozunun sarımsak renginin, üründe açık sarıya yakın renk meydana getirmiş olması ile açıklanabilir. YÇE ilaveli kraker ile sadece  $b$  değerinin uyuştugu görülmüştür.

Utku vd. (2020), buğday ununa farklı oranlarda ilave edilen kırmızı mercimek ununun krakerlerde  $L$  ve  $b$  değerini düşürdüğünü,  $a$  değerini ise artırdığını saptamıştır. Benzer renk değişimi Ajila vd. (2008) tarafından mango kabuğu tozu kullanılarak üretilen bisküvilerde de görülmüştür.

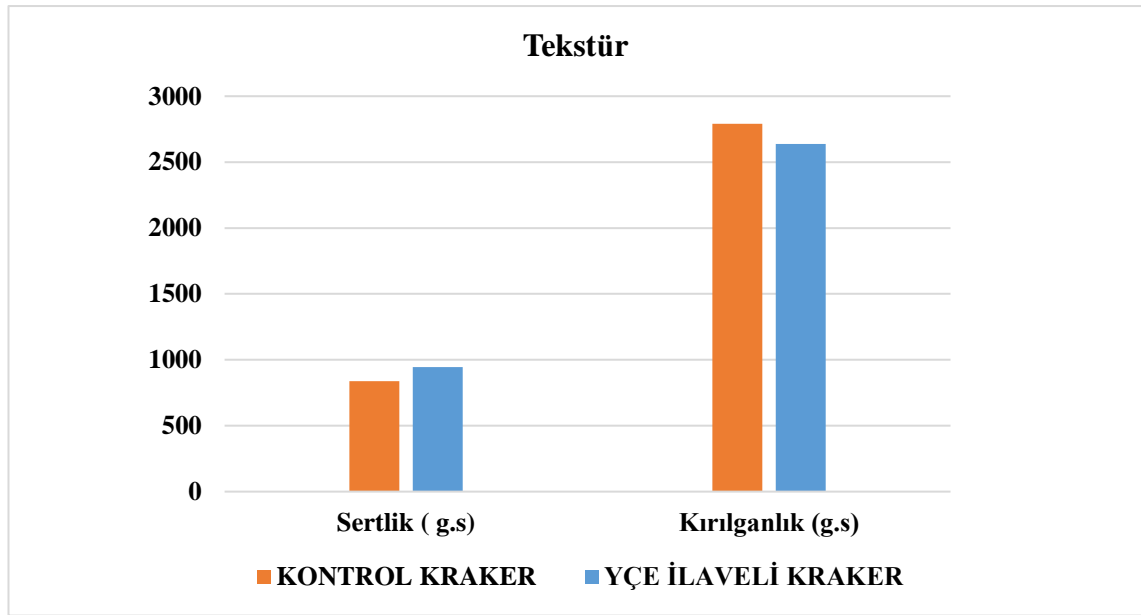
Venkatachalam ve Nagarajan (2017), maş fasüyesi unu kullanarak yaptıkları tuzlu krakerde, bu çalışmada olduğu gibi,  $L$  değerinde azalış,  $a$  değerinde ise artış tespit etmişlerdir. Benzer sonuç, Aydın (2014) tarafından balkabağı unu, Bölek (2020a) tarafından incir tohumu tozu, Demirel ve Demir (2018) tarafından farklı turunçgil kabukları ve Imeneo vd. (2021) tarafından limon kabuğu ve limon posası kullanılarak yapılan bisküvilerde de bulunmuştur.

Göçmen vd. (2019), kahve çekirdeği zarının belirli oranlarda kullanılmasıyla üretilen bisküvilerde  $L$  değerinin, kahve çekirdeği zarı oranı arttıkça azaldığını tespit etmiştir. YÇE ilaveli krakerde olduğu gibi, ürün renginin bu girdiyle koyulaşmış olması, söz konusu sonuca neden olmuş olabilir. Bezelye unu (Zhao vd. 2019), kırmızı pancar ekstraktı (Hidaolgo vd. 2018), nar kabuğu tozu (Bölek, 2020b) ve portakal kabuğu tozu (Can, 2015) içeren bisküvilerde de benzer sonuçlar saptanmıştır.

YÇE ilaveli krakerlerde TP ve TF içeriklerinin de yüksek olmasına bağlı olarak, krakerde daha koyu bir rengin hâkim olduğu, bunun kroma renk yoğunluğunun yüksek olması ve  $L$  değerinin düşük olmasıyla da doğrulandığı görülmektedir. Çayın renge olan bu etkisi, duyuşal açıdan kontrol krakerin biraz daha beğenilmesine neden olmuştur.

Tekstür, gıdanın yapısal ve mekaniksel özellikleriyle ilişkili kalite özelliklerini kapsamaktadır. Bu nedenle gıdaların yapısal ve mekaniksel özelliklerini bilmek, onun tekstürel özelliklerinin anlaşılmasında önemlidir (Aydın, 2014).

Kraker ve bisküvi benzeri ürünlerde tekstür genel olarak sertlik, kırılabilirlik, gevreklik vb. özellikler ile karakterize edilmektedir (Yıldız, 2019). Literatürde krakerlerde yapılmış tekstür analizlerine yönelik sınırlı sayıda araştırmaya rastlanmıştır. Bu nedenle farklı girdilerin kullanıldığı yakın tahıl ürünleriyle karşılaştırma yapılmıştır.



**Şekil 4.5.** YÇE ilaveli kraker ve kontrol krakerin sertlik ve kırılabilirlik kıyaslaması

Yapılan tez çalışmasında kontrol krakerin sertliği  $837,89 \pm 7,97$  g.s. YÇE ile zenginleştirilmiş krakerin sertliği  $945,02 \pm 60,82$  g.s. olarak bulunmuştur. Yeşil çay ilavesi krakerin sertliğini artırırken, kırılabilirliğini beklenen şekilde azaltmıştır (Çizelge 4.3, Şekil 4.5). Benzer şekilde Lafarga vd. (2019), dondurularak kurutulmuş ve toz haline getirilmiş brokoli sapsarı ile zenginleştirilen krakerlerde, Zhao vd. (2019) ise bezelye unu kullanarak ürettikleri krakerde kontrole nazaran daha sert bir yapı saptamıştır. Krakere yakın yapısı nedeniyle bisküvi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde ise, Ajila vd. (2008) mango tozu katkılı bisküvide, Gül vd. (2021) ise kırmızı pancar tozu katkılı bisküvide sertlik değerinin kontrole göre arttığını bildirmiştir.

Bölek (2020b), nar kabuğu ve incir tohumu tozu ilavesinin bisküvilerin sertliğini arttırdığını, kırılgenliğini ise azalttığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde Dülger Altiner (2015), *Scolymus hispanicus* L. ununun belirli oranlarda kullanılmasıyla üretilen krakerlerde, oranın artmasıyla birlikte sertliğin arttığını, kırılgenliğin ise azaldığını bildirmiştir.

Şeker vd. (2010), kayısı çekirdeği ununu %10, %20, %30 ve %40 oranlarında kullanarak ürettikleri kurabiyelerde oranın artmasıyla kurabiyelerin sertliğinde artma saptamıştır.

İnkaya vd. (2009), üç farklı kestaneden farklı yöntemlerle elde ettikleri unları kullanarak kurabiye üretimi gerçekleştirmiştir. Haşlanmış ve fırınlanmış kestanelerden elde edilerek üretilen kurabiyelerin sertlik değerleri kestane unu oranı arttıkça azalma eğilimi gösterirken, dondurularak kurutulmuş kestane unlarından elde edilen kurabiyelerin sertliğinde ise artış meydana gelmiştir.

Bu tez çalışmasında saptanan sonuçtan farklı olarak, Utku vd. (2020), kırmızı mercimek unu ilave edilen krakerlerin, Can (2015), portakal kabuğu tozu ilave ederek üretilen bisküvinin sertliğinde azalma tespit etmişlerdir. Aydın vd.'nin (2014) yaptığı çalışmada da balkabağı unu katkılı bisküvilerin kırılma kuvvetleri ve sertliği kontrole nazaran düşük bulunmuştur.

H. J. Chung vd. (2014), beyaz pirinç, kahverengi pirinç ve kahverengi pirincin çimlendirilmesi ile elde edilen unları buğday unu ile belirli oranlarda (%30, %50, %70 ve %100) ikame ederek ürettikleri kurabiyelerin hepsinde sertliğin azaldığını bildirmiştir.

Gür vd. (2022), çavdar ekmeğine %0,1 ve %0,5 oranlarında ilave edilen yeşil çay ekstraktının sertliği azalttığını tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışma sonuçlarının, bu çalışmada ortaya konan sonuçlarla uyum göstermemesi, kraker bisküvi ya da ekmeğin üretimi sırasında ikame edilen girdilerin bileşiminin, üründe farklı yönlerde doku değişimi meydana getirmesi şeklinde açıklanabilir.

#### 4.4. Toplam Fenolik Madde, Antioksidan Kapasite, Toplam Flavonoid ve *İn-vitro* Biyoerişilebilirlik Sonuçları

Çay ekstraktı ile kontrol kraker ve YÇE katkılı krakere ait analiz sonuçları Çizelge 4.4-4.5'te ve Şekil 4.6 ile Şekil 4.7'de görülmektedir.

**Çizelge 4.4.** 2019 ve 2020 yılında farklı dönemlerde toplanmış taze çay yaprağının metanollü ekstraktına ait TP (mg GAE/g KM) içerikleri

	Mayıs	Temmuz	Eylül
<b>2019</b>	83,72 ± 0,02 <sup>a*</sup>	79,16 ± 0,53 <sup>a</sup>	94,74 ± 2,59 <sup>b</sup>
<b>2020</b>	74,10 ± 1,72 <sup>a</sup>	92,21 ± 0,60 <sup>b</sup>	108,19 ± 1,24 <sup>c</sup>

\*Aynı satırdaki küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (p<0.05).

**Çizelge 4.5.** Taze çay yaprağının sulu ekstraktına ait sonuçlar

	Başlangıç	Gastrik aşama	İntestinal aşama
<b>TP (mg GAE/g KM)</b>	99,07 ± 0,28 <sup>c</sup>	53,26 ± 1,71 <sup>b</sup>	45,62 ± 1,42 <sup>a</sup>
<b>AK (mmol AAE/100 g KM)</b>	110454,64 ± 1474,80 <sup>c</sup>	57411,15 ± 2936,34 <sup>b</sup>	22368,90 ± 2006,07 <sup>a</sup>
<b>TP Biyoerişilebilirliği (%)</b>	100,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	53,76 ± 1,66 <sup>b</sup>	46,05 ± 1,33 <sup>a</sup>
<b>AK Biyoerişilebilirliği (%)</b>	100,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	51,98 ± 2,81 <sup>b</sup>	20,25 ± 1,67 <sup>a</sup>

Çizelge 4.4'te iki yıl boyunca farklı dönemlerde toplanan yeşil çay yapraklarından etanol ekstraksiyonu sonucu elde edilen TP değerleri görülmektedir. Çizelge 4.5'te ise kraker üretiminde kullanılan yeşil çayın sulu ekstraktına ait değerler verilmiştir. Kullanılan bu girdinin, birçok bitkisel materyale göre yüksek polifenol içeriğine ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve değerli bir girdi olabileceği görülmektedir.

İki farklı yılda ve üç farklı dönemde hasat edilen taze çay yaprağı örneklerine ait ekstraktların TP içeriği, hasat yılı ve dönemine bağlı olarak önemli oranda değişim göstermiştir (74,10-108,19 mg GAE/g KM) (Çizelge 4.4).

Roshanak vd. (2016), hasat sonrası, 1 dk süre ile 90 °C'de haşladıktan sonra farklı kurutma yöntemleri uygulayarak kuruttukları taze çay yaprağından, %80 metanol ile yapılan ekstraksiyon sonrası TP miktarını, 109,85 mg GAE/g KA (gölgede kurutma) ile



143,09 mg GAE/g KA (dondurarak kurutma) arasında tespit etmiştir. Erturk vd. (2010) ise üç farklı dönemde hasat edilmiş, yedi farklı klona ait taze çay yaprağının sıcak hava ile (45 °C’de, 36 saat) kurutulduktan sonra, metanol ile elde edilen ekstraktlarında 33,00 mg GAE/g KA ile 291,18 mg GAE/g KA düzeyinde TP saptamıştır. Bu çalışma kapsamında, gölgede kurutulmuş taze yapraklarda tespit edilen TP içeriği, araştırmacıların buldukları sonuç ile uyum göstermiştir. Diğer taraftan, Somsong vd. (2020), doğrudan dondurarak kurutulmuş taze çay yaprağından, %25 etanol ile elde ettikleri ekstraktta, bu çalışmadan elde edilen sonuca göre daha fazla, 379,01 mg GAE/g KA düzeyinde TP tespit etmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılık, ekstraksiyon koşullarının farklılığından ve çay yapraklarının farklı klonlara ait olmasından kaynaklanabilmektedir.

Daha önce yapılan bazı çalışmalarda, yeşil çayın su ekstraktlarında, 88 - 173 mg GAE/g KA (Donlao & Ogawa, 2018), 116,30 mg GAE/g KA (Park vd., 2009), 66,91-139,24 mg GAE/g (Guo vd., 2016) ve 1345,41- 1765,12 mg/L (76,88 -100,86 mg GAE/g KA’ a karşılık gelmektedir) (Jakubczyk vd., 2020) ve etanol (%80) ekstraktında 45,7 mg GAE/g KA (Cho vd., 2014) düzeyinde TP olduğu belirtilmiştir. Bu sonuçlar, Çizelge 4.5’te verilen taze çay yaprağına ait TP sonuçları ile uyumlu olup, taze çay yaprağının yeşil çaya göre işlem görmemiş olması nedeniyle, daha ekonomik bir polifenol kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Hasat yılı ve döneminin çay yaprağının TP miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, 2020 yılına ait yaprakların TP içeriği genellikle daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4). Hasat dönemi, yaprakların TP içeriğini önemli ölçüde etkilemiştir ( $p<0,05$ ). En fazla TP, her iki yıl için de Eylül ayında toplanan yapraklarda tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Erturk vd. (2010), ilk hasat dönemi olan Mayıstan, üçüncü ve son hasat dönemi olan Eylül’e doğru taze çay yapraklarının TP içeriğinde artış gözlemlemişlerdir.

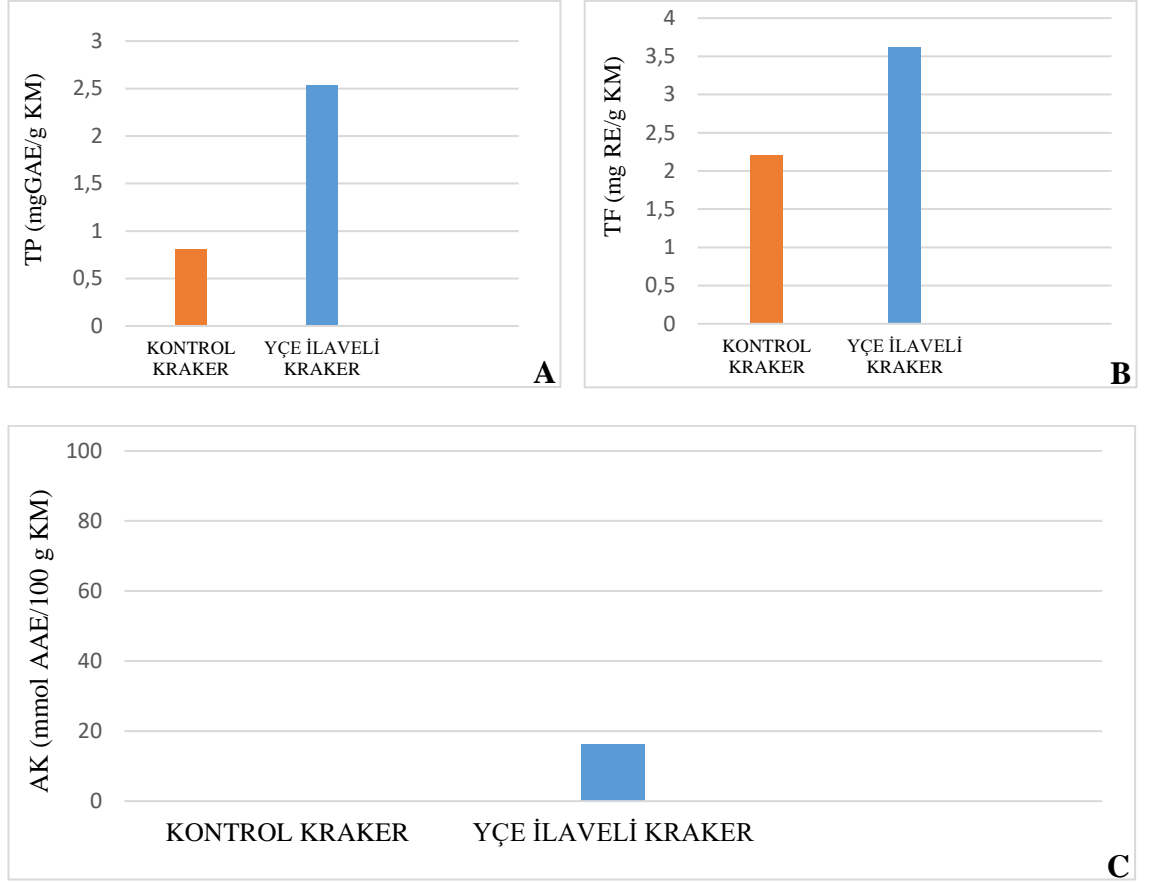
Araştırmacılar, bu duruma Rize’nin Eylül ayında daha fazla güneş almasının ve bu ayda gece ve gündüz sıcaklık farkının yüksekliği ve yağışların düzensizliğinden kaynaklanan stres koşullarının sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Dai vd. (2015) ise farklı dönemlerde toplanan çay yapraklarından üretilen yeşil çayın fenolik bileşiklerinin, döneme göre farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Y. L. Chen vd. (2010), farklı yüksekliklerde ve farklı mevsimlerde toplanan çay yapraklarından oolong çay elde

ettikleri çalışmalarında, alçak bölgelerden sonbaharda toplanan yapraklar kullanıldığında, oolong çayın önemli kalite parametrelerinden olan toplam kateşinlerin, ilkbahara göre daha fazla olduğunu saptamışlardır.

2020 yılı Eylül ayında hasat edilen çay yapraklarının polifenol içeriğinin yüksek olması nedeniyle, bu çay yaprağının sulu ekstraksiyonuna yönelik optimum ekstraksiyon koşulları, yüzey-yanıt yöntemi kullanılarak yeniden belirlenmiştir. Çay yapraklarının sulu ekstraktına ait TP içeriği, etanol ekstraksiyonu sonucu elde edilen TP sonucuna yakın bulunmuştur. Taze çay yaprağı üründe kullanılacağı için çalışmanın ikinci aşamasında ekstraksiyon amacıyla çözücü olarak su tercih edilmiştir. Optimum koşullarda elde edilen ekstrakta ait veriler Çizelge 4.5'te verilmiş olup, bu nitelikteki YÇE kraker eldesinde kullanılmıştır.

**Çizelge 4.6.** Kontrol ve YÇE ilaveli krakerin analiz sonuçları

	Kraker çeşidi	Başlangıç aşaması	Gastrik aşama	İntestinal aşama
<b>TP (mg GAE/g KM)</b>	Kontrol	0,80 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,61 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,46 ± 0,02 <sup>a</sup>
	YÇE ilaveli	2,53 ± 0,03 <sup>c</sup>	1,71 ± 0,06 <sup>b</sup>	1,39 ± 0,09 <sup>a</sup>
<b>TP Biyoerişilebilirliği (%)</b>	Kontrol	100,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	76,25 ± 2,36 <sup>b</sup>	57,50 ± 2,19 <sup>a</sup>
	YÇE ilaveli	100,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	67,59 ± 3,06 <sup>b</sup>	54,94 ± 2,97 <sup>a</sup>
<b>AK (mmol AAE/ 100g KM)</b>	Kontrol	Te	Te	Te
	YÇE ilaveli	1223,61 ± 105,88 <sup>b</sup>	1092,10 ± 65,59 <sup>b</sup>	347,37 ± 14,92 <sup>a</sup>
<b>AK Biyoerişilebilirliği (%)</b>	Kontrol	100,00 ± 0,00	Te	Te
	YÇE ilaveli	100,00 ± 0,00 <sup>c</sup>	89,25 ± 3,75 <sup>b</sup>	28,39 ± 1,28 <sup>a</sup>
<b>TF (mg RE/g KM)</b>	Kontrol	2,20 ± 0,16	Te	Te
	YÇE ilaveli	3,62 ± 0,36 <sup>b</sup>	1,11 ± 0,08 <sup>a</sup>	Te
<b>TF Biyoerişilebilirliği (%)</b>	Kontrol	100,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Te
	YÇE ilaveli	100,00 ± 0,00 <sup>b</sup>	30,66 ± 1,72 <sup>a</sup>	Te



**Şekil 4.6.** Kontrol kraker ve YÇE ilaveli kraker için TP (A) ve TF (B) miktarları ile AK (C) grafikleri

Kontrol krakerinde TP içeriği 0,80 mg GAE/g KM iken, %1 oranında YÇE içeren zenginleştirilmiş krakerde bu değer 2,53 mg GAE/g KM olarak bulunmuştur. Kontrol krakerinde hiç antioksidan kapasiteye rastlanmazken, YÇE ilaveli krakerde AK değeri 1223,61 mmol AAE/100g KM olarak tespit edilmiştir. Kontrol krakerinde TF miktarı 2,20 mg RE/g KM iken, YÇE ilaveli krakerde 3,62 mg RE/g KM olarak saptanmıştır (Çizelge 4.6). Pek çok çalışmada olduğu gibi söz konusu değerlerin zenginleştirmeye paralel artış gösterdiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, benzer kraker çalışmaları ve krakere yakın ürünlere ait sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Ahmed ve Abozed (2015), diyet lifi ve antioksidan içeriğini artırmak için farklı oranlarda (%0, %1,25, %2,5, %3,75 ve %5,0) *Hibiscus sabdariffa* (HSR) bitkisini kraker reçetesine ekleyerek yaptıkları çalışmada, TP içeriğinin 5,99 mg/g'dan 17,57 mg/g'a yükseldiğini, TF içeriğinin %5 HSR katkılı krakerde 49,36 mg/g'dan 104,63 mg/g'a yükseldiği, DPPH radikal süpürme aktivitesinin ise, iki kat

arttığını tespit etmişlerdir. YÇE ilaveli kraker ile kıyaslandığında TP içeriğindeki artışın benzer şekilde yaklaşık üç kat olduğu, kullanılan bitkinin AK ve TF içeriğinde de ciddi bir artışa neden olduğu görülmüştür.

Radočaj vd. (2014), glutensiz krakerlerin besinsel özelliklerini ve antioksidan özelliklerini değerlendirmek için kafeinsiz yeşil çay yapraklarını kullanmış, tüm örneklerin, kontrol krakere göre TP ve AK açısından, bu çalışmada olduğu gibi, çok daha yüksek değerler verdiği görülmüştür. AK sonucu farklı birim cinsinden bulunmuş olmakla birlikte, TP miktarı bu çalışmada saptanan sonuçla uyum içindedir (1,09-3,45 mg GAE/g KM).

Işık ve Topkaya (2017), domates salçası üretim atığı olan domates çekirdeğinin krakerlerde kullanılabilirliği araştırmıştır. Krakerlerin üretiminde buğday ununa %2, %4 ve %6 oranlarında domates çekirdeği tozu ilave edilmiş ve oranın artmasıyla, bu çalışmada olduğu gibi, ürünlerin TP içerikleri ile AK değerlerinde önemli artışların olduğu saptanmıştır.

Sedaj vd. (2011), glutensiz kraker üretmek amacıyla buğday unu yerine karabuğday unu kullanarak kraker üretimi gerçekleştirmiştir. Buğday unu kullanılarak yapılan kontrol numunesi ile kıyaslandığında, karabuğday krakerinde 2,5 kat daha yüksek TP tespit edilmiştir. AK değerinde de, bu çalışmayla benzer şekilde artış olduğu ve TP içeriği ile DPPH radikal süpürme aktivitesi arasında anlamlı pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir.

H. Polat vd. (2020), çimlendirilmiş yeşil mercimek özütünü (GLE) farklı oranlarda (%0, %5, %10 ve %15) buğday ununa ikame ederek yaptıkları krakerlerde, TP, AK ve TF miktarının artan GLE oranı ile yükseldiğini tespit etmişlerdir. Kullanılan girdi farklı olmasına rağmen, TP değerleri bu çalışma ile uyumlu çıkmıştır (Kontrol krakerde 0,78 mg GAE/g; %15 GLE katkılı krakerde 3,33 mg GAE/g). Yapılan bu çalışmanın sonucuyla da uyumlu olarak, Mir vd. (2017) pirinç unundan yaptıkları krakerin bileşimine elma posası ilave ederek, krakerin TF içeriğinde artış gözlemlemişlerdir.

Mildner-Szkudlarz vd. (2012), %10, %20, %30 oranlarında üzüm posasını buğday ununa ilave ederek üretilen bisküvilerde, TP ve AK değerlerini kontrol bisküvide

sırasıyla 0,85 mg GAE/g KM ve 1,27 mmol TE/g KM, %10 üzüm posası katkı bisküvide 2,11 mg GAE/g ve 3,9 mmol TE/g KM olarak bulmuştur. %30 üzüm posası katkı krakerde ise bu değerler iki katına çıkmıştır. Sonuçlara yönelik eğilimler bu çalışmada ulaşılan değerlerle uyum göstermektedir. Benzer durum Aydın vd. (2014) tarafından balkabağı unu kullanılarak yapılan bisküvide, Göçmen vd. (2019) tarafından kahve çekirdeği zarı kullanılarak üretilen bisküvilerde, Hidalgo vd. (2018) tarafından dondurarak kurutulmuş kırmızı pancar özütünü kullanılarak hazırlanan bisküvide, Aijla vd. (2008) tarafından mango kabuğu tozu ile üretilen bisküvide ve İsmail vd. (2014) tarafından nar kabuğu tozu ilave edilerek yapılan kurabiyelerde de saptanmıştır.

Venkatachalam ve Nagarajan (2017), maş fasüyesi ununun buğday unu ile belirli oranlarda ikame edilmesiyle üretilen tuzlu krakerlerin TP ve TF içerikleri ile radikal inhibisyon oranının artan maş fasüyesi unu ile arttığını ortaya koymuştur. Söz konusu biyoaktiflerin miktarında meydana gelen değişim, bu çalışma ile uyum göstermektedir.

Can (2015), lifçe zengin olduğu bilinen portakal kabuklarını dondurarak kurutmuş ve öğütülerek elde edilen tozu (PKT) %1, %3, %5 ve %7 oranlarında bisküvi formülasyonlarında kullanmıştır. Kontrol örneğinde TP miktarı 447 µg GAE/g olarak belirlenirken, %7 PKT ilavesinde yaklaşık % 99'luk bir artışla bu değere 889 µg GAE/g olarak tespit edilmiştir. DPPH indirgeme gücünün en düşük değeri kontrol örneğinde (250,3 µg trolox/g) tespit edilmiş ve sürekli artış göstererek en yüksek değer %7 PKT ilaveli bisküvi örneğinde (606,4 µg trolox/g) ölçülmüştür. YÇE ilaveli kraker ile kıyaslandığında, TP miktarındaki artışın daha yüksek, AK değerindeki artışın ise daha düşük olduğu görülmektedir.

Bölek (2020a,b), glutensiz bisküvi formülasyonuna %0, %4, %8 ve %12 oranlarında nar kabuğu tozunu, buğday unu ile ikame ederek çalışma gerçekleştirmiştir. Aynı araştırmacı başka bir çalışmasında incir çekirdeği tozunu %0, %5, %10 ve %15 oranlarında kullanarak da bisküvi üretmiştir. Her iki çalışmada da, bu çalışmada olduğu gibi, bisküvilerin AK ve TP içeriklerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı görülmüştür.

Valeria Imeneo vd. (2021), hamurun limon kabuğu ve limon posasından elde edilen doğal antioksidanlar ile zenginleştirilmesi yoluyla fonksiyonel bisküvi hazırlamış ve bu ürünün kontrole göre yaklaşık iki kat daha yüksek TP ve AK'ye sahip olduğu görülmüştür. YÇE ilaveli krakerin TP içeriğinde görülen artış, yapılan bu çalışmayla benzerlik gösterirken, AK'de daha fazla artış gerçekleşmiştir. Benzer eğilim Doğan ve Meral (2016) tarafından etüvde kurutularak toz haline getirilmiş uşkun bitkisinin bisküvi formülasyonunda kullanılması sonucunda da görülmüştür.

Özgören vd. (2018), farklı oranlarda chia tohumu kullanılarak üretilen galetaların, Acun (2011), kurutulup öğütülmüş üzüm posası ile hazırlanan muffin örneklerinin ve Bekar (2017), üzüm çekirdeği tozu ikamesiyle elde edilen keklerin AK ve TP içeriklerinin, kontrol örneğine göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterdiğini bildirmiştir.

Sonuç olarak yapılan tüm çalışmalarda, doğal bitkisel girdilerin formülasyonlarda yer alması ile ürünlerin hem sağlık, hem de besinsel açıdan son derece önem taşıyan polifenoller, flavonoidler ve antioksidanlar yönünden zenginleştiği, bu durumun ürün kalitesi ve güvenliği yönünden de üstün nitelikte ürün eldesine katkı sağladığı görülmektedir.

Biyoerişilebilirlik, gıdanın sindirilmesi ile alınan bileşiğin, metabolik ve fizyolojik fonksiyonlar için kullanılan veya depolanan kısmı olarak tanımlanmaktadır. Kısaca biyoerişilebilirlik gıdada bulunan bileşiğin sindirim sisteminde emilen miktarıdır. Emilim ince bağırsakta villuslarda gerçekleşmektedir. Villusların üzerindeki epitel hücreleri emilim hücreleri olarak görev yapar. Emilim süreci, besin ögesinin epitel hücreleri tarafından ince bağırsak lümeninden çekilmesi, besin ögesinin transferi ve diğer doku ve organlara taşınmasını içermektedir (House, 1999).

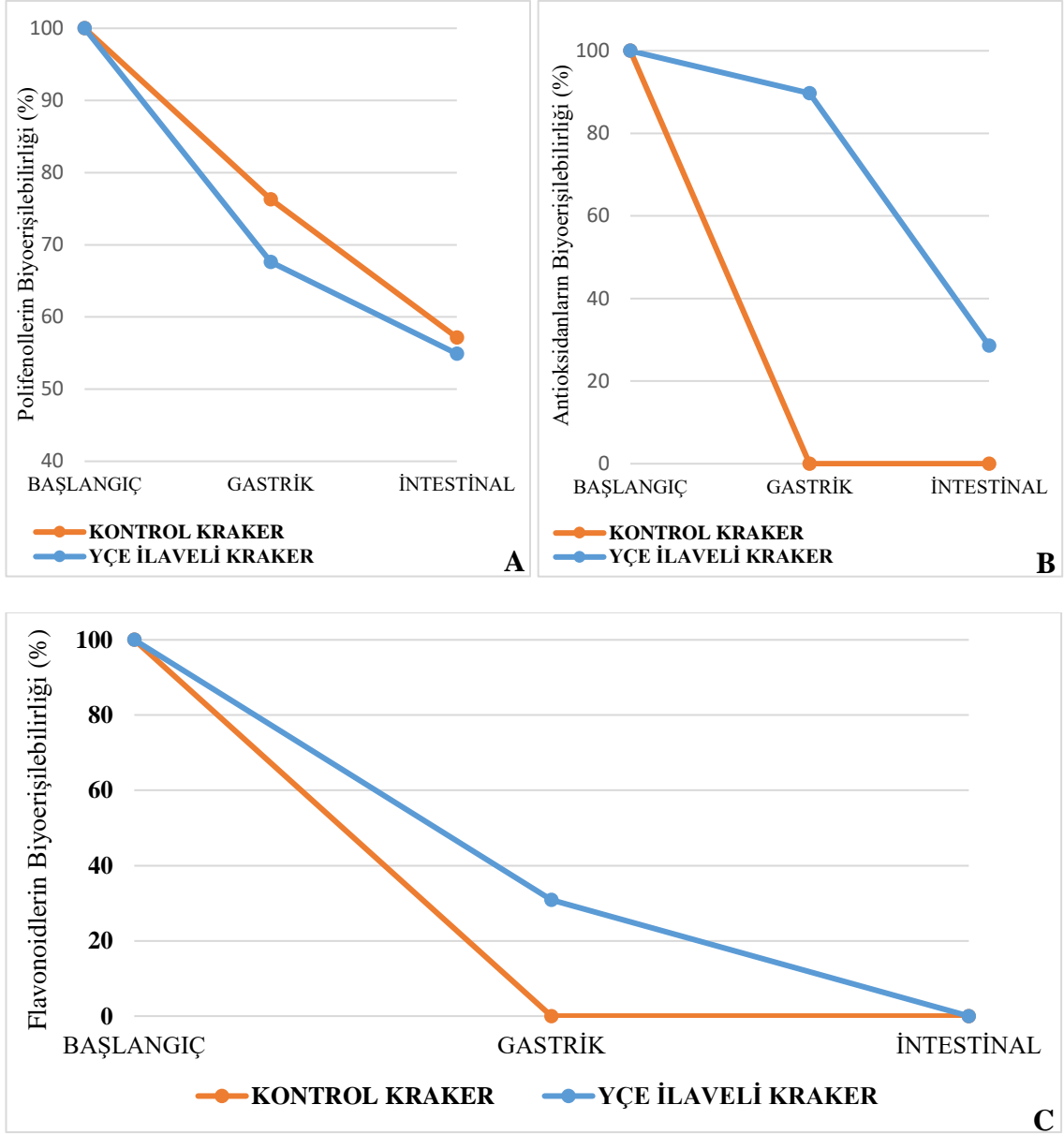
Biyoerişilebilirlik, gıdanın fiziksel özelliği, kimyasal bileşimi, gıda bileşenlerinin birbirleriyle etkileşimi, işleme koşulları, depolama sırasında oluşan reaksiyonlar, kişinin genetik yapısı, cinsiyeti, beslenme şekli, yaşam koşulları, sağlık durumu ve bireysel sindirim kapasitesi gibi birçok nedene bağlı olarak değişmektedir (Sandström, 2001).

Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6'da kullanılan yeşil çay ekstraktına ve krakerlere ait biyoerişilebilirlik değerleri verilmiştir. Polifenollerin, antioksidanların ve flavonoidlerin

biyoerişilebilirliği, gastrointestinal sindirim sırasındaki stabilitelelerini ve absorpsiyonlarını belirlemek açısından önemlidir.

*In-vitro* sindirim, yeşil çay ekstraktının ve kraker örneklerinin TP içeriğini, AK'sini ve TF miktarını önemli ölçüde etkilemiştir ( $p<0,05$ ) (Şekil 4.7, Çizelge 4.6). Kontrol ve zenginleştirilmiş kraker örneklerinin TP içeriği, sindirim sonrasında intestinal aşamada daha az olmak üzere önemli oranda azalarak ( $p<0,05$ ), yeşil çay yaprağı ekstraktının TP'deki değişime benzer bir eğilim göstermiştir. Zaten, polifenollerin pH değişikliği, ışık ve ısı gibi çevresel faktörlere duyarlı olduğu, sindirim enzimleri ile kolaylıkla parçalandığı belirtilmektedir (Pinto vd., 2017). Bu durum intestinal sindirim sırasındaki alkali ortamdan dolayı, polifenollerin stabilitesinin daha düşük olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Fawole & Opara, 2016). Sonuç olarak, TP ve dolayısıyla AK'nin, gastrointestinal sindirim sonrasında azalması, daha önce farklı gıdalarla yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur.

Kraker polifenollerinin biyoerişilebilirliğinin, çay polifenollerinin biyoerişilebilirliğine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Buna, polifenollerin krakerin bileşimindeki proteinlere bağlanarak sindirim sırasında stabilitelelerinin artmasının (Xiong vd., 2020) sebep olduğu düşünülmektedir. Ancak, kontrol krakerin TP miktarının daha az olmasına rağmen, polifenollerinin biyoerişilebilirliği zenginleştirilmiş krakere göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.6). Bu durum, yeşil çay yapraklarından gelen polifenollerin cinsinin ve stabilitesinin, krakerin doğal yapısındaki polifenollere göre farklı olmasından kaynaklanmış olabilir. *In-vitro* sindirim sonrasında, kontrol krakerde AK ve TF tespit edilemezken, zenginleştirilmiş krakerin TP ve TF içeriğindeki azalmaya paralel olarak AK'sinin de önemli ölçüde azaldığı görülmektedir ( $p<0,05$ ). Öyle ki, zenginleştirilmiş krakerde intestinal aşama sonrasında oldukça düşük bir AK tespit edilebilmiş, TF ise saptanamamıştır.



**Şekil 4.7.** Kontrol ve YÇE ilaveli krakerlere ait polifenol (A), antioksidan (B), flavonoidlerin (C) biyoerişilebilirliğinin karşılaştırılması

Lafarga vd.'nin (2019), dondurularak kurutulan brokoli saplarını %12,5 ve %15,0 oranında un ile ikame ederek ürettikleri krakerlerde, TP hem mide, hem de intestinal aşamada artış gösterirken; AK mide fazında artış, intestinal fazda azalış sergilemiştir. Bu artışların, güçlü pH değişimleri ve pepsinin, hücre duvarlarının bütünlüğünü etkileyerek, başlangıç evrelerinde tespit edilemeyen fenolik ve antioksidan bileşiklerin ve hidrolize buğday ile brokoli türevli proteinlerin serbest kalmasını



kolaylaştırmasından ve antioksidan özelliklere sahip peptitlere neden olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Tüter (2019), chia tohumlarını, dört farklı oranda (% 0, %10, %15 ve %20) işlenmiş kırmızı pirinç unu ve tapyoka nişastası yerine ikame ederek, glutensiz bisküvi üretimi gerçekleştirmiştir. Hem tatlı hem tuzlu glutensiz bisküvilerin fenolik ve antioksidan içeriklerinde sindirim sonrasında kontrol örneğine nazaran artan chia tohumu oranına paralel bir artış görülmüştür. Tüm örneklerin sindirim sonrası TP ve AK değerleri sindirim öncesi değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Benzer artış, Rocchetti vd. (2019) tarafından pirinç ununa belirli oranlarda (%0, %30, %45) yonca tohumu unu ilave ederek ürettiklen glutensiz kurabiyelerde de yaşanmıştır. Yapılan bu tez çalışmasında ise söz konusu çalışmalardan farklı olarak TP ve AK değerleri hep azalış göstermiştir. Bu farklılığın sebepleri, materyallerin matriksindeki farklılık, *in-vitro* koşullarda enzimlerle verdikleri farklı reaksiyonlar, bisküvi ve kurabiye formülasyonuna eklenen farklı girdiler, kullanılan *in-vitro* analiz yöntemi ve kimyasallar olabilir.

Dülger Altınar (2015), *Scolymus hispanicus* L. ile üretilen zenginleştirilmiş krakerlerde antioksidanların biyoalınabilirliğinin, bu çalışmada olduğu gibi, bitki içermeyen kontrol örneğine nazaran yükseldiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Göçmen vd. (2019) tarafından buğday ununa ikame olarak %2,5, %5,0 ve %7,5 oranlarında kahve çekirdeği zarı kullanılarak üretilen bisküvilerde, oran arttıkça TP ve AK ile birlikte, bunların biyoerişilebilirliği de artış göstermiştir. Sonuçlar bu çalışmada saptanan eğilimle de uyumlu bulunmuştur.

Aydın (2014), balkabağı ununu %10, %20 ve %30 oranlarında buğday ununa ikame ederek ürettiği zenginleştirilmiş bisküvilerin TP ve AK yönünden kontrole nazaran daha yüksek biyoerişilebilirliğe sahip olduğunu ortaya koymuştur. Kullanılan analiz yöntemi, bu çalışmadaki YÇE ilaveli krakerde kullanılan yöntemden farklı olduğu için, karşılaştırma sadece başlangıç seviyesine göre antioksidan ve polifenollerin biyoerişilebilirliğinin artması yönüyle benzerlik göstermesi şeklinde yapılabilmektedir.

Türkmen Erol ve Ünalın (2021) tarafından kestane kabuğu ekstraktı kullanarak üretilen krakerlerin *in-vitro* sindirim sonrası TP ve AK değerleri, bu çalışmayla uyumlu olarak,

intestinal faza doğru azalış eğilimi göstermiştir (TP gastrik faz: 1,67 mg GAE/g KM - TP intestinal faz: 1,27 mg GAE/g KM; AK gastrik faz: 307,00 mmol AAE/100g KM - AK intestinal faz: Te).

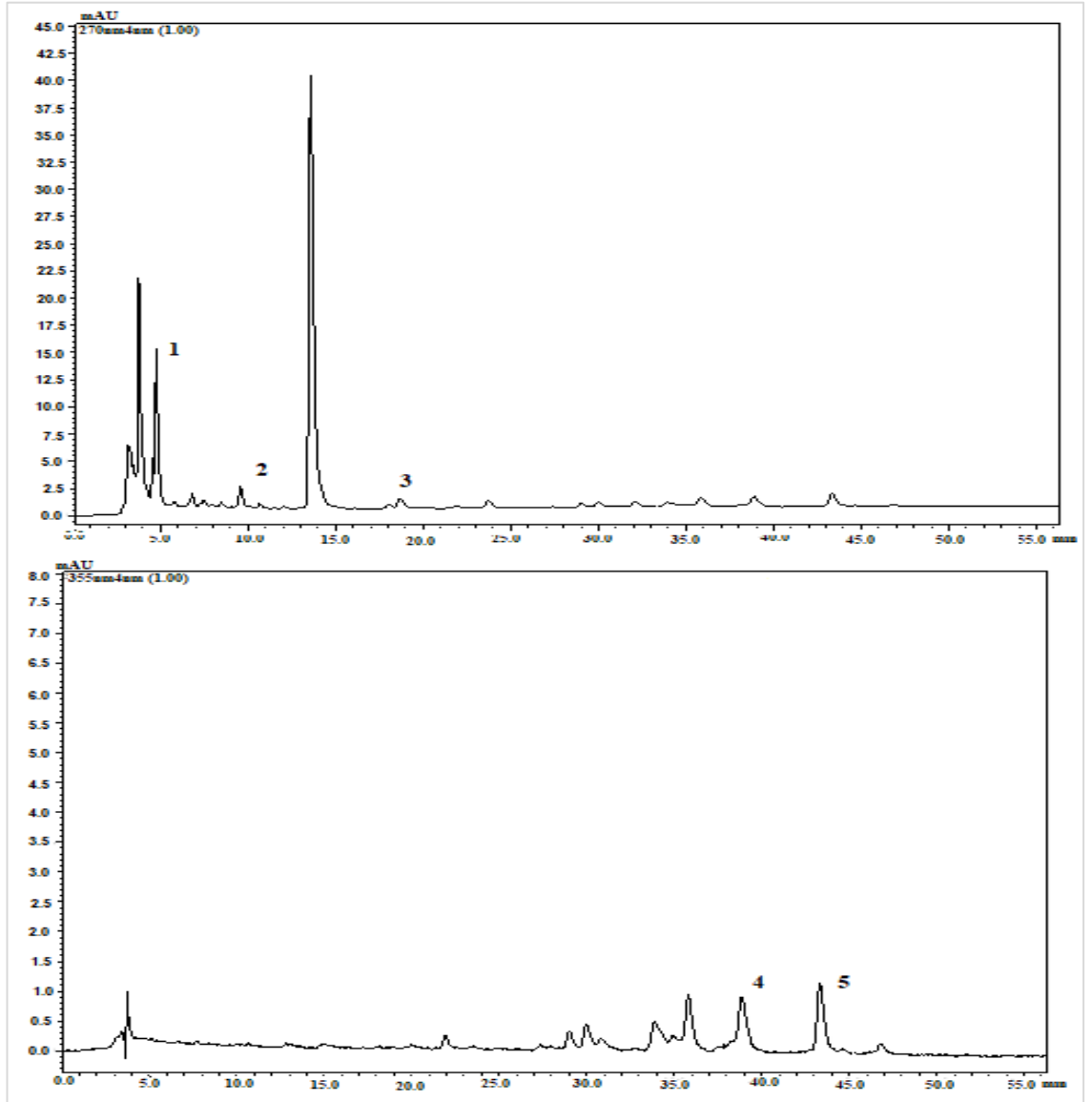
Vitali vd. (2009), soya unu (%24,5), keçiyoynuzu (%24,5), elma lifi (%16,5) ve yulaf lifini (%16,5) belirli oranlarda buğday ununa ikame ederek ürettikleri bisküviler lma lifi eklenen örneklerin, polifenollerin biyoerişebilirliğinde kontrole göre artış, diğer bisküvilerin biyoerişebilirliğinde ise bu çalışmadaki gibi azalış saptamıştır.

Guglielmetti vd. (2019) tarafından kahve kabuğu ekstraktı eklenerek üretilen ekmeklerde sindirim sonrasında TP değerinde azalış, AK değerinde ise kontrol örneğine nazaran %53 oranında artış görülmüştür. AK'de görülün değişim bu çalışmayla uyumlu bulunmuştur.

Trabzon hurması ile %3 ve %6 oranlarında zenginleştirilen makarnanın *in-vitro* sindirim sonrası TP miktarının bağırsak fazından sonra, kontrol makarnaya göre sırasıyla yaklaşık 2 ve 3 kat daha yüksek tespit edilmiştir. Makarnanın AK değeri ise, gastrointestinal sindirim sırasında kademeli olarak azalması ve en düşük değerini bağırsak fazından sonra elde edilmesi bu çalışmanın sonuçlarıyla uyum sağlamıştır. (Lucas- Gonzalez vd., 2021).

#### **4.5. Fenolik Profili**

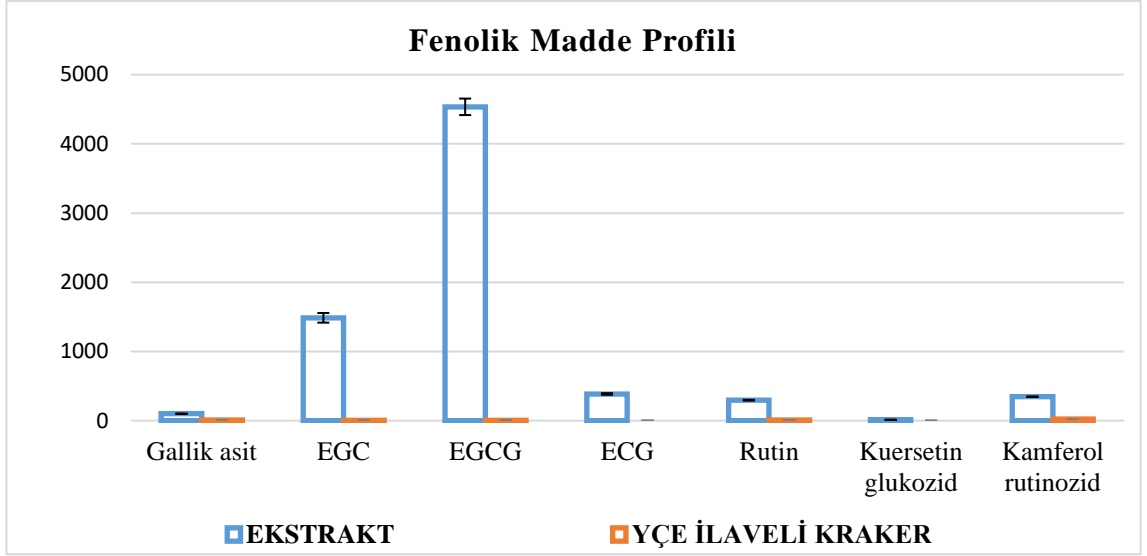
HPLC ile yapılan analiz sonucunda, çay yaprağında ve YÇE ile zenginleştirilen krakerde fenolik asitlerden gallik asit (GA), kateşinleri (flavan-3-oller) oluşturan bileşiklerden EGC, EGCG ve ECG ve flavonol glikozidlerden rutin, kuersetin glikozid ve kamferol rutinozid tanımlanarak miktarları belirlenmiştir (Çizelge 4.7, Şekil 4.8). Yeşil çayda bulunan bireysel fenoliklerin miktar sıralaması ile ürün arasında farklılıklar bulunmuştur. Bahsedilen fenolik bileşiklerin hiçbiri kontrol krakerde saptanamamıştır.



**Şekil 4.8.** Krakerin fenolik bileşiklerine ait HPLC kromatogramları. Pikler: 1, GA; 2, EGC; 3, EGCG; 4, Q3RG (rutin); 5, K3R

**Çizelge 4.7.** YÇE ve YÇE ilaveli krakere ait fenolik profili

	YÇE (mg/100 g KM)	YÇE ilaveli kraker (mg/100 g KM)
<b>Gallik asit</b>	100,07 ± 1,35	10,30 ± 0,22
<b>EGC</b>	1486,05 ± 69,61	6,48 ± 0,57
<b>EGCG</b>	4535,42 ± 119,25	3,80 ± 0,25
<b>ECG</b>	385,44 ± 11,59	Te
<b>Rutin</b>	295,44 ± 5,70	9,24 ± 0,12
<b>Kuersetin glikozid</b>	12,22 ± 1,16	Te
<b>Kamferol rutinozid</b>	345,88 ± 4,03	23,29 ± 0,27



**Şekil 4.9.** YÇE ve YÇE ilaveli kraker için HPLC ile belirlenen fenolik maddeler

Bu çalışmanın sonucu ile uyumlu olarak, Sedej vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada, karabuğday unu kullanılarak üretilen krakerde rutin (2,06 mg/100g) ve kuersetin (0,26 mg/100g) tespit edilmiştir, ancak kontrol örneğinde hiçbir fenolik bileşik bulunamamıştır. Benzer şekilde, yeşil çay ekstraktı ilavesinin, çavdar ekmeğinin kateşin miktarında (Bajerska vd. 2010), öğütülmüş kinoa yaprakları ile zenginleştirilmiş ekmeğin rutin ve gallik asit miktarında (Gawlik-Dziki vd. 2015) artış olduğu belirtilmiştir.

YÇE’de kateşinlerden en fazla EGCG tespit edilmiş olup, onu sırasıyla EGC ve ECG izlemiştir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.9). Bu sıralama, çayda kateşinlerin belirlenmesi üzerine daha önce yapılan çalışmalar (Green vd., 2007; Rusak vd., 2008) ile uyum içindedir. YÇE ilaveli krakerde ise YÇE’den farklı olarak EGC’nin miktarı, EGCG’dan daha fazla bulunmuştur. Bu durum, kateşinlerin stabilitesi arasındaki farklılıktan kaynaklanabilmektedir. Sharma ve Zhou’nun (2011) kateşin kaynağı olarak yeşil çay özütünü bisküvi üretiminde kullanarak, çay kateşinlerinin stabilitesini incelediği çalışmalarında, başlangıç aşamasında hamurda maksimum seviyede bulunan (-)-EGCG ve (-)-ECG’nin, pişirme işlemi ve pH artışı ile azaldığı belirtilmiştir. Komatsu vd. (1993); Nanjo vd. (1996) ve R. Wang vd. (2008) de, çay kateşinlerinin stabilitesinin pH, sıcaklık, oksijen konsantrasyonu, serbest radikaller, metal iyonları ve enzimler gibi faktörlerden etkilenebileceğini bildirmiştir.

YÇE’de flavonol glikozit olarak en fazla kamferol rutinozid tespit edilmiş ve bunu sırasıyla rutin ve kuersetin glikozit izlemiştir. Çayın flavonol glikozitleri üzerine herhangi bir çalışmaya rastlanmamakla beraber, Somsong vd. (2020), taze çay yaprağında flavonol aglikon olarak sırasıyla en fazla kuersetin, daha sonra kamferol ve mirisetin tespit etmiştir. Ayrıca, Veljković vd. (2013), yeşil çayın su ekstraktında, bu çalışmadan elde edilen değerden daha düşük düzeyde (1,091 g/kg) rutin tespit etmişlerdir. Sonuçlar arasındaki farklılık, işleme yöntemi, çeşit, bölge, toprak bileşimi ve iklim gibi faktörlerin farklı olmasından kaynaklanabilir. YÇE’li krakerde de YÇE’ de olduğu gibi en fazla kamferol rutinozid tespit edilmiş ve bunu rutin izlemiştir. Kuersetin glikozit ise saptanamamıştır. Benzer şekilde, Sedej vd. (2011), karabuğday unlu krakerin, bu çalışmada elde edilen değerden daha düşük olmakla beraber, rutin içerdiğini bildirmiştir.

YÇE’de tek fenolik asit olarak tespit edilen gallik asit, YÇE’li krakerde de saptanmıştır. Üstelik miktarının, kamferol rutinozid hariç diğer fenolik bileşiklerden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Gallatlanmış kateşinlerin kraker üretimi sırasında parçalanmasının, krakerin gallik asit miktarını artırabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın sonucu ile uyumlu olarak, Aydın (2014), balkabağı ununu belirli oranlarda (%0, %10, %20, %30) kullanarak ürettiği bisküvilerde özellikle gallik asit miktarının (0,152 mg/g) kontrole (0,009 mg/g) göre oldukça yüksek olduğunu saptamıştır. Ancak, araştırmacının bulduğu değer, YÇE ilaveli krakerde saptanan gallik asit miktarının biraz üzerindedir. Sonuçlar arasındaki bu farklılığın, zenginleştirme amacıyla kullanılan materyalin fenolik bileşik içeriği ve kullanım oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### **4.6. Kraker Örneklerinin HMF Analiz Sonuçları**

5-Hidroksimetil-2 Furfural (HMF), gıdalardaki varlığı uzun yıllardır bilinen heterosiklik organik bir bileşiktir (Başaran vd., 2022). Gıdaya uygulanan ısı işlem sırasında amino grupları ile indirgen şekerler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sonucunda bu bileşiklerin doğal olarak oluştuğu ve bu reaksiyon ürünlerinden bazılarının, gıdaların rengini ve aromasını etkilediği ortaya konmuştur (Metin, 2014; H. Polat vd., 2020).

Genellikle işlenmemiş ve taze gıdalarda çok düşük miktarda olmasına rağmen, ısı işlem ile konsantrasyonu artmaktadır. Bu nedenle HMF, besinlerde ısı zararını

değerlendirmede kullanılabilen indikatör bileşiklerden biridir (Metin, 2014). Toksikolojik özellikleri tam olarak bilinmemekle (Choudhary vd., 2021) birlikte, bazı araştırmacılar, yüksek HMF maruziyetinin sitotoksik özelliklerinden dolayı gözleri, üst solunum yollarını, cildi ve mukoza zarlarını tahriş edebileceğini bildirmiştir (Ulbricht vd., 1984 ; Capuano & Fogliano, 2011).

Tahıl ve tahıl ürünleri arasında ekmek, HMF alımının en önemli kaynağı olup, bu durumun ekmek yapımında kullanılan ekşi maya fermentasyonundan kaynaklandığı bildirilmektedir (Ertop & Sarikaya, 2017). Tahıllardan ortalama günlük HMF alımı 2 µg/kg vücut ağırlığı olarak belirlenmiştir. Tüketimleri daha fazla olan beyaz ekmek veya tam tahıl ekmeği gibi tahıllar günlük 30-50 µg/kg vücut ağırlığı HMF sağlamaktadır (Rufian-Henares vd., 2008; Metin, 2014).

Petisca vd. (2014), ticari fırıncılık ürünlerinde HMF ve furfural içeriğinin ürün çeşidine göre değiştiğini bildirmiştir. Aynı çalışmada HMF miktarının ekmek örneklerinde 0,66 ile 18,34 mg/ kg (Ramírez-Jiménez vd., 2000), bisküvilerde 1,65 ile 82,78 mg/kg kek/hamur işi numunelerinde ise 0,06-4,28 mg/kg arasında (Johnson vd., 1989) değiştiği ifade edilmiştir. Yapılan bu çalışmada kek/hamur işi örnekleri en düşük HMF içeriğine (ortalama 3,0 mg/kg) sahipken bisküviler en yüksek HMF içeriğine (ortalama 7,8 mg/kg) sahip bulunmuştur. Bisküvilerde HMF değerinin yüksek çıkma sebebi düşük nem (Smith vd., 2004) ve yüksek şeker içeriğiyle (Ameur vd., 2007) ilişkilendirilirken ekmek numunelerindeki yüksek HMF, yüksek nem ve yüksek protein içeriği ile bağdaştırılmıştır. Hamur formülasyonuna eklenen tahıl, şeker türleri, asidik düzenleyiciler, antioksidanlar, kimyasal mayalar, çikolata ve kuru meyvelerin HMF ve furfural içeriğini etkileyebileceği ifade edilmiştir (Mesías-García vd., 2010; Y. Y. Zhang vd., 2012).

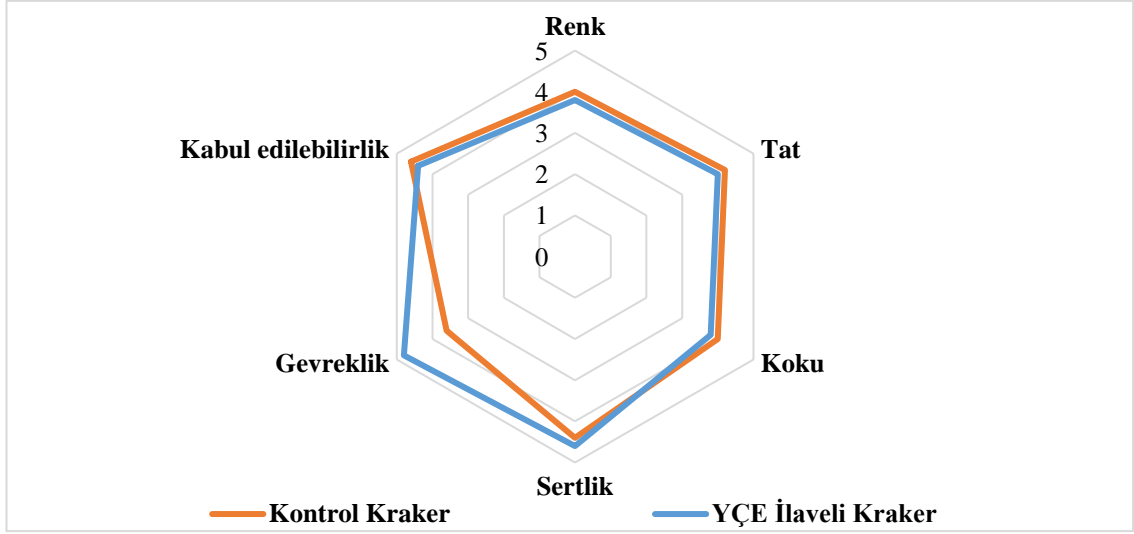
Bu tez çalışmasında kontrol krakerlerdeki HMF miktarı 0,0019 mg/kg KM olarak bulunmuşken, YÇE ilaveli krakerlerde bu değer 0,0073 mg/kg KM olarak saptanmıştır. H. Polat vd. (2020) tarafından yapılan çimlendirilmiş yeşil mercimek özütü (GLE) katkılı kraker üretiminde, kontrol örneğinin HMF içeriği 1,76 mg/100 g iken, %15 GLE katkılı krakerde 4,00 mg/100 g'a yükselmiştir. GLE ilavesi ile Maillard reaksiyonuna neden olan grup sonucunda, ekstrakt oranının artmasıyla, HMF içeriğinin de arttığı

bildirilmiştir. Kontrole göre saptanan benzer artış Hidalgo vd. (2018) tarafından kırmızı pancar özütü ilaveli bisküvide (1,7-4,2 mg/kg KM) ve Mesías vd. (2016) tarafından chia unu eklenerek üretilen bisküvilerde (1,3-5,6 mg/kg) de tespit edilmiştir. H. Polat vd. (2020), Hidalgo vd. (2018) ve Mesías vd. (2016) çalışmalarında kraker ya da bisküvi üretmek için kullandığı pişirme sıcaklığı ve süresi, YÇE ilaveli krakere nazaran yüksektir (175°C, 13 dk; 205°C, 11,5 dk; 190°C, 20 dk). YÇE ilaveli krakerin diğer yapılan çalışmalara göre HMF oranının düşük çıkma nedeni, pişirme sıcaklığı ve süresinden kaynaklanmış olabilir.

Bisküvi üretiminde kullanılan kabartma ajanları ve tuz, HMF ve akrilamid oluşumunu etkilemektedir. Kabartma ajanları arasında amonyum bikarbonat ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) ve sodyum bikarbonatın ( $\text{NaHCO}_3$ ) unlu mamullerde bu bileşiklerin seviyesini artırdığı çalışmaları rapor edilmiştir (Gökmen vd., 2007; Gökmen vd., 2008). Van Der Fels-Klerx vd. (2014), bisküvi pişirme sıcaklığının ve tuzun HMF oluşumuna etkisini incelediği bir çalışmada, yüksek sıcaklıklarda daha yüksek HMF oluştuğunu ve tuzun yüksek sıcaklıkta HMF oluşumunu artırdığını doğrulamıştır. Dolayısıyla bu tez çalışmasında 180°C’de 8 dk boyunca pişirilen krakerlerin reçetesinde bulunan kabartma tozu ile tuzun da HMF oluşumunu tetiklediği söylenebilir.

#### **4.7. Kraker Örneklerinin Duyusal Analiz Sonuçları**

Kontrol ve YÇE ilaveli krakerlerde yapılan duyusal analize ait 5’li hedonik test sonuçları Şekil 4.10’da görülmektedir. Bu sonuçlara göre her iki krakerin de renk, tat, koku ve sertlik yönünden yakın beğeniye sahip olduğu, gevreklik yönünden ise zenginleştirilmiş krakerin tercih edildiği söylenebilir. Genel kabul edilebilirlik yönünden değerlendirildiğinde ise zenginleştirilenin, kontrol krakere göre büyük bir farklılık yaratmadığı ortaya konmuştur.



**Şekil 4.10.** Krakerlere ait duyu analizi sonuçları

Yapılan literatür taraması neticesinde, katkıli ürünlerde genel olarak katkı oranının artmasıyla duyu beğeninin de arttığı görülmüştür.

Işık ve Topyaka (2017), buğday unun %2, %4, %6 oranlarında domates çekirdeği tozu ilave ederek yaptıkları krakerlerden en fazla beğeniyi %6 domates çekirdeği tozu katkıli krakerin aldığını bildirmiştir.

Ahmed ve Abozed (2015), %3,75 oranına kadar *Hibiscus sabdariffa* (HSR) içeren krakerin beğenilen tada sahip kabul edilebilir bir ürün olduğunu, daha yüksek oranda bitki içeren krakerin ise tercih edilmediğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde H. Polat vd. (2020) tarafından üretilen ve %0, %5, %10 ve %15 oranlarında çimlendirilmiş yeşil mercimek özütünü (GLE) içeren krakerlerden, en yüksek duyu beğeniyi alan örneğin %5 GLE içeren örnek olduğu belirtilmiştir.

Larrea vd. (2005), portakal posasını %5, %10 ve %15 oranlarında bisküvi hamuruna ilave ederek, bisküvileri tekstür ve genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirmiştir. %15 ekstrüde portakal posası ile yapılan bisküvilerin kalitesinin ve genel kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ajila vd. (2018), mango kabuğu tozunu %5, %7,5, %10, %15 ve %20 oranlarında ilave ederek yaptıkları duyu değerlendirmede en fazla beğeni toplayan bisküvinin %20 mango kabuğu katkıli ürün olduğu saptanmıştır.



Bölek (2020a), %0, %5, %10 ve %15 seviyelerinde incir tohumu tozu kullanılarak üretilen bisküvilerde, %10' a kadar incir tohumu tozu ilavesinin, bisküvilerin koku, lezzet ve genel izlenim açısından duyuşsal beğenişiyi artırdığını tespit etmiştir.

Yadav vd. (2011), pirinç kepeği protein konsantresini bisküvi formülasyonuna %5, %10, %15 oranlarında ilave etmiş ve %10'a kadar yapılan zenginleştirmenin, arzu edilen genel kabul edilebilirliğe sahip ürünü üretmede yeterli olduğu sonucuna varmıştır.

Bu çalışmada ve diğer bazı çalışmalarda olduğu gibi, Yadav vd. (2012), rafine buğday unu yerine %10, %20, %30, %40 oranlarında nohut ve muz unu ilave ederek ürettikleri bisküvilerde, %20' ye kadar yapılan zenginleştirmenin, duyuşsal açıdan kontrole yakın ürün eldesi sağladığını bildirmiştir. Şeker vd. (2010), kayısı unu kullanarak ürettikleri bisküvilerde, genel değerlendirmenin kontrol ile yakın olduğunu bildirmiştirlerdir. Aydın (2014), balkabağı unu (BU) katkılı bisküvi üretimindeki duyuşsal değerlendirmede, BU katkısı ile üretilen tüm bisküvilerin kontrolden daha düşük lezzet puanı aldığını, BU katkı oranı arttıkça, renk beğenisinin ve gevrekliğin azaldığını ortaya koymuştur.

M. T. Lu vd. (2010), %10, %20 ve %30 oranında yeşil çay tozu içeren keklerde ilk iki oranın renk, tat, aroma, tekstür gibi özellikler yönünden beğenildiğini, %30 oranındaki çay tozu ilavesinin artan kafein içeriğinden dolayı acılığa neden olduğu için tercih edilmediğini bildirmiştir.

Göçmen vd. (2019) tarafından buğday ununa ikame olarak %2,5, %5 ve %7,5 oranlarında kahve çekirdeği zarı kullanılarak üretilen bisküvilerde, renk, tat, koku, tekstür açısından kontrol örneğinin daha yüksek puan aldığı, zenginleştirmenin duyuşsal beğenişiyi azalttığı ifade edilmiştir. Bu durum fonksiyonel besin eldesinde kullanılan bazı girdilerin, duyuşsal açıdan ürün tercişini bazen olumsuz etkilediğini doğrulamaktadır

## 5. SONUÇ

Günümüzde insanların sağlığı ön planda tutan gıdalara karşı ilgisinin giderek artmasıyla birlikte, besinsel içeriği yüksek fonksiyonel gıdalara yönelim daha fazla talep oluşturmaya başlamıştır. Ayrıca bilinçlenen tüketicinin doğal veya doğala yakın güvenilir gıdaya yönelmesi, üreticileri bu talep doğrultusunda yeni ürünler geliştirmeye yöneltmiştir. Bu noktadan hareketle son yıllarda bitkisel materyallerin yeni ürün eldesinde kullanımına yönelik çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Planlanan tez çalışmasının çıkış noktasını da bu yaklaşım oluşturmuştur.

Çalışmada, üç farklı hasat döneminde hasat edilen çayların TP içeriği saptanarak, en yüksek polifenol içeriğine sahip çay ekstraktının, ekstraksiyon koşulları yüzey-yanıt yöntemi kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında bu ekstrakt kraker formülasyonuna (hamur ağırlığının %1 oranında) ilave edilmiştir. Analizlerle ekstraktın ve krakerlerin AK, TP ve TF içerikleri ile bireysel fenoliklerin (HPLC) yanı sıra, krakerlerin ayrıca *in-vitro* biyoerişilebilirlik, HMF, tekstür, renk ve duyuşal özellikleri de belirlenmiştir.

YÇE ilavesi ile elde edilen zenginleştirilmiş krakerde aşağıda belirtilen değişimler saptanmıştır;

- √ Kontrol krakere nazaran sertlikte artış, kırılgenlikte ise azalış görülmüştür.
- √  $L^*$  değeri önemli düzeyde azalmış,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri ise artış göstermiştir.
- √ TP, AK, TF değerleri kontrole göre yükselmiştir.
- √ TP, AK, TF yönünden biyoerişilebilirlik düzeyi başlangıç aşamasında en yüksek değerde iken, mide ve bağırsak fazında azalma eğilimi göstermiştir.
- √ Kontrol örneğinde fenolik bileşikler saptanamazken, YÇE katkılı krakerlerde özellikle kamferol rutinozid ve gallik asit yüksek miktarda tespit edilmiştir.
- √ HMF oranı, literatürdeki karşılaştırılan diğer çalışmalara göre daha düşük bulunmuştur.
- √ Duyusal değerlendirme sonucunda kontrole göresertlik ve gevreklik yönünden daha çok beğenilmiş, genel kabul edilebilirlik yönünden ise zenginleştirmenin ciddi bir farklılık yaratmadığı ortaya konmuştur.

Tüm bu sonuçlar değerlendirildiğinde YÇE'nin başta unlu mamüller olmak üzere diğer birçok gıdayı zenginleştirmek ve fonksiyonel ürün eldesi sağlamak amacıyla kullanılabilceği öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acun, S. (2011). Şarap işletmeleri atığı olan üzüm posasının ve üzüm çekirdeğinin bisküvi kalitesi üzerine etkisi (Yayın No. 295242) [Yüksek Lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=zqI\\_ZOq-b18GC2rT9c2JGtF-rbQs9QcH5pGKK5kAXq2pq7HkH1h2aah\\_UqQ\\_ehLa](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=zqI_ZOq-b18GC2rT9c2JGtF-rbQs9QcH5pGKK5kAXq2pq7HkH1h2aah_UqQ_ehLa)
- Ahammed, G. J., Xu, W., Liu, A., & Chen, S. (2019). Endogenous melatonin deficiency aggravates high temperature-induced oxidative stress in *Solanum lycopersicum* L. *Environmental Experimental Botany*, 161, 303-311. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.006>
- Ahmed, Z., & Abozed, S. (2015). Functional and antioxidant properties of novel snack crackers incorporated with *Hibiscus sabdariffa* by-product. *Journal of Advanced Research*, 6(1), 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.07.002>
- Agarwal, U., Pathak, D. P., Bhutani, R., Kapoor, G., & Kant, R. (2017). Review on *Camellia sinensis*–Nature’s gift. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(8), 1119–1126. <https://doi.org/10.25258/phyto.v9i08.9619>
- Ajila, C. M., Leelavathi, K., & Prasada Rao, U. J. S. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48, 319-326. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2007.10.001>
- Alikılıç, D. (2016). Çayın Karadeniz Bölgesi için önemi ve tarihi seyri. *Karadeniz İncelemeleri Dergisi*, 21, 269-280. <https://doi.org/10.18220/kid.277672>
- Altiner Dülger, D. (2015). Enerjisi azaltılmış kraker üretimi (Yayın No. 406501) [Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/689244>
- Altuğ, T., Elmacı, Y. (2011). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. 2. Baskı. Sidas Medya. 134. ISBN:978-9944-5660-8-7.
- Ameur, L., Mathieu, O., Lalanne, V., Trystram, G., Birlouez-Aragon, I. (2007). Comparison of the effects of sucrose and hexose on furfural formation and browning in cookies baked at different temperatures. *Food Chemistry*, 101, 1407-1416. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.049>
- An, B., Kwak, J., Son, J., Park, J., Lee, Jo. C., Byun, M. (2004). Biological and antimicrobial activity of irradiated green tea polyphenols. *Food Chemistry*, 88, 549-555.
- Anonim (2008). - [www.caykur.gov.tr/detay.aspx.ID=1](http://www.caykur.gov.tr/detay.aspx.ID=1). Erişim Tarihi: 30.03.2022
- Ariana, M., Samie, A., Edriss, M., & Jahanian, R. (2011). Effects of powder and extract form of green tea and marigold, and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance, egg quality and egg yolk cholesterol levels of laying hens in late phase of production. *Journal of Medical Plants Research*, 5, 2710-2716. <https://doi.org/10.5897/JMPR.9000537>
- Auvichayapat, P., Prapochanung, M., Tunkamnerdthai, O., Sripanidkulchai, B., Auvichayapat, N., Thinkhamrop, B., Kunhasura, S., Wongpratoom, S., Sinawat, S., & Hongprapas, P. (2011). Effectiveness of green tea on weight reduction in obese Thais: a randomised, controlled trial. *Behavior Physiology*, 93, 486–91.

- <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2007.10.009>
- Aydın, E. (2014). Balkabağı (*Cucurbita moschata*) unu katkısının bisküvinin antioksidan aktivite ve besinsel kalitesine etkileri. (Yayın No. 373844) [Doktora tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi.  
[https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=48XPj7KKQhKUgntkUiKO3JnBbAz8lwcv4SBF2gA\\_GJyH7oLhtQylK1MKscWWANKy](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=48XPj7KKQhKUgntkUiKO3JnBbAz8lwcv4SBF2gA_GJyH7oLhtQylK1MKscWWANKy)
- Bajerska, J., Mildner-Szkudlarz, S., Jeszka, J., & Szwengiel, A. (2010). Catechin stability, antioxidant properties and sensory profiles of rye breads fortified with green tea extracts. *Journal of Food and Nutrition Research*, 49(2), 104–111.
- Barizão, É. O., Martins, A. C., Ercoli, L., Kvitschal, M. V., Silva, R., Pezoti Junior, O., Visentainer, J. V., & de Cinque Almeida, V. (2013). Optimization of Antioxidant Compounds Extraction from Flesh of New Developed Apple Cultivar Using Response Surface Methodology. *Food Analytical Methods*, 6(5), 1407–1415.  
<https://doi.org/10.1007/s12161-012-9558-4>
- Başaran, B., Anlar, P., Yılmaz Oral, Z. F., Polat, Z., & Kaban, G. (2022). Risk assessment of acrylamide and 5-hydroxymethyl-2-furfural (5-HMF) exposure from bread consumption. *Journal of Food Composition and Analysis*, 107, 104409.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104409>
- Bekar, E. (2017). Üzüm çekirdeği ilavesinin keklerin kalite özelliklerine etkisi (Yayın No. 497194) [Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi.  
<https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/5591>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Coffee, Tea, Cocoa. *Food Chemistry*, 938-970.
- Benjakul, B., & Karnjanapratum, S. (2018). Characteristics and nutritional value of whole wheat cracker fortified with tuna bone bio-calcium powder. *Food Chemistry*, 259, 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.124>
- Besler, H. T. (2008). Çay ve sağlık ilişkisi, Sağlık Bakanlığı Yayını, Ankara.
- Bilgiçli N., & Türker S. (1999). Tarhana katkılı kraker üretimi üzerine bir araştırma. *Akademik Gıda Dergisi*, 148.
- Birch, E. J., Everett, D. W., & Rashidinejad, A. (2016). A novel functional full-fat hard cheese containing liposomal nanoencapsulated green tea catechins: manufacture and recovery following simulated digestion. *Food Function*, 7(7), 3283-94. <https://doi.org/10.1039/C6FO00354K>
- Bora, K., Sarkar, D., Konwar, K., Payeng, B., Sood, K., Paul, R. K., Datta, R., Das, S., Khare, P., & Karak, T. (2019). Disentanglement of the secrets of aluminium in acidophilic tea plant (*Camellia sinensis* L.) influenced by organic and inorganic amendments. *Food Research International*, 120, 851-864.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.049>
- Bölek, S. (2020a). Effects of waste fig seed powder on quality as an innovative ingredient in biscuit formulation. *Food Science*, 86(1), 55-60.  
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.15548>
- Bölek, S. (2020b). Kurutulmuş nar (*Punica granatum*) kabuğu tozunun glutensiz bisküvilerin tekstürel, duysal ve bazı fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 210-217. <https://doi.org/10.17780/ksujes.777702>
- Can, (2015). Portakal kabuğu tozunun bisküvi hamuru ve bisküvi kalitesi üzerine

- etkilerinin incelenmesi (Yayın No. 390517) [Yüksek Lisans tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğrenim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <http://abakus.inonu.edu.tr/xmlui/handle/11616/5926>
- Capuano, E., & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): a review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 793-810. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002>
- Chaijan, S., Panpipat, W., Panya, A., Cheong, L. Z. & Chaijan, M. (2020). Preservation of chilled asian sea bass (*Lates calcarifer*) steak by whey protein isolate coating containing polyphenol extract from ginger, lemongrass or green tea. *Food Control*, 118, 10740. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107400>
- Chen, M., Zhai, L., & Arendrup, M. C. (2015). In vitro activity of 23 tea extractions and epigallocatechin gallate against *Candida* species. *Medical Mycology*, 53(2), 194-198. <https://doi.org/10.1093/mmy/myu073>
- Chen, Y., Jiang, Y., Duan, J., Shi, J., Xue, S., & Kakuda, Y. (2010). Variation in catechin contents in relation to quality of “Huang Zhi Xiang” Oolong tea (*Camellia sinensis*) at various growing altitudes and seasons. *Food Chemistry*, 119(2), 648–652. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.014>
- Chen, Y. L., Duan, J., Jiang, Y. M., Shi, J., Peng, L., & Xue, S. (2010). Production, quality, and biological effects of oolong tea (*Camellia sinensis*). *Food Reviews International*, 27(1), 1-15. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.518294>
- Cho, H., Cho, E., Jung, H., Yi, H. C., Lee, B., & Hwang, K. T. (2014). Antioxidant activities of sea buckthorn leaf tea extracts compared with green tea extracts. *Food Science and Biotechnology*, 23(4), 1295–1303. <https://doi.org/10.1007/s10068-014-0178-1>
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., & Suri, S. (2021). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews*, 40(4), 545-561. <https://doi.org/10.1080/15569543.2020.1756857>
- Chung, H. J., Cho, A., & Lim, S. T. (2014). Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.018>
- Chung, K.T., Lu, Z., & Chou, M. W. (1998). Mechanism of inhibition of tannic acid and related compounds on the growth of intestinal bacteria. *Food and Chemical Toxicology*, 36, 1053-1060. [https://doi.org/10.1016/S0278-6915\(98\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0278-6915(98)00086-6)
- Cooper, R., Morré, D. J., & Morré, D. M. (2005). Medical benefits of green tea: part I. review of non-cancer health benefits. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 11(3), 521-528. <https://doi.org/10.1089/acm.2005.11.521>
- Çelik, F. (2006). Çay (*Camellia sinensis*) sağlık üzerindeki koruyucu etkisi ve önerilen tüketimi. *Türkiye Klinikleri, Journal of Medical Sciences*, 26, 642- 48.
- Daglia, M., Antiochia, R., Sobolev, A. P., & Mannina, L. (2014). Untargeted and targeted methodologies in the study of tea (*Camellia sinensis* L.) *Food Research International*, 63, 275-289. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.070>
- Dai, W., Qi, D., Yang, T., Lv, H., Guo, L., Zhang, Y., Zhu, Y., Peng, Q., Xie, D., Tan, J., & Lin, Z. (2015). Nontargeted analysis using ultraperformance liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry uncovers the effects of harvest season on the metabolites and taste quality of tea (*Camellia sinensis* L.).

- Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), 229-254. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b03967>
- Damiani, E., Bacchetti, T., Padella, L., Tiano, L., & Carloni, P. (2014). Antioxidant activity of different white teas: Comparison of hot and cold tea infusions. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.09.010>
- Deka, H., Barman, T., Dutta, J., Devi, A., Tamuly, P., Paul, R., & Karak, T. (2020). Catechin and caffeine content of tea (*Camellia sinensis* L.) leaf significantly differ with seasonal variation: A study on popular cultivars in North East India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103684. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103684>
- Demirel, H., & Demir, M. K. (2018). Farklı turunçgillerden elde edilen albedoların bisküvi üretiminde kullanımı. *Gıda*, 43(3), 501-511. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00832.200510.15237/gida.GD18021>
- Diepvens, K., Westerterp, K. R., & Westerterp-Plantenga, M. S. (2007). Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 292, 77-85. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00832.2005>
- Doğan, H., & Meral, R. (2016). Uşkun bitkisinin bisküvi üretiminde fonksiyonel bileşen olarak kullanımı. *Iğdır University Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(4), 91-99. <https://doi.org/10.21597/jist.2016624159>
- Donlao, N., & Ogawa, Y. (2019). The influence of processing conditions on catechin, caffeine and chlorophyll contents of green tea (*Camelia sinensis*) leaves and infusions. *LWT - Food Science and Technology*, 116, 108567. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108567>
- Dündar, A. N., Aydın, E., Yildiz, E., & Parlak, O. (2020). Effects of chia seed on chemical properties and quality characteristics of regular and low-fat crackers. *Food Science and Technology*, 1-9. <https://doi.org/10.1590/fst.26120>
- Elmas, C., & Gezer, C. (2019). Çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) bileşimi ve sağlık etkileri. *Akademik Gıda*, 17(3), 417-428. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.647733>
- Ertop, M. H., & Öztürk Sarıkaya, B. (2017). The relations between hydroxymethylfurfural content, antioxidant activity and colorimetric properties of various bakery products. *The Journal of Food*, 42(6), 834-843. <https://doi.org/10.15237/gida.GD17033>
- Erturk, Y., Ercisli, S., Sengul, M., Eser, Z., Haznedar, A., & Turan, M. (2010). Seasonal variation of total phenolic, antioxidant activity and minerals in fresh tea shoots (*Camellia sinensis* var. *sinensis*). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 23(1), 69-74.
- Fawole, O. A., & Opara, U. L. (2016). Stability of total phenolic concentration and antioxidant capacity of extracts from pomegranate co-products subjected to in vitro digestion. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16, 358.
- Fischer, U. A., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2013). Thermal stability of anthocyanins and colourless phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) juices and model solutions. *Food Chemistry*, 138, 1800-1809. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.072>
- Fisunoğlu, M., & Besler, H. T. (2008). Çay ve sağlık ilişkisi. *Food and Health*, 4(2), 140-146. <https://doi.org/10.3153/FH18014>

- Formica, J. V., & Regelson, W. (1995). Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food and Chemical Toxicology*, 33, 1061-80. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(95\)00077-1](https://doi.org/10.1016/0278-6915(95)00077-1)
- Franks, M., Lawrence, P., Abbaspourrad, A., & Dando, D. (2019). The influence of water composition on flavor and nutrient extraction in green and black tea. *Nutrients*, 11(1), 80. <https://doi.org/10.3390/nu11010080>
- Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., Świeca, M., Sęczyk, Ł., Różyło, R., & Szymanowska, U. (2015). Bread enriched with *Chenopodium quinoa* leaves powder—The procedures for assessing the fortification efficiency. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1226-1234. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.007>
- Giuberti, G., Senizza, A., Gallo, A., Lucini, G., Patrone, V., & Rocchetti, G. (2019). In vitro large intestine fermentation of gluten-free rice cookies containing alfalfa seed (*Medicago sativa* L.) flour: A combined metagenomic/metabolomic approach. *Food Research International*, 120, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.003>
- Göçmen, D., Şahan, Y., Yıldız, E., Coskun, M., & Amit Aroufai, I. (2019). Use of coffee silverskin to improve the functional properties of cookies. *Journal of Food Science Technology*, 56(6), 2979–2988. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03773-y>
- Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Köksel, H., & Açar, J. (2007). Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food Chemistry*, 104, 1136-1142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.008>
- Gökmen, V., Açar, Ö. Ç., Serpen, A., & Morales, F. J. (2008). Effect of leavening agents and sugars on the formation of hydroxymethylfurfural in cookies during baking. *European Food Research and Technology*, 226, 1031-1037. <https://doi.org/10.1007/s00217-007-0628-6>
- Green, R. J., Murphy, A. S., Schulz, B., Watkins, B. A., & Ferruzzi, M. G. (2007). Common tea formulations modulate in vitro digestive recovery of green tea catechins. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(9), 1152–1162. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700086>
- Grinberg, L.N., Newmark, H., Kitrossky, N., Rahamim, E., Chevion, M. & Rachmilewitz, E.A. (1997). Protective effects of tea polyphenols against oxidative damage to red blood cells. *Biochemical Pharmacology*, 54, 973-978. [https://doi.org/10.1016/S0006-2952\(97\)00155-X](https://doi.org/10.1016/S0006-2952(97)00155-X)
- Gunathilake, K. D. P. P., Ranaweera, K. K. D. S., & Rupasinghe, H. P. V. (2019). Response surface optimization for recovery of polyphenols and carotenoids from leaves of *Centella asiatica* using an ethanol-based solvent system. *Food Science and Nutrition*, 7(2), 528–536. <https://doi.org/10.1002/fsn3.832>
- Guglielmetti, A., Fernandez-Gomez, B., Zeppa, G., & Del Castillo, M. D. (2019). Nutritional quality, potential health promoting properties and sensory perception of an improved gluten-free bread formulation containing inulin, rice protein and bioactive compounds extracted from coffee byproducts. *Polish Journal of Food Nutrition Science*, 69, 157–166.
- Guo, L., Guo, J., Zhu, W., & Jiang, X. (2016). Optimized synchronous extraction process of tea polyphenols and polysaccharides from Huaguoshan Yunwu tea and their antioxidant activities. *Food and Bioprocess Processing*, 100, 303–310. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.08.001>
- Guthrie, F., Wang, Y., Neeve, N., Quek, S. Y., Mohammadi, K., & Baroutian, S. (2020). Recovery of phenolic antioxidants from green kiwifruit peel using



- subcritical water extraction. *Food and Bioproducts Processing*, 122, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.05.002>
- Gübür, S. (2015). Basit karbonhidrat içeriği yüksek diyetle beslenen sığırcılarda yeşil çayın antioksidan etkisinin incelenmesi (Yayın No. 412617) [Doktora tezi, Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=WY5CM7tPNE2z\\_YM6pBu0twagZg1frD2oNzdTY11FoRYE6YneQjIskrMicVRICwzu](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=WY5CM7tPNE2z_YM6pBu0twagZg1frD2oNzdTY11FoRYE6YneQjIskrMicVRICwzu)
- Gül, H., Hayıt, F., Özer, B., & Acun, S. (2021). Kırmızı pancar ununun glutensiz bisküvi üretiminde kullanılması. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(4), 1166 – 1173. <https://doi.org/10.21923/jesd.922900>
- Gümü, E. & Küçükersan, S. (2016, 28 Eylül - 01 Ekim). Yeşil çay (*Camellia sinensis*) ürünlerinin kanatlı beslenmesinde kullanılması [Poster Bildirileri] Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, Antalya/Türkiye.
- Gür, S., O., Szafranska, A., Roszko, M., & Stępniewska, S. (2022). Interaction of dough preparation method, green tea extract and baking temperature on the quality of rye bread and acrylamide content. *LWT-Food Science and Technology*, 154, 112759. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112759>
- Halder, B., Pramanick, S., Mukhopadhyay, S., & Giri, A. K. (2005). Inhibition of benzo[a]pyrene induced mutagenicity and genotoxicity multiple test systems. *Food and Chemical Toxicology*, 43, 591-597. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2005.01.002>
- Han, C., Tian, J., Chen, J. (1997). Screening of anticarcinogenic ingredients in tea polyphenols. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*, 114, 153-158. [https://doi.org/10.1300/J133v01n02\\_03](https://doi.org/10.1300/J133v01n02_03)
- Han, C. W., Ma, M., Zhang, H. H., Li, M., & Sun, Q. J. (2020). Progressive study of the effect of superfine green tea, soluble tea, and tea polyphenols on the physico-chemical and structural properties of wheat gluten in noodle system. *Food Chemistry*, 308, 125676. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125676>
- Han, J. J., Janz, J. A. M., & Gerlat, M. (2010). Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International*, 43(2), 627-633. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.015>
- Han, W., Li, X., Yan, P., Zhang, L., & Ahammed G. J. (2018). Tea cultivation under changing climatic conditions. *Academy of Agricultural Sciences*, 455-472.
- Han, W.Y., Huang, J. G., Li, X., Li, Z. X., Ahammed, G.J., Yan, P., & Stepp, J. R. (2017). Altitudinal effects on the quality of green tea in east China: a climate change perspective. *European Food Research Technology*, 243, 323-330. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2746-5>
- Hayat, K., Iqbal, H., Malik, U., Bilal, U., & Mushtaq, S. (2015). Tea and its consumption: benefits and risks. *Critical Reviews Food Science Nutrition*, 55(7), 939-54. <https://doi.org/10.1080/10408390903586412>
- Henning, S. M., Fajardo- Lira, C., Lee, H., Youssefian, A. A., Go, V. L. W., & Heber, D. (2003). Catechin content of 18 teas and a green tea extract supplement correlates with antioxidant capacity. *Nutrition and Cancer*, 45(2), 226- 235. [https://doi.org/10.1207/S15327914NC4502\\_13](https://doi.org/10.1207/S15327914NC4502_13)
- Hertog, M., Edith, J., Daan, K., Hollman, P., & Katan, M. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *The Lancet*, 342, 1007-11.
- Hidalgo, A., Brandolini, A., Čanadanović-Brunec, J., Četković, G., & Šaponjac, V.

- T. (2018). Microencapsulates and extracts from red beetroot pomace modify antioxidant capacity, heat damage and colour of pseudocereals-enriched einkorn water biscuits. *Food Chemistry*, 268, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.062>
- Hilal, Y., & Engelhardt, U. (2007). Characterisation of white tea– Comparison to green and black tea. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 2, 414-21.
- Hirata, K., Kenei, S., Hiroyuki, W., Ryo, O., Koutaro, T., Minoru, Y., & Shunichi, H., Junichi, Y. (2004). Black tea increases coronary flow velocity reserve in healthy male subjects. *American Journal of Cardiology*, 93, 384-88. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.02.035>
- Hodgson, J. M., & Croft, K. D. (2010). Tea flavonoids and cardiovascular health. *Molecular Aspects of Medicine*, 31, 495-502. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2010.09.004>
- House, W. A. (1999). Trace element bioavailability as exemplified by iron and zinc. *Field Crops Research*, 60(1-2), 115-141. [https://doi.org/10.1016/S0378429\(98\)00136-1](https://doi.org/10.1016/S0378429(98)00136-1)
- Hudson, T. (2007). Green tea and women's health. *Alternative & Complementary Therapies*, 13(5), 269-72. <https://doi.org/10.1089/act.2007.13509>
- Ilaiyaraja, N., Likhith, K. R., Sharath Babu, G. R., & Khanum, F. (2015). Optimisation of extraction of bioactive compounds from *Feronia limonia* (wood apple) fruit using response surface methodology (RSM). *Food Chemistry*, 173, 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.035>
- Imeneo, V., Romeo, R., Gattuso, A., De Bruno, A., & Piscopo, A. (2021). Functionalized biscuits with bioactive ingredients obtained by citrus lemon pomace. *Foods*, 10(10), 2460. <https://doi.org/10.3390/foods10102460>
- International Organization for Standardization. (2005). Determination of substances characteristic of green and black tea. Part 1: Content of total polyphenols in tea. Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. 8p. International Standard. (ISO Standard No. 14502-1: 2005).
- Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., & Ismail, A. (2017). Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 65(6), 661–666. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.908170>
- Işık, F., & Topkaya, C. (2017). Domates çekirdeği ilave edilerek üretilen krakerlerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyuşal özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(7), 926-932. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.57704>
- İnkaya, A. N. (2008). Bisküvi üretiminde kestane kullanım olanaklarının araştırılması (Yayın No. 249487) [Yüksek Lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVIqqBuz1VkysVpueogAW5CDSaMTkaB\\_zDPq4p0T8Qf-kB7pY7OaJcjl84D61K](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=CwVIqqBuz1VkysVpueogAW5CDSaMTkaB_zDPq4p0T8Qf-kB7pY7OaJcjl84D61K)
- Jakubczyk, K., Kochman, J., Kwiatkowska, A., Kałdunska, J., Dec, K., Kawczuga, D., & Janda, K. (2020). Antioxidant properties and nutritional composition of matcha green tea. *Foods*, 9(4), 483. <https://doi.org/10.3390/foods9040483>
- Jo, C., Son, J. H., Son, C. B., & Byun, M. W. (2003). Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4 °C. *Meat Science*, 64(1), 13-17.

[https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00131-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00131-6)

- Johnson, J. M., Harris, C. H., Barbeau, W. E. (1989). Effects of high-fructose corn syrup replacement for sucrose on browning starch gelatinization and sensory characteristics of cakes. *Cereal Chemistry*, 66, 155-157.
- Kaneko, S., Kumazawa, K., Masuda, H., Henze, A., & Hofmann, T. (2006). Molecular and sensory studies on the umami taste of Japanese green tea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7), 2688-2694. <https://doi.org/10.1021/jf0525232>
- Kao, Y. H., Chang, H. H., Lee, M. J., & Chen, C. L. (2006). Tea, obesity, and diabetes. *Molecular Nutrition Food Research*, 50, 188-210. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500109>
- Kesler, H. (2012). Yeşil çay ve etkileri [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi], (Kayseri Erciyes Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi). [http://pharmacy.erciyes.edu.tr/ckfinder/userfiles/files/bitirmeler/Hilal\\_Kesler\\_Tez.pdf](http://pharmacy.erciyes.edu.tr/ckfinder/userfiles/files/bitirmeler/Hilal_Kesler_Tez.pdf)
- Khurshid, Z., Zafar, M. S., Zohaib, S., Najeeb, S., & Naseem, M. (2016). Green tea (*Camellia sinensis*): chemistry and oral health. *Open Dentistry Journal*, 10, 166-173. <https://dx.doi.org/10.2174%2F1874210601610010166>
- Kinsella, J. E., Frankel, E., German, B., & Kanner, J. (1993). Possible mechanisms for the protective role of antioxidants in wine and plant foods. *Food Technology*, 85-89.
- Komatsu, Y., Suematsu, S., Hisanobu, Y., Saigo, H., Matsuda, R., & Hara, K. (1993). Studies on preservation of constituents in canned drinks. Part II. Effects of pH and temperature on reaction kinetics of catechins in green tea infusion. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 57, 907-910. <https://doi.org/10.1271/bbb.57.907>
- Kottawa -Arachchi, J. D., Gunasekare, M. T. K., Ranatunga, M. A B., Punyasiri, P. A. N., Jayasinghe, L., & Karunagod, R. P. (2014). Biochemical characteristics of tea (*Camellia sinensis* L. spp.) germplasm accessions in Sri Lanka: correlation between black tea quality parameters and organoleptic evaluation. *International Journal of Tea Science*, 10(1), 1-11.
- Lafarga, Y., Gallagher, E., Bademunt, A., Bobo, G., Echeverria, G., Vinas, I., & Aguilo-Aguayo, I. (2019). Physicochemical and nutritional characteristics, bioaccessibility and sensory acceptance of baked crackers containing broccoli co-products. *International Journal of Food Science and Technology*, 54, 634-640. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13908>
- Langley-Evans, S. C. (2000a). Consumption of black tea elicits an increase in plasma antioxidant potential in humans. *International Journal of Food Science Nutrition*, 51, 309- 315. <https://doi.org/10.1080/096374800426902>
- Larrea, M. A., Chang, Y. K., & Martinez-Bustosc, F. (2005). Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT-Food Science and Technology*, 38, 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.05.014>
- Lauková, M., Minarovičová, L., Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2019). Quality evaluation of sweet potato powder-enriched cereal products. *Food Science and Technology International*, 225(6), 523-532. <https://doi.org/10.1177/1082013219842711>
- Lee, A. H., Su, D., Pasalich, M., & Binns, C. W. (2013). Tea consumption reduces ovarian cancer risk. *Cancer Epidemiology*, 37 (1), 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.canep.2012.10.003>

- Li, X., Ahammed, G. J., Li, Z. X., Zhang, L., Wei, J. P., Shen, C., Yan, P., Zhang, L. P., & Han, W. Y. (2016b). Brassinosteroids Improve quality of summer tea (*Camellia sinensis* L.) by balancing biosynthesis of polyphenols and amino acids. *Frontiers. Plant Science*, 7, 1304. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01304>
- Li, X., Li, M. H., Deng, W. W., Ahammed, G. J., Wei, J. P., Yan, P., Zhang, L. P., Fu, J. Y., & Han, W. Y. (2020). Exogenous melatonin improves tea quality under moderate high temperatures by increasing epigallocatechin-3-gallate and theanine biosynthesis in *Camellia sinensis* L. *Journal of Plant Physiology*, 253, 153273. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153273>
- Li, X., Wei, J. P., Ahammed, G. J., Zhang, L., Li, Y., Yan, P., Zhang, L. P., & Han W. Y. (2018a). Brassinosteroids attenuate moderate high temperature-caused decline in tea quality by enhancing theanine biosynthesis in *Camellia sinensis* L. *Frontiers Plant Science*, 9, 1016. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01016>
- Lin, J., & Zhou, W. (2018). Role of quercetin in the physicochemical properties, antioxidant and antiglycation activities of bread. *Journal of Functional Foods*, 40, 299-306. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.018>
- Lin, J. K., & Lin-Shiau, S. Y. (2006). Mechanisms of hypolipidemic and anti-obesity effects of tea and tea polyphenols. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(2), 211-217. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500138>
- Lin, L. Y., Juan, I. M., Chen, Y. L., Liang, C. Y., & Lin, K. J. (1996). Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associations of their oxygen-radical-absorbing capacity with antiproliferative actions in fibroblast cells. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 6, 1387-1394. <https://doi.org/10.1021/jf950652k>
- Liu, J. W., Zhang, Q. F., Liu, M. Y., Ma, L. F., Shi, Y. Z., & Ruan, J. Y. (2016). Metabolomic analyses reveal distinct change of metabolites and quality of green tea during the short duration of a single spring season. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(16), 3302-3309. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00404>
- Liu, Y., Wei, S., & Liao, M. (2013). Optimization of ultrasonic extraction of phenolic compounds from *Euryale ferox* seed shells using response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 49, 837-843. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.023>
- Liu, Z., Ma, L. P., Zhou, B., Yang, L., & Liu, Z. L. (2000). Antioxidative effects of green tea polyphenols on free radical initiated and photosensitized peroxidation of human low density lipoprotein. *Chemistry Physics of Lipids*, 106(1), 53-63. [https://doi.org/10.1016/S0009-3084\(00\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0009-3084(00)00133-X)
- Lorenzo, J. M., Eduardo, P., & Munekata, S. (2016). Phenolic compounds of green tea: health benefits and technological application in food. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(8), 709-719. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.06.010>
- Lu, M. T., Lee, C. C., Mau, J. L., & Lin, S. D. (2010). Quality and antioxidant property of green tea sponge cake. *Food Chemistry*, 119(3), 1090-1095. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.015>
- Lu, Y., Guo, W. F., & Yang, X. Q. (2004). Fluoride content in tea and its relationship with tea quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 4472-4476. <https://doi.org/10.1021/jf0308354>
- Luczaj, W., & Skrzydlewska, E. (2005). Antioxidative properties of black tea. *Preventive Medicine*, 40, 910-918. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2004.10.014>
- Lucas-González, R., Ángel Pérez-Álvarez, J., Moscaritolo, S., Fernández-López, J., Sacchetti, G., & Viuda-Martos, M. (2021). Evaluation of polyphenol

- bioaccessibility and kinetic of starch digestion of spaghetti with persimmon (*Diospyros kaki*) flours coproducts during in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 338, 128142. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.12814>
- Luximon-Ramma, A., Bahorun, T., Crozier, A., Zbarsky, V., Datla, K. P., & Dexter, D. T., Aruoma, O. I. (2005). Characterization of the antioxidant functions of flavonoids and proanthocyanidins in Mauritian black teas. *Food Research International*, 38, 357-367. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.10.005>
- Machado, A. P. D. F., Pasquel-Reátegui, J. L., Barbero, G. F., & Martínez, J. (2015). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *Food Research International*, 77, 675-683. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>
- Mahmood, T., Naveed, A., & Barkat, K. (2010). The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis* tea. *Journal of Medicinal Plants*, 4, 33. <https://doi.org/10.5897/JMPR>
- Manley, D. (1991). *Manley's technology of biscuits, crackers and cookies*. (4<sup>th</sup>. ed.) Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. 217.
- Maskan, M. (2006). Production of pomegranate (*Punica granatum* L.) juice concentrate by various heating methods: colour degradation and kinetics. *Journal of Food Engineering*, 72, 218–224. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.11.012>
- Massounga Bora, A. F., Ma, S., Li, X., & Liu, L. (2018). Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. *Food Research International*, 105, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.047>
- McKay, L., & Blumberg, J. (2002). The role of tea in human health: an update. *Journal of The American & College of Nutrition*, 21, 1-13. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719187>
- Mello, L. D., Alves, A. A., Macedo, D.V., & Kubota, L. T. (2004). Peroxidase-based biosensor as a tool for a fast evaluation of antioxidant capacity of tea. *Food Chemistry*, 92(3), 515-519. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.08.019>
- Mesías-García, M., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. (2010). Determination of furan precursors and some thermal damage markers in baby foods: ascorbic acid, dehydroascorbic acid, hydroxymethylfurfural and furfural. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 6027-6032. <https://doi.org/10.1021/jf100649z>
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. (2016). Risk/benefit considerations of a new formulation of wheat-based biscuit supplemented with different amounts of chia flour. *Food Science and Technology*, 73, 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.056>
- Metin, Z. E. (2014). Ankara piyasasında satışı sunulan nar ekşisi, nar ekşisi sosu ve üzüm pekmezlerinin hidroksimetilfurfural düzeyinin saptanması (Yayın No. 375007) [Yüksek Lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/handle/11655/1555>
- Michałowska, A. G., Cisowska, J. K., Kmiecik, D., Korczak, J., Helak, B., Dziedzic, K., & Górecka, D. (2016). Antioxidative potential, nutritional value and sensory profiles of confectionery fortified with green and yellow tea leaves (*Camellia sinensis*). *Food Chemistry*, 211, 448-454. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.048>

- Mildner-Szkudlarz, S., Bajerska, J., Zawirska-Wojtasiak, R., & Górecka, D. (2013). White grape pomace as a source of dietary fibre and polyphenols and its effect on physical and nutraceutical characteristics of wheat biscuits. *Journal of the Science and Food of Agriculture*, 93(2), 389-395. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5774>
- Miller, R. (2016). Biscuits, cookies and crackers: nature of the products. *Encyclopedia of Food and Health*, 445-450.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., Carrière, F., Boutrou, R., Corredig, M., Dupont, D., Dufour, C., Egger, L., Golding, M., Karakaya, S., Kirkhus, B., Le Feunteun, S., Lesmes, U., Macierzanka, A., Mackie, A., ... Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food-an international consensus. *Food and Function*, 5(6), 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
- Mir, S. A., Bosco, S. J. D., Shah, M. A., Santhalakshmy, S., & Mir, M. M. (2017). Effect of apple pomace on quality characteristics of brown rice based cracker. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.01.001>
- Miura, Y., Chiba, T., Tomita, I., Koizumi, H., Miura, S., Umegaki, K., Hara, Y., Ikeda, M., Tomita, T. (2001). Tea catechins prevent the development of atherosclerosis in apoprotein e-deficient mice. *Biochemical and Molecular Action of Nutrients*, 131, 27-32. <https://doi.org/10.1093/jn/131.1.27>
- Murray, M. T., & Nowicki, J. (2020). *Camellia sinensis* (Green Tea). *Textbook of Natural Medicine (Fifth Edition)*, 465-469.
- Namita, P., Mukesh, R., & Vijay, K., J. (2012). *Camellia sinensis* (Green Tea). *Global Journal of Pharmacology*, 6(2), 52-59.
- Nanjo, F., Goto, K., Seto, R., Suzuki, E., Sakai, M., & Hara, Y. (1996). Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. *Free Radical Biology and Medicine*, 21, 895-902. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(96\)00237-7](https://doi.org/10.1016/0891-5849(96)00237-7)
- Narukawa, M., Kimata, H., Noga, C., & Watanabe, T. (2010). Taste characterisation of green tea catechins. *International Journal of Food Science and Technology*, 45(8), 1579-1585. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02304.x>
- Nechuta, S., Shu, X. O., Li, H. L., Yang, G., Ji, B. T., Xiang, Y. B., Cai, H., Chow, W. H., Gao, Y. T., & Zheng, W. (2012). Prospective cohort study of tea consumption and risk of digestive system cancers: results from the shanghai women's health study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 96(5), 1056-1063. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.031419>
- Ogawa, H., & Ueki, N. (2007). Clinical importance of caffeine dependence and abuse. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, 61, 263-268. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1819.2007.01652.x>
- Oguri, A., Suda, M., Totsuka, Y., Sugimura, T., & Wakabayashi, K. (1998). Inhibitory effects of antioxidants on formation of heterocyclic amines. *Mutation Research*, 402, 237-245. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(97\)00303-5](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(97)00303-5)
- Ou, J., Wang, M., Zheng, J., & Ou, S. (2019). Positive and negative effects of polyphenol incorporation in baked foods. *Food Chemistry*, 284, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.096>
- Özğören, E., Kaplan, H. B., & Tüfekçi, S. (2018). Chia tohumu kullanılarak zenginleştirilen galetaların bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri. *Food and Health*, 4(2), 140-146. <https://doi.org/10.3153/FH18014>

- Park, J. H., Lee, J. M., Cho, Y. J., Kim, C. T., Kim, C. J., Nam, K. C., & Lee, S. C. (2009). Effect of far-infrared heater on the physicochemical characteristics of green tea during processing. *Journal of Food Biochemistry*, 33(2), 149-162. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2008.00203>
- Petisca, C., Henriques, A. R., Palacios, P., Pinho, O., Ferreira, I.M.P.L.V.O. (2014). Assessment of hydroxymethylfurfural and furfural in commercial bakery products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33(1), 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2013.10.004>
- Pinto, J., Spínola, V., Llorent-Martínez, E. J., Fernández-de Córdova, M. L., Molina-García, L., & Castilho, P. C. (2017). Polyphenolic profile and antioxidant activities of Madeiran elderberry (*Sambucus lanceolata*) as affected by simulated *in-vitro* digestion. *Food Research International*, 100, 404-41. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.044>
- Polat, E., Karaman, D. A., & Öğüt, S. (2020). Çayın kardiyovasküler hastalıklar üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 131-136. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.658756>
- Polat, H., Dursun Capar, T., Inanir, C., Ekici L., & Yalcin, H. (2020). Formulation of functional crackers enriched with germinated lentil extract: A Response Surface Methodology Box-Behnken Design. *LWT-Food Science and Technology*, 123, 109065. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109065>
- Preedy, V. (2013). Tea in Health and Disease Prevention. *Elsevier*; London, 73-77.
- Qin, Y. Y., Yang, J. Y., Lu, H. B., Wang, S. S., Yang, J., Yang, X. C., Chai, M., Li, L., & Cao, X. J. (2013). Effect of chitosan film incorporated with tea polyphenol on quality and shelf life of pork meat patties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 312-6. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.07.018>
- Radočaj, O., Dimić, E., & Tsao, R. (2014). Effects of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil press-cake and decaffeinated green tea leaves (*Camellia sinensis*) on functional characteristics of gluten-free crackers. *Journal of Food Science*, 79(3), 318-25. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12370>
- Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, E. (2000). Browning indicators in bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4176-4181. <https://doi.org/10.1021/jf9907687>
- Rashidinejad, A., Birch, E. J., & Everett, D. W. (2016). The behaviour of green tea catechins in a full-fat milk system under conditions mimicking the cheesemaking process. *International Journal of Food Science Nutrition*, 6, 624-31. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1195797>
- Rebollo-Hernanz, M., Cañas, S., Taladrid, D., Segovia, Á., Bartolomé, B., Aguilera, Y., & Martín-Cabrejas, M. A. (2021). Extraction of phenolic compounds from cocoa shell: Modeling using response surface methodology and artificial neural networks. *Separation and Purification Technology*, 270, 118779. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118779>
- Richelle, M., Tavazzi, I., & Offord, E. (2001). Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving. *Journal of Agriculture Food Chemistry*, 49, 3438-3442. <https://doi.org/10.1021/jf0101410>
- Rocchetti, G., Senizza, A., Gallo, A., Lucini, L., Giuberti, G., Patrone, V. (2019). In vitro large intestine fermentation of gluten-free rice cookies containing alfalfa seed

- (*Medicago sativa* L.) flour: A combined metagenomic/metabolomic approach. *Food Research International*, 120, 312-321. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.003>
- Rodriguez, M. M., Rodriguez, A., & Mascheroni, R. H. (2015). Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially osmodehydrated and finishdried by hot air. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 2647-2662. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12515>
- Roshanak, S., Rahimmalek, M., & Goli, S. A. H. (2016). Evaluation of seven different drying treatments in respect to total flavonoid, phenolic, vitamin C content, chlorophyll, antioxidant activity and color of green tea (*Camellia sinensis* or *C. assamica*) leaves. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 721-729. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2030-x>
- Rufian-Henares, J. A., & de la Cueva, S. P. (2008). Assessment of hydroxymethylfurfural intake in the Spanish diet. *Food additives & contaminants*, 25, 1306-1312. <https://doi.org/10.1080/02652030802163406>
- Rusak, G., Komes, D., Likić, S., Horžić, D., & Kovač, M. (2008). Phenolic content and antioxidative capacity of green and white tea extracts depending on extraction conditions and the solvent used. *Food Chemistry*, 110(4), 852-858. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.072>
- Sabhapondit, S., Karak, T., Bhuyan, L. P., Goswami, B. C., & Hazarika M. (2012). Diversity of catechin in Northeast Indian Tea cultivars. *The Scientific World Journal*, 485193. <https://doi.org/10.1100/2012/485193>
- Sahin, K., Orhan, C., Tuzcu, M., Ali, S., Sahin, N., & Hayirli, A. (2010). Epigallocatechin-3-gallate prevents lipid peroxidation and enhances antioxidant defense system via modulating hepatic nuclear transcription factors in heat-stressed quails. *Poultry Science*, 89, 2251-2258. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00749>
- Sajilata, M., Bajaj, P. R., & Singhal, R. (2008). Tea polyphenols as nutraceuticals. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7(3), 229-254. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2008.00043.x>
- Sakanaka, S., Juneja, L. R., & Taniguchi, M. (2000). Antimicrobial effects of green tea polyphenols on thermophilic spore-forming bacteria. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 90(1), 81-85. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(00\)80038-9](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(00)80038-9)
- Sandröm, .(2001). Micronutrient interactions: Effect on absorption and bioavailability. *British Journal of Nutrition*, 85(S2), 181-185. <https://doi.org/10.1049/BJN2000312>
- Santana-Rios, G., Orner, G. A., Amantana, A., Provost, C., Wu, S. & Dashwood, R. H. (2001). Potent antimutagenic activity of white tea in comparison with green tea in the Salmonella assay. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 495, 61-74. [https://doi.org/10.1016/S1383-5718\(01\)00200-5](https://doi.org/10.1016/S1383-5718(01)00200-5)
- Sarı, F. (2010). Çay işlemede teanin miktarının değişimi [Yayımlanmamış doktora tezi] Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/506700>
- Sarkar, A., & Bhaduri, A. (2001). Black tea is a powerful chemopreventor of reactive oxygen and nitrogen species: comparison with its individual catechin constituents and green tea. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 284, 173-178. <https://doi.org/10.1006/bbrc.2001.4944>
- Savlak, N., Taşkın, B., Çelik, B., Kumru, F., & Kiyak, S. (2020). A new look at waste utilization; use of artichoke (*Cynara scolymus* L.) leaves in the production of functional crackers. *Food Science and Technology*, 8(2), 358-364.



- <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i2.358-364.3052>
- Sedej I., Sakač M., Mandić A., Mišan A., Pestorić M., & Šimurina, O. (2011). Quality assessment of gluten-free crackers based on buckwheat flour. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 694-699. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.010>
- Sertakan, S. G. (2006). Bisküvi ve kraker üretiminde tritikale ununun kullanım olanakları (Yayın No. 183529) [Doktora tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <https://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/trakya/958>
- Sharma, A., & Zhou, W. (2011). A stability study of green tea catechins during the biscuit making process. *Food Chemistry*, 126, 568-573. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.044>
- Shi, F., Jiang, Z. B., Xu, J., Bai, X. P., Liang, Q. Y., & Fu, Z. H. (2022). Optimized extraction of phenolic antioxidants from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) seeds by subcritical water extraction using response surface methodology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-19. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-01212-1>
- Shixian, Q., Vancrey, B., Shi, J., Kakuda, Y., & Jiang, Y. (2006). Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *Journal of Medicinal Food*, 9, 451-8.
- Siripatrawan, U., & Noipha, S. (2012). Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages. *Food Hydrocolloids*, 27(1), 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.08.011>
- Smith, J. P., Daifas, D. P., El-Khoury, W., Koukoutsis, J., El-Khoury, A. (2004). Shelf life and safety concerns of bakery products – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44, 19-55. <https://doi.org/10.1080/10408690490263774>
- Somsong, P., Santivarangkna, C., Tiayon, P., Hsieh, C. M., & Srichamnong, W. (2020). Assessing polyphenol components and antioxidant activity during fermented assam tea ball processing. *Sustainability (Switzerland)*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/su12145853>
- Stangl, V., Lorenz, M., & Stangl, K. (2006). The role of tea and tea flavonoids in cardiovascular health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 50(2), 218-228. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500118>
- Stendell-Hollis, N. R., Thomson, C. A., Thompson, P. A., Bea, J. V., Cussler, E. C., & Hakim, I. A. (2010). Green tea improves metabolic biomarkers, not weight or body composition: a pilot study in overweight breast cancer survivors. *Journal of Human Nutrition Dietetics*, 23, 590-600. <https://doi.org/10.1111/j.1365-277X.2010.01078.x>
- Strati, I. F., Kostomitsopoulos, G., Lytras, F., Zoumpoulakis, P., Proestos, C., & Sinanoglou, V. J. (2018). Optimization of polyphenol extraction from allium ampeloprasum var. porrum through response surface methodology. *Foods*, 7(10), 162. <https://doi.org/10.3390/foods7100162>
- Sugimoto, K., Matsuoka, Y., Sakai, K., Fujiya, N., Fujii, H., & Mano, J. (2021). Catechins in green tea powder (matcha) are heat-stable scavengers of acrolein, a lipid peroxide-derived reactive carbonyl species. *Food Chemistry*, 355, 129403. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129403>
- Şeker, I. T., Özboy-Özbas, O., Gökbulut, I., Öztürk, S., & Köksel, H. (2010). Utilization of apricot kernel flour as fat replacer in cookies. *Journal of Food Processing and*

- Preservation*, 34(1), 15–26. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00258.x>
- Taşkın Yılmaz, F., Demirel, G., & Karakoç Kumsar, A. (2016). Çay, obezite ve kadın. *Journal of Contemporary Medicine*, 6(2), 137-146. <https://doi.org/10.16899/ctd.90351>
- Teng, J., Ou, J., El-Nezami, H. S., & Wang, M. (2018). Impact of resveratrol, epicatechin and rosmarinic acid on fluorescent ages and cytotoxicity of cookies. *Journal of Functional Foods*, 40, 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.10.042>
- Toprak, D., & Karaca, E. 2011. Yeşil çay. <http://www.ulusalçaykonseyi.org.tr/dosyalar/Ye%C5%9Fil%20%C3%87ay.Pdf> (Erişim Tarihi, 14.08.2014, 18.08.2020).
- Tosun, İ., & Karadeniz, B. (2005). Çay ve çay fenoliklerinin antioksidan aktivitesi. *Samsun On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1), 78-83.
- Troy, D. J., & Kerry, J. P. (2010). Consumer perception and the role of science in the meat industry. *Meat Science*, 86(1), 214-226. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.009>
- Turfan, Ö., Türkyılmaz, M., Yemiş, O., & Özkan, M. (2011). Anthocyanin and color changes during processing of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar) juice from sacs and whole fruit. *Food Chemistry*, 129, 1644-1651. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.024>
- Türkmen, N. (2007). Farklı sınıf çaylarda kıvrırma proseslerinin ve değişik hasat dönemlerinin çayın fenolik madde ve alkaloid bileşimine etkisi. [Yayınlanmamış doktora tezi] Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. [https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=XohQ0H2mJnBfxLPsY8dG4wMye1us5QMPC9m354w-ohxgXChod\\_senUxuGN6YQh8V](https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=XohQ0H2mJnBfxLPsY8dG4wMye1us5QMPC9m354w-ohxgXChod_senUxuGN6YQh8V)
- Türkmen Erol, N., Sari, F., Çalikoğlu, E., & Velioglu, Y. S. (2009). Green and roasted mate: Phenolic profile and antioxidant activity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(4), 353-362.
- Türkmen Erol, N., & Ünalın, D. (2021). Kestane kabuğundan elde edilen polifenollerin biyoerişilebilirliği üzerine çeşidin etkisi: kraker formülasyonunda polifenollerin kullanımı. Y. Karadağ, & S. Seydoşoğlu (Ed.), *Ispec 7. International Conference On Agriculture, Animal Science and Rural Development: Muş Alparslan Üniversitesi* (pp. 596-611). <https://www.ispeco.org/kongre-kitapları>
- Tüter, H. (2016). Chia (*Salvia hispanica*) tohumu kullanılarak fonksiyonel glutensiz bisküvi üretimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi (Yayın No. 570003) [Yüksek Lisans tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/259627>
- Uchiyama, S., Taniguchi, Y., Saka, A., Yoshida, A., & Yajima, H. (2011). Prevention of diet-induced obesity by dietary black tea polyphenols extract *in vitro* and *in vivo* *Nutrition*, 27(3), 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2010.01.019>
- Ulbricht, R. J., Northup, S. J., & Thomas, J. A. (1984). A review of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) in parenteral solutions. *Toxicological Sciences*, 4(5), 843-853. <https://doi.org/10.1093/toxsci/4.5.843>
- Utku, B., Deniz Ayan, A., Güneş, Z. S., & Karaça, A. C. (2020). Mercimek proteini izolatu ve unu kullanılarak bitkisel bazlı fırıncılık ürünlerinin geliştirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 473-483. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.644359>
- Vadim, I. R., Waheed, M., Kalinovsky, T., Aleksandra, N., & Matthias, R. (2007). Anti-Atherogenic effects of a mixture of ascorbic acid, lysine, proline, arginine,

- cysteine, and green tea phenolics in human aortic smooth muscle cells. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 49(3), 140-145.  
<https://doi.org/10.1097/FJC.0b013e3180308489>
- VanDerFels-Klerx, H. J., Capuano, E., Nguyen, H. T., Ataç Mogol, B., Kocadağlı, T., Göncüoğlu Taş, N., Hamzalıoğlu A., Van Boekel, M. A. J. S., & Gökmen, V. (2014). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural formation during baking of biscuits: NaCl and temperature–time profile effects and kinetics. *Food Research International*, 57, 210-217. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.039>
- Veljković, J. N., Pavlović, A. N., Mitić, S. S., Tošić, S. B., Stojanović, G. S., Kaličanin, B. M., Stanković, D. M., Stojković, M. B., Mitić, M. N., & Brcanović, J. M. (2013). Evaluation of individual phenolic compounds and antioxidant properties of black, green, herbal and fruit tea infusions consumed in Serbia: Spectrophotometrical and electrochemical approaches. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52(1), 12-24.
- Venkatachalam, K., & Nagarajan, M. (2017). Physicochemical and sensory properties of savory crackers incorporating green gram flour to partially or wholly replace wheat flour. *Italian Journal of Food Science*, 29, 599.  
<https://doi.org/10.14674/1120-1770-IJFS808>
- Vinson, J. A., & Dabbagh, Y. A. (1998). Tea phenols: antioxidant effectiveness of teas, tea components, tea fractions and their binding with lipoproteins. *Nutrition Research*, 18, 1067- 1075. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(98\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(98)00089-X)
- Vitali, D., Vedrına Dragojević, I., & Šebec'ić B. (2009). Effects of incorporation of integral raw materials and dietary fibre on the selected nutritional and functional properties of biscuits. *Food Chemistry*, 114, 1462-1469.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.032>
- Wang, J., Zhang, W., Sun, L., Yu, H., Ni, Q. X., Risch, H. A., & Gao, Y. T. (2012). Green tea drinking and risk of pancreatic cancer: a large-scale, population-based case–control study in urban shanghai. *Cancer Epidemiology*, 36(6), 354-358.  
<https://doi.org/10.1016/j.canep.2012.08.004>
- Wang, J. P., Bai, X., Ding, X. M., Bai, S. P., Zeng, Q. F., Mao, X. B., & Zhang, K. Y. (2017a). Quantitative proteomic analysis reveals the role of tea polyphenol EGCG in egg whites in response to vanadium stress. *Nutrition*, 39-40, 20-29.  
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2017.02.007>
- Wang, J. P., Yuan, Z. H., Zhang, K.Y., Ding, X. M., Bai, S. P., Zeng, Q. F., Peng, H. W., & Celi, P. (2018a). Epigallocatechin-3-gallate protected vanadium-induced eggshell depigmentation via signaling pathway in laying hens. *Poultry Science*, 97, 3109-3118. <https://doi.org/10.3382/ps/pey165>
- Wang, R., Zhou, W., & Jiang, X. (2008). Mathematical modeling of the stability of green tea catechin epigallocatechin gallate (EGCG) during bread baking. *Journal of Food Engineering*, 87(4), 505-513.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.002>
- Wang, W. D., & Sun, Y. E. (2016). Preservation effect of meat product by natural antioxidant tea polyphenol. *Cellular and Molecular Biology*, 62(13), 44-48.  
<https://doi.org/10.14715/cmb/2016.62.13.8>
- Wang, X. C., Wang, H. X., Wang, H., Zhang, H. J., Wu, S. G., & Qi, G. H. (2018b). Dietary tea polyphenols supplementation improved egg production performance, albumen quality, and magnum morphology of Hy-Line Brown hens during the late laying period. *Journal of Animal Science*, 96, 225-235.

<https://doi.org/10.1093/jas/skx007>

- Wang, X. H., Wu, S. G., Cui, Y. M., Qi, G. H., Wang, J., & Zhang, H. J. (2017b). Effects of dietary tea polyphenols on performance, egg quality and antioxidant ability of laying hens. *Chinese Journal of Animal Nutrition*, 29, 193-201.
- Winkler, O. (1955). Detection and determination of hydroxy-methylfurfural in honey. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 102(3), 161-167.
- Wolfram, S., Wang, Y., & Thielecke, F. (2006). Anti obesity effects of green tea: from bedside to bench. *Molecular Nutrition Food Research*, 50, 176-87. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200500102>
- Wu, K. L., Sung, W. C., & Yang, C. H. (2009). Characteristics of dough and bread as affected by the incorporation of sweet potato paste in the formulation. *Journal of Marine Science Technology*, 17(1), 13-22.
- Xiong, J., Chan, Y. H., Rathinasabapathy, T., Grace, M. H., Komarnytsk, S., Lila, M. A. (2020). Enhanced stability of berry pomace polyphenols delivered in protein polyphenol aggregate particles to an in vitro gastrointestinal digestion model. *Food Chemistry*, 331, 127279. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127279>
- Xu, J., Wang, W., & Li, Y. (2019). Dough properties, bread quality, and associated interactions with added phenolic compounds. *Journal of Functional Foods*, 52, 629-639. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.11.052>
- Xu, W., Song, Q., Li, D., & Wan, X. (2012). Discrimination of the production season of Chinese green tea by chemical analysis in combination with supervised pattern recognition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 7064-7070. <https://doi.org/10.1021/jf301340z>
- Yadav, R. B., Yadav, B. S., & Chaudhary, D. (2011). Extraction, characterization and utilization of rice bran protein concentrate for biscuit making. *British Food Journal*, 113(9), 1173-1182.
- Yadav, R. B., Yadav, B. S., & Dhull, N. (2012). Effect of incorporation of plantain and chickpea flours on the quality characteristics of biscuits. *Journal of Food Science and Technology*, 49(2), 207-213. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0271-x>
- Yang, Y., Lu, F., Wu, J., Wu, C., & Chang, C. (2004). The protective effect of habitual tea consumption on hypertension. *Archives of Internal Medicine*, 164, 1534-40. <https://doi.org/10.1001/archinte.164.14.1534>
- Yen, G. C., & Duh, P. D. (1994). Scavenging effect of methanolic extracts of peanut hulls on free-radical and active oxygen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 629-632. <https://doi.org/10.1021/jf00039a005>
- Yıldız, E. (2019). Glutensiz bisküvi üretiminde badem unu ve stevia kullanımı (Yayın No. 544362) [Doktora tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Yüksek Öğretim Kurulu, Ulusal Tez Merkezi. <https://acikerisim.uludag.edu.tr/handle/11452/19776>
- Yıldız Telatar, G. (2019). Siyah çay tüketim sıklığının ağız ve diş sağlığına etkisi. *Yeditepe Klinik*, 15(2), 176-180. <https://doi.org/10.5505/yeditepe.2019.00922>
- Zardo, I., de Espíndola Sobczyk, A., Marczak, L. D. F., & Sarkis, J. (2019). Optimization of ultrasound assisted extraction of phenolic compounds from sunflower seed cake using response surface methodology. *Waste and Biomass Valorization*, 10(1), 33-44. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0038-3>
- Zhang, H., Qi, R., & Mine, Y. (2019). The impact of oolong and black tea polyphenols on human health. *Food Bioscience*, 29, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.03.009>

- Zhang, R., Xiao, W., Wang, X., Wu, X., & Tian, W. (2006). Novel inhibitors of fatty-acid synthase from green tea (*Camellia sinensis* xihu longjing) with high activity and a new reacting site. *Biotechnology Applied Biochemistry*, 43, 1-7. <https://doi.org/10.1042/BA20050064>
- Zhang, Y.Y., Song, Y., Hu, X. S., Liao, X. J., Ni, Y.Y., & Li, Q. H. (2012). Effects of sugars in batter formula and baking conditions on 5-hydroxymethylfurfural and furfural formation in sponge cake models. *Food Research International*, 49(1), 439-445. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.012>
- Zhao, J., Liu, X., Bai, X., & Wang, F. (2019). Production of biscuits by substitution with different ratios of yellow pea flour. *Grain & Oil Science and Technology*, 2, 91-96. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.09.004>
- Zheng, X. Q. Nie, Y., Gao, Y., Huang, B., Ye, J. H., Lu, J. L., & Liang, Y. R. (2018). Screening the cultivar and processing factors based on the flavonoid profiles of dry teas using principal component analysis. *Journal of Food Composition Analysis*, 67, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.016>
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64, 555-559. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00102-2)
- Zhong, L., Furne, J. K., & Levitt, M. D. (2006). An extract of black, green, and mulberry teas causes malabsorption of carbohydrate but not of triacylglycerol in healthy volunteers. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(3), 551-5. <https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.551>
- Zhou, Y., Xu, X. Y., Gan, R. Y., Zheng, J., Li, Y., Zhang, J. J., Xu, D. P., & Li, H. Bin. (2019). Optimization of ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenols from the seed coats of red sword bean (*Canavalia gladiata* (Jacq.) DC.). *Antioxidants*, 8(7), 200. <https://doi.org/10.3390/antiox8070200>
- Zhu, B., Chen, L. B., Lu, M., Zhang, J., Han, J., Deng, W. W., & Zhang, Z. Z. (2019). Caffeine content and related gene expression: Novel insight into caffeine metabolism in *Camellia* plants containing low, normal, and high caffeine concentrations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 3400-3411. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00240>
- Zhu, F., Sakulnak, R., & Wang, S. (2016). Effect of black tea on antioxidant, textural, and sensory properties of Chinese steamed bread. *Food Chemistry*, 194(1), 1217-1223. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.110>
- Zhu, M., Li, N., Zhao, M., Yu, W., & LinWu, J. (2017). Metabolomic profiling delineate taste qualities of tea leaf pubescence. *Food Research International*, 94, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.01.026>
- Zhu, Y. F., Wang, J. P., Ding, X. M., Bai, S. P., Qi, S. R. N., Zeng, Q. F., Xuan, Y., Su, Z. W., & Zhang, K. Y. (2020). Effect of different tea polyphenol products on egg production performance, egg quality and antioxidative status of laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, 267, 114544. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114544>
- Zuo, Y., Chen, H., & Deng, Y. (2002). Simultaneous determination of catechins, caffeine and gallic acids in green, oolong, black and pu-erh teas using HPLC with a photodiode array detector. *Talanta*, 57, 307-316. [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(02\)00030-](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(02)00030-)

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Döndü ÜNALAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Çayıralan/Yozgat-15.08.1995  
Yabancı Dil : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Yozgat Atatürk Anadolu Lisesi, 2010-2014  
Lisans : Polonya University of Science and Tecnology, 2018-2019  
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, 2014-2019  
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, 2019-2022

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Namsal Gıda A.Ş.  
: Berkay Unlu Mamülleri Gıda San. Tic. Lim. Ştd.  
: Perla Fruit (Giriş Tarihi: 01.06.2022-...)

İletişim (e-posta) : unalandondu@gmail.com

Yayınları :

Türkmen Erol, N., & Ünalın, D. (2021). Kestane kabuğundan elde edilen polifenollerin biyoerişilebilirliği üzerine çeşidin etkisi: kraker formülasyonunda polifenollerin kullanımı. Y. Karadağ, & S. Seydoşoğlu (Ed.), Ispec 7<sup>th</sup> International Conference On Agriculture, Animal Science And Rural Development: Muş Alparslan Üniversitesi (pp. 596-611). <https://www.ispeco.org/kongre-kitaplari> (oral presentation).